

ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

“CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR Y RACK DE TUBERÍAS PARA DESFOGUE EN BATERÍA DE SEPARACIÓN IXACHI”

CAPÍTULO IX

Ref.: 2809/M40138
Julio 2022
Rev. 0

CAPÍTULO IX

ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTE VEHICULAR Y RACK DE TUBERÍAS PARA DESFOGUE EN BATERÍA DE SEPARACIÓN IXACHI

IX. CAPÍTULO IX.....	2
IX.1 CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS.....	4
IX.1.1 Descripción del Proyecto y/o Instalación.	4
IX.1.1.1 Proyecto y/o instalación.	9
IX.1.2 Descripción detallada de los procesos.....	9
IX.1.3 Descripción del Entorno.....	11
IX.1.3.1 Ubicación de la instalación.....	11
IX.1.3.2 Delimitación y Justificación del Sistema Ambiental (SA).....	13
IX.1.3.3 Clima y fenómenos meteorológicos.....	16
IX.1.3.4 Fenómenos Climatológicos.....	26
IX.1.3.5 Cambio climático.....	30
IX.1.3.6 Fisiografía.....	32
IX.1.3.7 Edafología.....	34
IX.1.3.8 Geología.....	35
IX.1.3.9 Susceptibilidad de la zona.....	41
IX.1.3.10 Hidrología superficial.....	48
IX.1.3.11 Hidrología subterránea.....	50
IX.1.3.12 Vientos Dominantes.....	51
IX.1.3.13 Aspectos Bióticos.....	53
IX.1.3.14 Vegetación.....	54
IX.1.3.15 Uso de suelo y Vegetación dentro del SA.....	54
IX.1.3.16 Inventario flora Sistema Ambiental y Área del Proyecto.....	55
IX.1.3.17 Descripción de la metodología de muestreo forestal.	57
IX.1.3.18 Área del Proyecto (AP).	61
IX.1.3.19 Resultados de fauna.....	67
IX.1.3.20 Fauna registrada bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2019.....	86
IX.1.3.21 Zonas Vulnerables de Población.	90

IX.1.3.22	Componentes Ambientales.....	90
IX.1.3.23	Infraestructura.....	90
IX.1.3.24	Uso de Suelo.	90
IX.1.4	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.	91
IX.1.4.1	Identificación de Peligros y Jerarquización de Escenarios de Riesgo.	91
IX.1.4.2	Identificación de Peligros, Evaluación y Análisis de Riesgos.....	94
IX.1.4.3	Análisis Cuantitativo de Riesgos.....	118
IX.1.5	REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.	156
IX.1.6	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.	156
IX.1.6.1	Análisis de Vulnerabilidad.....	156
IX.1.6.2	Interacciones de Riesgo.....	159
IX.1.7	REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.....	163
IX.1.8	SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.	176
IX.1.8.1	Sistema de Seguridad.....	176
IX.1.8.2	Medidas Preventivas.....	176
IX.1.8.3	Recomendaciones Técnico-Operativas.	176
IX.1.9	CONCLUSIONES.	177
IX.1.10	RESUMEN EJECUTIVO.....	180
IX.2	ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA).....	180
IX.3	REFERENCIAS.	182
IX.4	PERSONAL QUE PARTICIPO EN LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO.	183
IX.5	ANEXOS.....	184

IX.1 CONTENIDO DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

IX.1.1 Descripción del Proyecto y/o Instalación.

El presente análisis de riesgo corresponde las tuberías de desfogue las cuales están soportadas por un rack de tuberías que cruzan por una escorrentía el presente estudio corresponde a una actividad altamente riesgosa el cual está fundamentado en el Art. 30 de la LGEEPA y Art. 17 de su Reglamento.

El proyecto se centra en el rack de tuberías que pasan en la zona del escurrimiento, dentro del cual entran las tuberías de desfogue que van hacia los quemadores CB-1000, CB-1100 y CB-1200, en el Anexo 1 “Planos” del capítulo IX se presentan los diagramas de tubería e instrumentación, así como el Plano de Localización General (PLG) donde se muestra las tuberías y el cruce de las tuberías de desfogue por el escurrimiento. El proyecto estará acompañado de su respectivo Estudio de Riesgo por tratarse de una actividad altamente riesgosa (Art. 30 de la LGEEPA y Art. 17 del Reglamento de la LGEEPA), ya que cuenta con el rack de tuberías proveniente de la Batería de Separación Ixachi para la conducción de sustancias riesgosa compuesta principalmente por gas dulce y amargo hacia los quemadores.

Las coordenadas propuestas por donde pasa el rack de tuberías sobre el escurrimiento, son las siguientes:

Tabla IX-1 Coordenadas UTM Vértices Mochetas Rack

Punto	Coordenadas UTM	
	X	Y
Inicio (norte)	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.	
Fin (sur)		

Esquemáticamente los rack de tubería que cruzarán por el escurrimiento serán como se muestra en la siguiente Figura IX-1:

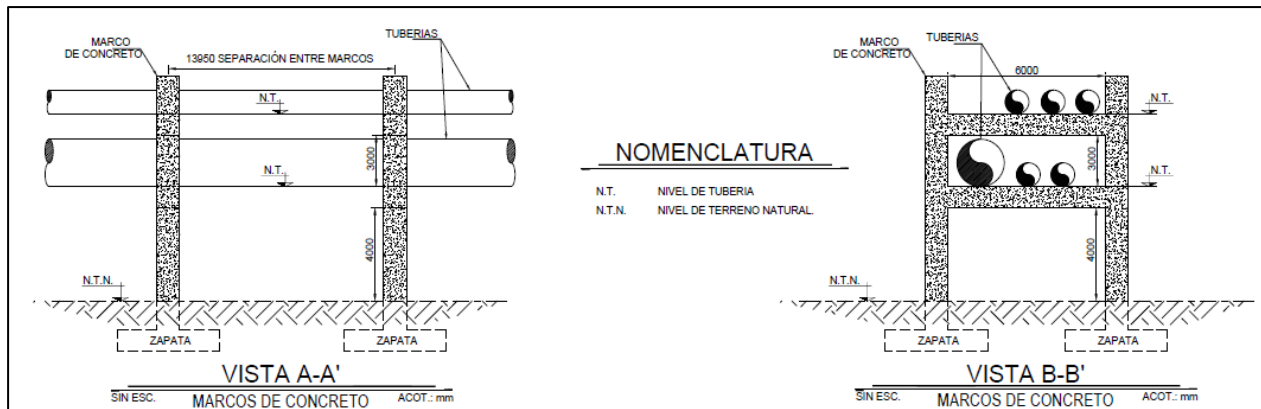


Figura IX.-1 Esquema de la estructura del Rack de tuberías en el cruce con el escurrimiento

El arreglo propuesto de tuberías en el Rack en el tramo que atraviesa el escurrimiento, Se presenta en la **Tabla IX-2**:

Tabla IX-2 Arreglo del Rack de Tuberías en el cruce del escurrimiento.

Servicio de la tubería de desfogue	Diámetro de la Tubería (En pulgadas)	Metros que ocupan los diferentes diámetros (m)	Separación entre tubos (m)	Sumatoria de separación entre tubos y ancho de cada tubo de acuerdo con su diámetro (m).
Desfogue de Alta Presión	entre 24 y 36	0.9144 m (36 plg)	1.2	-
Desfogue de Baja Presión	entre 12 y 24	(24 plg) (0.6096)	1	-
Desfogue frío (o criogénico)	entre 12 y 12	0.3048 m 12 plg	1	-
Tubería de aire	entre 1 y 12	12 (0.3048)	0.3	-
2 tuberías de gas combustible	entre 1 y 1	1 (0.0254) 1 (0.0254)	0.3	-
		2.1844	3.8	5.9844
			Ancho de la mocheta	6 metros

Para el proyecto del rack de tubería que pasa sobre el escurrimiento existen algunos riesgos asociados a siniestros naturales (tormentas, deslaves, sismos, etc.) y actividades antropogénicas, estos riesgos son analizados de acuerdo con la etapa de la ingeniería del proyecto (ingeniería básica) “Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de

Separación IXACHI” los cuales se desglosaran en los siguientes apartados.

A continuación, se desglosan las normas con las cuales son diseñados tanto el rack de tuberías de desfogue como de las dos mochetas para el cruce en la parte del escurrimiento y así evitar o disminuir los riesgos asociados a siniestros naturales y actividades antropogénicas.

En el Anexo 2 se muestra el plano D-PUENTE-F-002 que muestra el esquema estructural del puente, así como fotografías de la zona de escurrimiento.

Códigos, estándares y normatividades.

- **N.T.C.D.C.C. 2017** NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES.
- **N.T.C.D.C.E.A. 2017** NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO.
- **N.T.C.D.C.E.C. 2017** NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
- **N.T.C.D.C.E.M. RCDF- 2017** NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA.
- **N.T.C.C.A.D.E.E 2017** NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIA SOBRE CRITERIOS Y ACCIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES.
- **NOM-EM-003-ASEA-2016.** ESPECIFICACIONES Y CRITERIOS TÉCNICOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, SEGURIDAD OPERATIVA Y PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, PRE-ARRANQUE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES TERRESTRES DE ALMACENAMIENTO DE PETROLÍFEROS, EXCEPTO PARA GAS LICUADO DE PETRÓLEO.
- **NOM-EM-004-SECRE-2014** TRANSPORTE POR MEDIO DE DUCTOS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y OTROS HIDROCARBUROS LÍQUIDOS OBTENIDOS DE LA REFINACIÓN DEL PETRÓLEO.
- **NMX-B-018-1988** VARILLAS CORRUGADAS Y LISAS DE ACERO, PROCEDENTES DE RIEL PARA REFUERZO DE CONCRETO.
- **NMX-B-032-1988** VARILLAS CORRUGADAS Y LISAS, DE ACERO, PROCEDENTES DE EJE, PARA REFUERZO DE CONCRETO.
- **NMX-B-072-1986** ALAMBRE CORRUGADO DE ACERO, LAMINADO EN FRIO PARA REFUERZO DE CONCRETO.
- **NMX-B-086-1991** GUÍA PARA EXAMEN RADIOGRÁFICO.
- **NMX-B-199-1986** TUBOS SIN COSTURA O SOLDADOS DE ACERO AL CARBONO,

FORMADOS EN FRÍO, PARA USOS ESTRUCTURALES.

- **NMX-B-253-CANACERO-2013** INDUSTRIA SIDERÚRGICA – ALAMBRE DE ACERO LISO O CORRUGADO PARA REFUERZO DE CONCRETO – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.
- **NMX-B-254-CANACERO-2008** INDUSTRIA SIDERÚRGICA –ACERO ESTRUCTURAL- ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-B-254-1987).
- **NMX-B-290-CANACERO-2006** INDUSTRIA SIDERÚRGICA –MALLA ELECTROSOLDADA DE ACERO LISO O CORRUGADO PARA REFUERZO DE CONCRETO- ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-B-290-1988).
- **NMX-B-294-1986** INDUSTRIA SIDERÚRGICA – VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO, TORCIDAS EN FRIO, PROCEDENTES DE LINGOTE O PALANQUILLA, PARA REFUERZO DE CONCRETO.
- **NMX-B-471-1990** LÁMINA ACANALADA DE ACERO AL CARBONO CON RECUBRIMIENTO DE ALEACIÓN, ALUMINIO CINC, PARA MUROS Y TECHOS.
- **NMX-C-021-ONNCCE-2004** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA (MORTERO)-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.
- **NMX-C-021-ONNCCE-2015** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA (MORTERO) ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO.
- **NMX-C-030-ONNCCE-2004** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGREGADOS- MUESTREO (CANCELA A LA NMX-C-030-1997-ONNCCE).
- **NMX-C-036-ONNCCE-2004** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS, TABICONES Y ADOQUINES-RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN – MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-C-036-1983).
- **NMX-C-037-ONNCCE-2013** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – MAMPOSTERÍA – DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN TOTAL Y LA ABSORCIÓN INICIAL DE AGUA EN BLOQUES, TABIQUES O LADRILLOS Y TABICONES – MÉTODO DE ENSAYO.
- **NMX-C-077-1997-ONNCCE-2004** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – AGREGADOS PARA CONCRETO- ANALISIS GRANULOMETICO- METODOS DE PRUEBA.
- **NMX-C-081-ONNCCE-2013** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – ADITIVOS PARA CONCRETO – COMPUESTOS LÍQUIDOS QUE FORMAN MEMBRANA PARA CURADO DEL CONCRETO – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LAS NMX-C-081-1981, NMX-C-304-1980 Y NMX-C-309-ONNCCE-2010).
- **NMX-C-083-ONNCCE-2014** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONCRETO – DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES – MÉTODO DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-083-ONNCCE-2002).

- **NMX-C-090-1978** MÉTODO DE PRUEBA PARA ADITIVOS EXPANSORES Y ESTABILIZADORES DE VOLUMEN DEL CONCRETO.
- **NMX-C-109-ONNCCE-2013** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONCRETO HIDRÁULICO – CABECEO DE ESPECÍMENES.
- **NMX-C-111-ONNCCE-2014** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – AGREGADOS PARA CONCRETO HIDRÁULICO – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-111-ONNCCE-2004).
- **NMX-C-112-1978** TERMINOLOGÍA USADA EN ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO.
- **NMX-C-117-1978** ADITIVOS ESTABILIZADORES DE VOLUMEN DEL CONCRETO
- **NMX-C-122-ONNCCE-2004** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-AGUA PARA CONCRETO-ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-C-122-1982).
- **NMX-C-140-1978** ADITIVOS EXPANSORES DEL CONCRETO.
- **NMX-C-155-ONNCCE-2014** INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONCRETO HIDRÁULICO DOSIFICADO EN MASA – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-C-155-ONNCCE-2004 Y A LA NMX –C-403-ONNCCE-1999).
- **ESP-018-PEMEX-GIPIE-2019** ESTUDIOS DE RIESGO.
- **ESP-031-PEMEX-GIPIE-2019** Especificación particular del proyecto para sistemas de desfogues y quemadores en instalaciones de Pemex.
- **ESP-032-PEMEX-GIPIE-2019** Especificación particular del proyecto para sistemas de tubería en plantas industriales – diseño y especificaciones de materiales.
- **ESP-137-PEMEX-GIPIE-2019** Especificación particular del proyecto para diseño de estructuras de acero terrestres.
- **ESP-138-PEMEX-GIPIE-2019** Especificación particular del proyecto para diseño de estructuras de concreto terrestres.
- **ESP-139-PEMEX-GIPIE-2019** Especificación particular del proyecto para soportes para tuberías – diseño.
- **ESP-157-PEMEX-GIPIE-2019** Especificación particular del proyecto para construcción de estructuras de concreto.

IX.1.1.1 Proyecto y/o instalación.

El rack de tuberías que pasara por la zona del escurrimiento llevara tuberías de desfogue el cual transporta gas amargo y/o gas natural dependiendo de la etapa de operación donde provengan dentro de la Batería de Separación Ixachi, estas líneas de desfogue van hacia los quemadores CB-1000, CB-1100 y CB-1200. En el anexo 3 se presentan las hojas de datos de seguridad (HDS) genéricas de las sustancias transportadas en los cabezales de desfogue.

El sistema será diseñado de acuerdo con los criterios y lineamientos de la norma para sistemas de desfogue y quemadores en instalaciones de Pemex. El diseño del sistema de desfogue y en específico los cabezales de desfogue que pasaran por el escurrimiento en la Batería de Separación Ixachi son:

Cabezales principales de desfogue, los cuales deben recolectar e integrar los desfogues de gas y venteos de diversas fuentes, procedentes de los equipos o secciones de proceso y servicios auxiliares para su disposición final a la atmósfera mediante quemadores elevados. El diseño e ingeniería de interconexión debe ser definido en la etapa de desarrollo de la Ingeniería de Detalle por PEP y la Contratista.

Las líneas de desfogue deben contemplar una pendiente en dirección a los tanques receptores de líquidos, no deben llevar ninguna curvatura que permita la acumulación de líquidos con el subsecuente represionamiento de líneas.

IX.1.2 Descripción detallada de los procesos.

Las redes de desfogue están dimensionadas para asegurar que las contrapresiones desarrolladas durante las descargas no afecten la capacidad de flujo de las válvulas de relevo de presión, válvulas de despresurización y/o válvulas de control conectadas a la misma red de recolección de desfogues.

Conforme a los valores de ajuste de las válvulas de seguridad y de los paquetes de regulación de presión de las plantas y equipos que descargarán a las redes de desfogue, así mismo se identifican tres sistemas de desfogue integrados por redes de tubería: Tubería de desfogue de Alta Presión con diámetro nominal de 36 pulgadas, Tubería de desfogue de Baja Presión con diámetro nominal de 24 pulgadas, Tubería de desfogue Frío con diámetro nominal de 12 pulgadas, estos cabezales de desfogues provienen de los separadores principales de desfogue con recuperación de líquidos, en el anexo 1 se incluyen los diagramas de tubería e instrumentación donde se resaltan estos cabezales de desfogue. Así mismo, en el rack de tuberías se consideran tres tuberías de servicios

auxiliares como son: 2 tuberías para gas combustible de 1 (una) pulgada de diámetro y una tubería para el transporte de aire de planta. En el Anexo 2 se muestra el plano D-PUENTE-F-002 que muestra el esquema estructural del puente y el arreglo de tuberías propuesto.

Los cabezales de desfogue tendrán inyecciones de gas de purga en los extremos más alejados de las redes de tubería para prevenir la entrada de aire atmosférico y la formación de mezclas explosivas, así como para evitar el retroceso de flama en las boquillas de quemado, que puedan sobrecalentar el material de fabricación y generar depósitos de carbón sólido en el interior. Además, el gas de purga debe ser suficiente para impedir la entrada de aire por la chimenea, evitando la posible mezcla con los gases inflamables en su interior, que puede ocasionar una explosión o detonación.

Nota: Se aclara que el alcance del presente proyecto únicamente contempla el analizar las líneas de desfogue de alta y baja presión, así como el desfogue frío, en el tramo de cruce del escurrimiento por medio del rack de tuberías. Los Planos mostrados en el Anexo 1 se han tomado de la ingeniería básica del proyecto.

IX.1.3 Descripción del Entorno.

IX.1.3.1 Ubicación del Proyecto.

El proyecto motivo del presente estudio consiste en la construcción de dos mochetas para un Rack de tuberías en el cruce con el escurrimiento, formado por 6 ductos de diferentes diámetros provenientes de la Batería de Separación Ixachi y que va al área de quemadores CB-1000, CB-1100 y CB-1200. Para la presente Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos solo se considera el área que será ocupada por el rack de tuberías en la zona Federal del cauce.

Para el caso particular del Rack de Tuberías en materia de riesgo ambiental se considera el transporte de las sustancias peligrosas en el cruce del escurrimiento por los ductos que corresponden a cabezales de los sistema de desfogue de alta y de baja provenientes de paquetes de compresión, así como del desfogue criogénico (o frío) el cual es una mezcla de hidrocarburos rica en metano, aire de planta y gas combustible.

El Proyecto se ubica en el municipio de Tierra Blanca, estado de Veracruz. Incide con la Región Hidrológica Papaloapan (RH-28) y se encuentra en la Unidad Biofísica Ambiental 75 Llanura Costera Veracruzana Norte de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

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. IX-2 Localización general del 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. IX-3 Macro localización del rack para cruce de escurrimiento.

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. IX-4 Vista del cruce donde se construirá el Rack.

A continuación, se presentan las coordenadas UTM de las mochetas del rack.

Tabla IX-3 Coordenadas UTM Vértices de mochetas del Rack que cruzan escorrentía.

Punto	Coordenadas UTM	
	X	Y
Inicio (norte)	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.	
Fin (sur)		

IX.1.3.2 Delimitación y Justificación del Sistema Ambiental (SA).

Para realizar la delimitación del Sistema Ambiental (SA), se establece una definición de lo que se entiende por este concepto, con el fin de que sea la base a partir de la cual se establezcan los criterios que permitan definir dicho sistema. En este sentido, se define como sistema ambiental, el ámbito espacial que presenta condiciones bióticas y abióticas homogéneas, conformado por una unidad o unidades ambientales interconectadas dentro del cual se encuentra el Proyecto y en

donde serán provocados impactos ambientales debido a las obras y/o actividades del Proyecto; se puede entender también como el ámbito espacial que constituye el entorno del Proyecto.

Debido a la complejidad de las interacciones dentro del ecosistema, se requieren establecer criterios objetivos de tipos ambientales; físicos, biológicos y geográficos, así como criterios con base en instrumentos de planeación, tales como ordenamientos, programas de desarrollo urbano, delimitación de áreas naturales protegidas y áreas prioritarias. Todos ellos con relación a la ubicación y al tipo de proyecto que se trate.

Se tomó de referencia para la delimitación del SA los Criterios para delimitar un sistema ambiental de los Lineamientos que establecen criterios técnicos de aplicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental; por lo que considera adecuada una delimitación del Sistema Ambiental, que haya utilizado alguno o algunos de los siguientes criterios:

- Unidades de Gestión Ambiental para aquellos proyectos que se ubiquen en una zona regulada por un Ordenamiento Ecológico Territorial.
- Factores sociales, como poblaciones, municipios, etc.
- Usos de suelo y tipos de vegetación.
- Rasgos geomorfológicos.
- Cuencas y microcuencas.
- Usos de suelo permitidos por algún tipo de plan de desarrollo urbano.
- Áreas prioritarias definidas por CONABIO.
- Combinación de los criterios antes señalados para concretar mejor las unidades ambientales propuestas.

Para el caso de este Proyecto, la definición de los límites del sistema ambiental está en función del alcance de afectación del Proyecto sobre los factores del medio ambiente, derivado de lo cual se eligen los criterios y escalas de análisis, de tal manera que reflejen el espacio físico sobre el cual se esperan los impactos ambientales y la influencia del Proyecto.

Para obtener el polígono final del Sistema Ambiental se utilizó la cartografía digital del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), la carta digital de las provincias petroleras y geológicas, así como la delimitación estatal y municipal. Esto para poder definir un

polígono en el cual se pueda establecer el área de estudio y que represente condiciones ambientales similares.

Para definir la delimitación del Sistema Ambiental (SA), se sobrepuso la cartografía digital mediante un Sistema de Información Geográfica, esto para identificar coincidencias y continuidades, que reflejen condiciones ambientales homogéneas que conformen unidades ambientales hasta un nivel que refleje el ámbito espacial dentro del cual se ubica el Proyecto.

Con base en lo anterior, y de acuerdo con lo encontrado en la cartografía digital, en relación con la gran extensión territorial de lo proyectado se determinó que el mejor criterio para delimitar el Sistema Ambiental (SA) para este Proyecto es la ubicación de 3 cuerpos de agua (Ríos Perenes), los cuales sirvieron como límite del SA. Además, la delimitación se basó a la intersección de un cuerpo de agua con la carretera La Tinaja – Cosoleacaque, dando como resultado el diseño final del Sistema Ambiental (Figura IX-5).

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. IX-5 Delimitación del SA

Fuente: TEMA (2022)

La superficie resultante del SA es de 5,505.94 ha donde el 100% corresponde a zona terrestre. La

zona terrestre abarca el municipio de Tierra Blanca en el estado de Veracruz.

IX.1.3.3 Clima y fenómenos meteorológicos

El SA se presenta únicamente el clima cálido subhúmedo con base en la clasificación de Köppen modificada por E. García (2004), este tipo de clima abarca un área de 5,505.94 ha que corresponde a un porcentaje del 100 % de área con respecto al SA.

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. IX-6 Tipos de clima dentro del Sistema Ambiental Regional

Fuente: TEMA (2022)

La descripción general de los tipos climas se realiza de acuerdo con Köppen modificada por E. García (2004); el cual toma en cuenta la interacción de la vegetación en conjunto con parámetros abióticos como la temperatura, precipitación y su estacionalidad.

La clasificación de Köppen divide a los climas del mundo en general (tropical, seco, templado, continental y polar) con la pertinente subdivisión de grupos y a su vez en subtipos de clima. A continuación, se describen las características del clima presente en el SA:

Cálido Subhúmedo Aw2(w): El clima es característico por presentar una temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. También presenta una precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje

de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. (CONABIO, 1998).

Estaciones meteorológicas

Para llevar a cabo la caracterización regional de la zona del SA y del Área del Proyecto, se realizó el análisis de las variables meteorológicas obtenidas de la red de estaciones climatológicas de CONAGUA.

La Tabla IX-4 muestra la estación consultada; mientras que en la Figura. IX-7, se presenta la ubicación de esta.

Tabla IX-4 Estaciones consultadas para el análisis meteorológico

No.	Clave	Nombre	X	Y	Estado	Municipio	Fuente
1	30045	El Barrio			Veracruz	Tierra Blanca	CONAGUA

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.

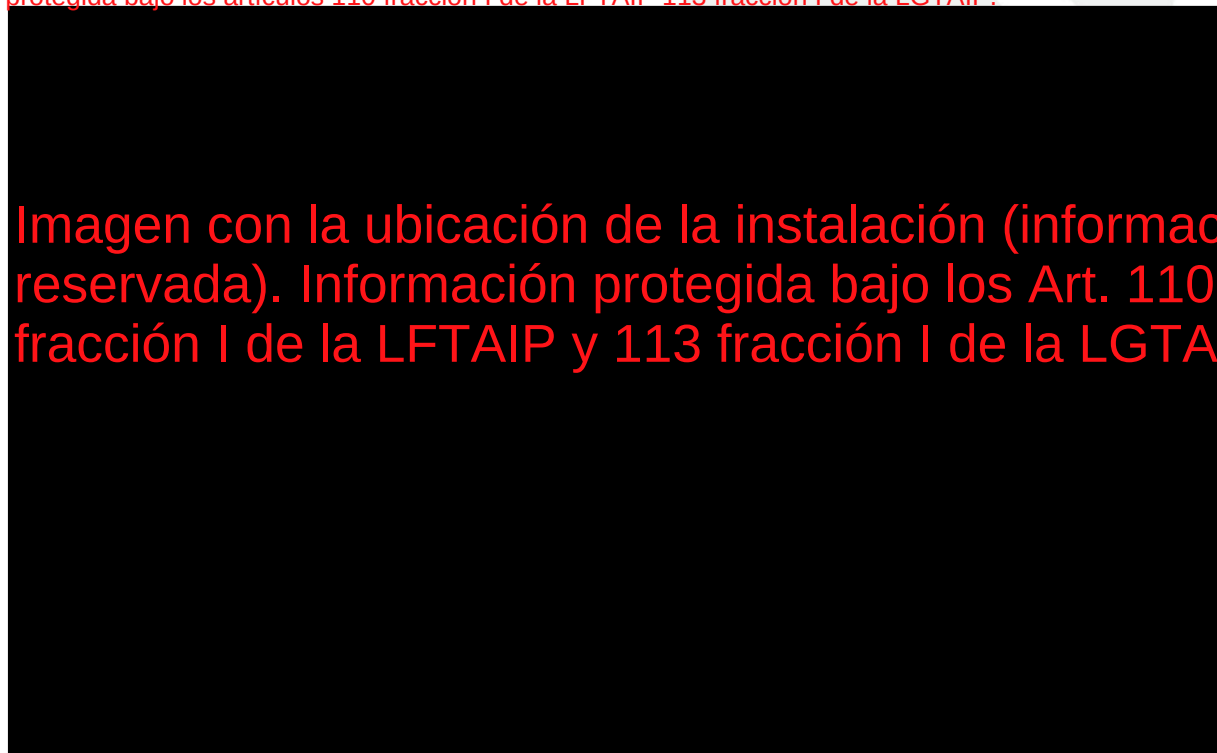


Figura. IX-7 Ubicación de la Estación Meteorológica consultada

Fuente: TEMA (2022)

IX.1.3.3.1 Temperatura media

El clima que abarca el SA es en su totalidad cálido subhúmedo. La temperatura media que se presenta en esta zona del SA es cálida, de acuerdo con los datos presentados por la estación, la temperatura media oscila hasta alcanzar los valores más altos en el mes de mayo y junio y las temperaturas medias más bajas en el mes de diciembre y enero.

Tabla IX-5 Datos de temperatura media E.M. 30045 – El Barrio

Estación Consultada	30045 El Barrio
Enero	22.4
Febrero	22.7
Marzo	25.4
Abril	27.6
Mayo	29
Junio	29
Julio	27.4
Agosto	27.7
Septiembre	27.4
Octubre	26.3
Noviembre	24.7
Diciembre	22.6
Promedio	26

Fuente: SMN (2022)

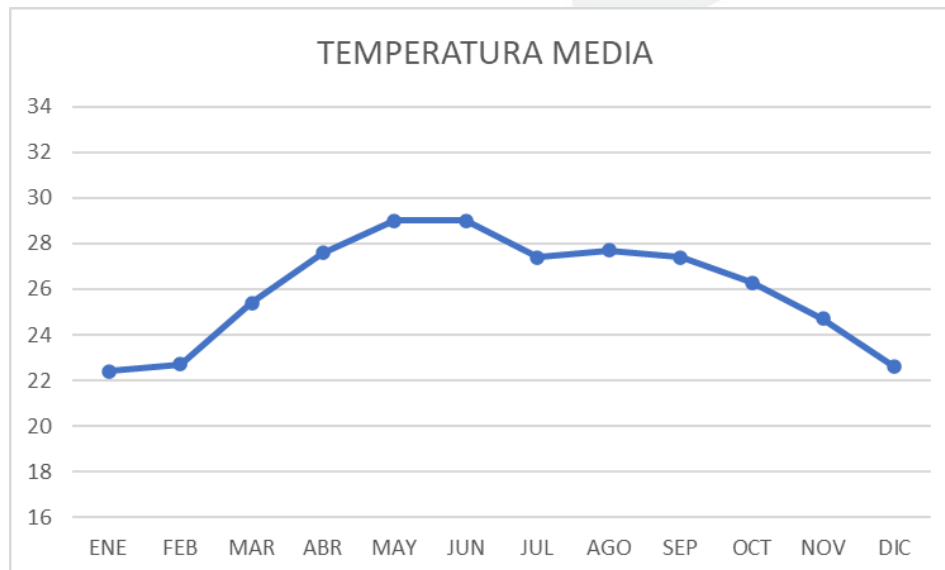


Figura. IX-8 Comportamiento de la temperatura media al año

Fuente: SMN (2022)

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. IX-9 Temperatura Media Anual

Fuente: TEMA (2022)

IX.1.3.3.2 Temperatura mínima

En la Tabla IX-6 y Figura. IX-10 se puede observar que las temperaturas mínimas registradas, la cual oscila entre los 15.1°C hasta los 21.5°C, confirmando con esto que el clima es cálido.

De acuerdo con esto, los meses con menor temperatura son enero y diciembre, considerando estos como temporada invernal, mientras que las mayores temperaturas registradas dentro del promedio de las mínimas son de 20.6 a 21.5 °C, en temporada de finales de primavera y verano (mayo, junio y julio).

La Figura. IX-10 muestra lo descrito, donde el riesgo a que existan bajas temperatura es muy bajo.

Tabla IX-6 Datos de temperatura mínima E.M. 30045 – El Barrio

Estación Consultada	30045 El Barrio
Enero	15.1
Febrero	14.4
Marzo	16.9
Abril	19
Mayo	20.6
Junio	21.5
Julio	21.1
Agosto	20.8
Septiembre	20.7
Octubre	19.8
Noviembre	17.6
Diciembre	15.4
Promedio	18.6

Fuente: SMN (2022)

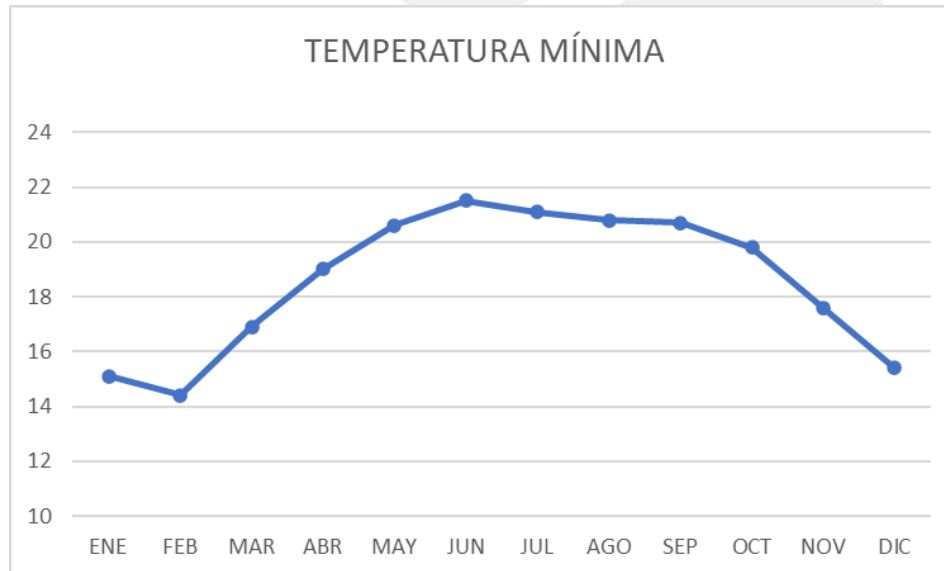


Figura. IX-10 Comportamiento de la temperatura mínima al año

Fuente: SMN (2022)

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. IX-11 Riesgo a bajas temperaturas

Fuente: CENAPRED (2022)

IX.1.3.3.3 Temperatura máxima

Los valores de temperatura máxima concuerdan con el clima tipo presentado por INEGI (cálido subhúmedo). De acuerdo con esto, los meses con mayor temperatura son mayo y junio, mientras que las mayores temperaturas registradas dentro del promedio de las máximas son de 37.5 y 36.5 °C respectivamente (Tabla IX-7 y Figura. IX-12).

Tabla IX-7 Datos de temperatura máxima E.M. 30045 – El Barrio

Estación Consultada	30045 El Barrio
Enero	29.6
Febrero	31.1
Marzo	33.8
Abril	36.2
Mayo	37.5
Junio	36.5
Julio	33.8
Agosto	34.6
Septiembre	34.1
Octubre	32.7
Noviembre	31.7
Diciembre	29.9
Promedio	33.5

Fuente: SMN (2022)

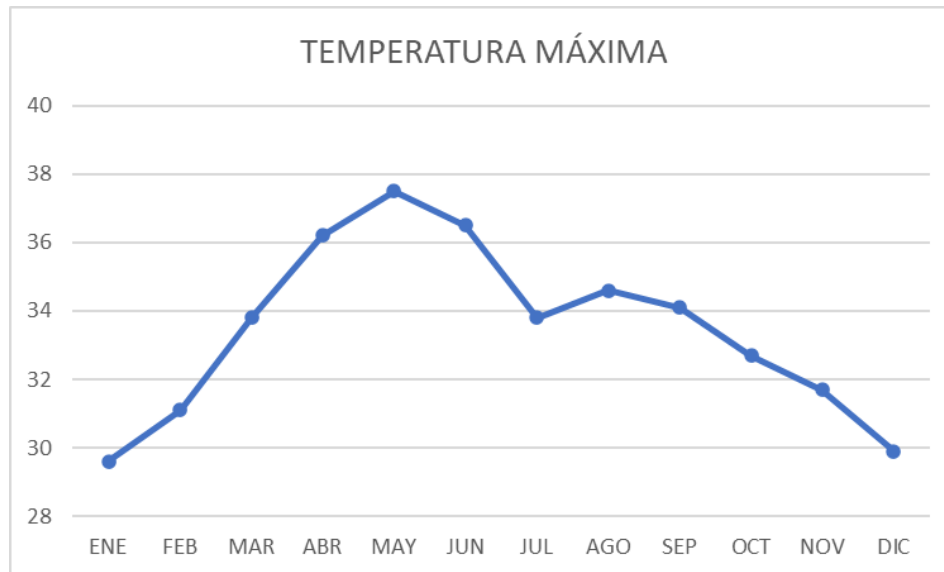


Figura. IX-12 Comportamiento de la temperatura máxima al año

Fuente: SMN (2022)

IX.1.3.3.4 Precipitación

El clima del SA es cálido subhúmedo, lo que significa que 1 tercera parte del año llueve, esto de acuerdo con la clasificación de Köppen establecida en el presente estudio, el cual describe que la precipitación del mes más seco es de entre 40 a 60 mm de agua, teniendo lluvias en verano.

De acuerdo con esto, los meses con mayor precipitación son a partir de junio hasta el mes de octubre, los cuales presentan las mayores precipitaciones registradas dentro del promedio (Tabla IX-8 y Figura. IX-13).

Tabla IX-8 Datos de precipitación E.M. 30045 – El Barrio

Estación Consultada	30045 El Barrio
Enero	23.4
Febrero	8.1
Marzo	8.6
Abril	10.9
Mayo	27.9
Junio	178.6
Julio	252.7
Agosto	210.7
Septiembre	242.2
Octubre	101.4
Noviembre	43.3
Diciembre	28.5
Total	1,136.30

Fuente: SMN (2022)

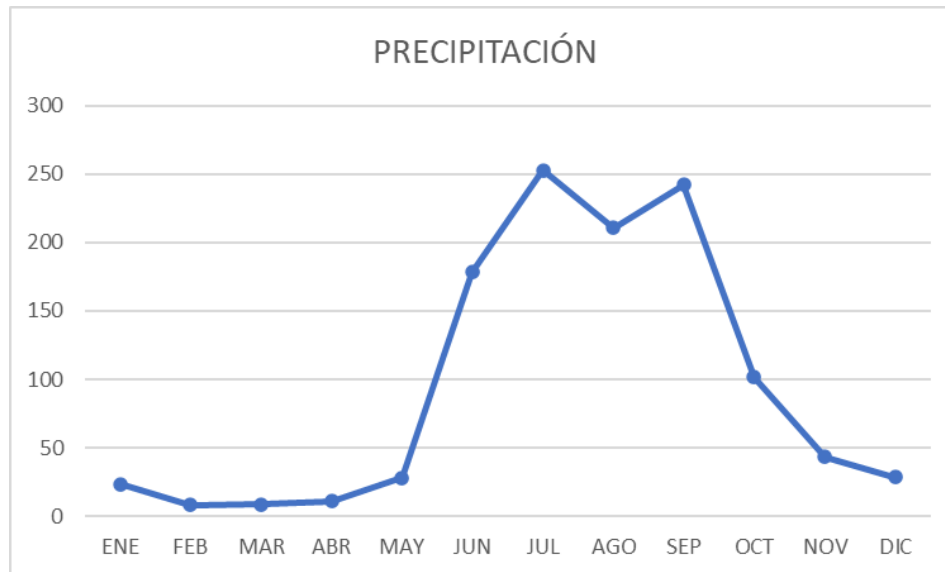


Figura. IX-13 Comportamiento de la precipitación en un año

Fuente: SMN (2022)

El mes con mayor índice de lluvia acumula en el año en el mes de julio seguido por el mes de septiembre con 252.7 y 242.2 mm respectivamente (Figura. IX-14). También se observa la presencia de canícula en los meses de abril y mayo, la canícula es un evento climático que sucede durante la estación de verano y se caracteriza por ser una sequía, es decir una disminución o ausencia de lluvia (IMTA, 2019).

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. IX-14 Precipitación Media Anual

Fuente: SMN (2022)

IX.1.3.3.5 Evaporación

La evaporación representa la cantidad de vapor de agua que se desprende de la tierra o vegetación. Tabla IX-9 y la Figura. IX-15 muestra la distribución de los fenómenos de evaporación en el área del SA. En esta se observa que los valores de evaporación registrados fueron 0 mm durante todo el año.

Tabla IX-9 Datos de evaporación E.M. 30045 – El Barrio

Estación Consultada	30045 El Barrio
Enero	65.8
Febrero	53.8
Marzo	61.2
Abril	60.9
Mayo	68.9
Junio	80.3
Julio	67.8
Agosto	63
Septiembre	96.6
Octubre	75.2
Noviembre	69
Diciembre	61
Total	823.5

Fuente: SMN (2022)

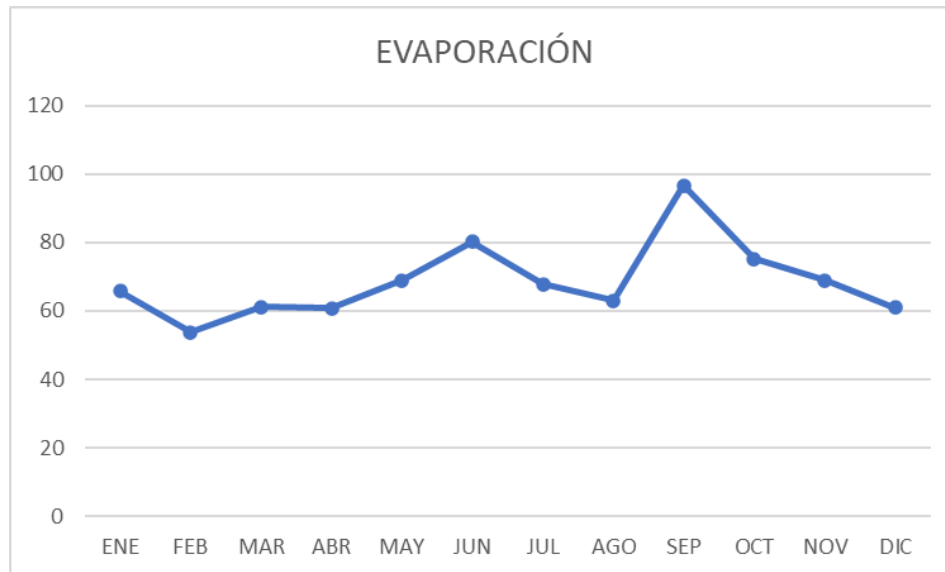


Figura. IX-15 Comportamiento de la evaporación en un año

Fuente: SMN (2022)

IX.1.3.3.6 Días Nublados

El clima que presenta el SA se caracteriza por tener días calurosos y despejados, esto se puede confirmar en la Tabla IX-10, donde se muestra el porcentaje de días nublados al mes.

Se observa que el mes que presenta mayor número de días nublados es enero; sin embargo, solo presentó el 0.4% de días nublados.

Tabla IX-10 Datos de porcentaje de días nublados E.M. 30045 – El Barrio

Estación Consultada	30045 El Barrio
Enero	44 %
Febrero	40 %
Marzo	41 %
Abril	44 %
Mayo	32 %
Junio	43 %
Julio	63 %
Agosto	66 %
Septiembre	68 %
Octubre	51 %
Noviembre	38 %
Diciembre	46 %
Promedio	48 %

Fuente: SMN (2022)

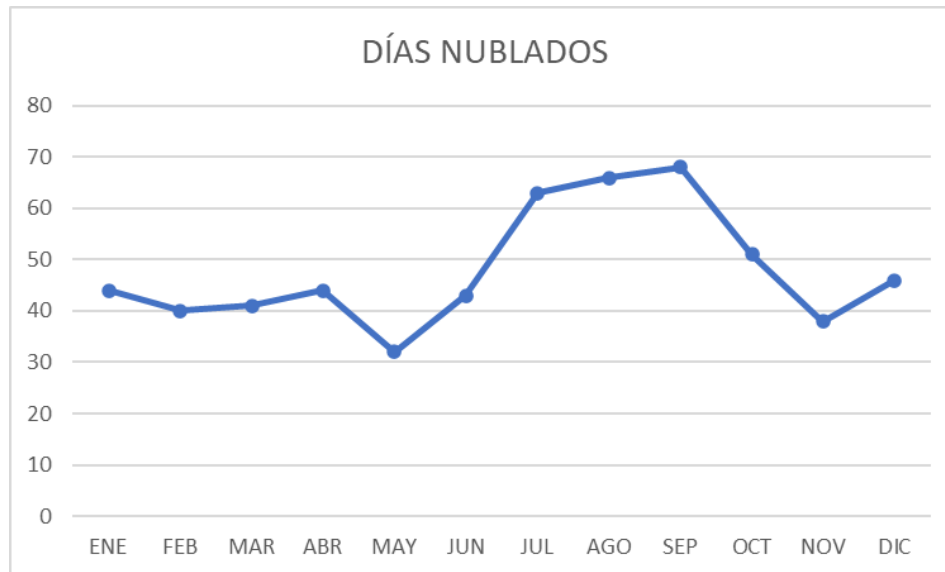


Figura. IX-16 Comportamiento de porcentaje de días nublados en un año

Fuente: SMN (2022)

IX.1.3.4 Fenómenos Climatológicos

Debido a las características particulares del clima que se presenta en el SA (las temperaturas elevadas y gran cantidad de precipitación), se hacen presentes diversos fenómenos climatológicos que pudieran desembocar en eventos como: ondas de calor, canícula, lluvias torrenciales y tormentas tropicales.

Por tanto, a continuación, se presentarán algunos fenómenos climatológicos que inciden en el área terrestre del SA.

IX.1.3.4.1 Heladas y Granizadas

En el SA hay una probabilidad muy baja de que se presenten heladas en la región (Figura. IX-17), siendo muy poco probable que se den casos de granizadas (Figura IX-18). Los datos reportados por la normal climatológica muestra un porcentaje de cero para ocurrencia de heladas y granizadas.

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. IX-17 Riesgo por heladas

Fuente: CENAPRED (2022)

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. IX-18 Riesgo por granizadas

Fuente: CENAPRED (2022)

IX.1.3.4.2 Temperaturas extremas

La Figura IX-19 muestra las temperaturas de registro mayores a los 30°C, en las estaciones meteorológicas cercanas al SA. Para el área del SA se presenta un riesgo alto por ondas cálidas.

Debido a estas temperaturas, se puede mostrar un fenómeno climatológico conocido como ola u onda de calor; el cual, es un periodo de temperatura excesiva combinada en su mayoría con humedad, manteniéndose una sensación térmica mayor durante varios días (CENAPRED,2022).

De acuerdo con la Figura. IX- se representa el peligro por ondas cálidas, el cual es Alto.

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. IX-19 Peligro por ondas cálidas

Fuente: CENAPRED (2022)

IX.1.3.4.3 Ciclones.

Este tipo de fenómenos se desarrollan en el periodo de 15 de mayo al 30 de noviembre para el Pacífico Nororiental, y del 1 de junio al 30 de noviembre para el Océano Atlántico; siendo los meses de agosto y septiembre, los de mayor recurrencia. Mientras que junio, julio y octubre se comportan de una manera homogénea (CENAPRED-IMTA, 2014).

Un ciclón tropical es una gran masa de aire cálido y húmedo con fuertes vientos que giran en forma de espiral alrededor de una zona de baja presión. Se originan en el mar entre las latitudes 5° a 15°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en la época en que la temperatura del agua es mayor o igual a 26° C. Cuando éstos se ubican en el hemisferio norte, giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj (Rosengaus *et al.* 2002).

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o a la velocidad de sus vientos en la escala de Saffir-Simpson:

- Depresión tropical: cuando la presión es de 1008 a 1005 mb o velocidad de los vientos menor que 63 km/h.
- Tormenta tropical, cuando la presión va de 1004 a 985 mb o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h.
- Huracán, cuando la presión es menor que 984 mb o velocidad del viento mayor que 119 km/h.

Los huracanes y tormentas tropicales se presentan en los meses de junio a octubre y de acuerdo a sus trayectorias, se ha observado que estos fenómenos se acercan poco a las costas deltaicas de Campeche y Tabasco, afectando principalmente las costas de Veracruz y Tamaulipas. Estos fenómenos se forman en la región oriental del océano Atlántico, en donde se generan con mayor potencia y generalmente se dirigen hacia el oeste, penetrando e incidiendo directamente en el Mar Caribe y las costas de Veracruz. El número promedio anual de ciclones tropicales es de 13 (periodo de 1970 a 2017) y la variación estacional en la que se presentan estos fenómenos climáticos, es extensa, iniciándose en junio y terminando en noviembre, siendo septiembre el mes más activo.

En promedio, cada año se tiene un registro de 3.8 ciclones tropicales que impactan el territorio mexicano, de los cuales 1.4 llegan a las costas del Golfo de México y el Caribe. Los huracanes de mayor potencia y recorrido son los que generalmente se dirigen al oeste, penetrando en el Mar Caribe y afectando a Yucatán, Tamaulipas y Veracruz, pero también tienden a recurvar hacia el norte afectando las costas de Estados Unidos, como los huracanes que se han presentado en los últimos años.

No existe evidencia documental que indique que el área de Influencia Proyecto ha sido afectada por algún evento de ciclones.

IX.1.3.4.4 Sequía

La sequía es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un lapso es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas (García et al., 2014).

De acuerdo con el índice de déficit promedio de lluvia (%) respecto a su lluvia media anual, el SA presenta un déficit mayor al 30% para la zona de Veracruz, (CENAPRED,2016).

Aunado con la información de clima y precipitación descrita anteriormente en el presente trabajo, la probabilidad de sequía es muy bajo; sino que por el contrario se presentan fenómenos meteorológicos que involucran lluvias torrenciales, lo que desemboca otros riesgos como inundaciones, de los cuales se hablará más adelante (Figura. IX-20).

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. IX-20 Riesgo por sequía

Fuente: CENAPRED (2022)

IX.1.3.5 Cambio climático

El Cambio Climático (CC) inducido por el incremento en la atmósfera de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) constituye, junto con la degradación de ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, el problema ambiental más trascendente en el siglo XXI.

En los inventarios de GEI del estado de Veracruz se han reportado estimaciones equivalentes de bióxido de carbono cerca del 3.5 % del total nacional, proviniendo de la generación de energía, la agricultura, la ganadería y los desechos. Considerando además al sector industrial presente en el 2000 —ya que no se cuenta con datos para todo el periodo—, se tiene que la contribución es del 4.3 % (PECCUV,2019).

Se han realizado algunos estudios ante la inminencia del CC, un escenario describe cambios para el período 1921-1980 donde la mayoría del territorio veracruzano presentó sequías entre el 10 y 15% de los años, excepto la porción sur que las tuvo entre 5 y 10%. Por su parte, los vientos máximos del norte en la década de los sesenta tuvieron una mayor presencia de las invasiones de aire polar en la vertiente del Golfo de México y, en consecuencia, las temperaturas invernales fueron anómalamente bajas (INECC,2009).

Dentro de las vulnerabilidades de estos escenarios que se prevén para el Golfo de México se encuentran los eventos extremos del clima, como son: sequías, lluvias abundantes, mayor incidencia de huracanes y depresiones tropicales que se acentuarán en los años por venir. A este escenario se suman dos fenómenos mayores: el cambio en las condiciones térmicas de la corriente del Golfo y el aumento en el nivel de los mares relacionado con el deshielo de los glaciares continentales y la dilatación térmica.

La Figura. IX-21 muestra la vulnerabilidad de los municipios más cercanos al SA ante CC. Los municipios ubicados en el margen costero presentan una mayor vulnerabilidad debido al efecto del cambio climático relacionados a los fenómenos hidrometeorológicos. En este caso, el municipio donde se encuentra el área de estudio no presenta vulnerabilidad ante el CC.

De acuerdo con los escenarios de CC consultados del Sistema de Información de la Unidad de Información para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS, 2015) del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, denominado Atlas Climático Digital de México, se prevé para el estado de Veracruz altas temperaturas, inundación fluvial, deslaves por inestabilidad de laderas, erosión costera, aumento del nivel de mar e inundación por marea de tormenta.

El escenario RCP 8.5 para un futuro lejano (2075 a 2099) muestra un incremento de la temperatura máxima de 3 °C, llegando a proyectar temperaturas máximas de hasta 40° C.

Respecto a la inundación fluvial, las áreas modeladas de afectación por inundación fluvial de acuerdo con los periodos de retorno de 100 años se estiman en un total de 135.92 km²; siendo las partes bajas de las riberas las áreas con mayor vulnerabilidad a inundación fluvial.

El incremento en el nivel de mar proyectado sería el fenómeno de mayor riesgo que enfrentaría la zona costera; principalmente la mayoría de las costas bajas arenosas, con extensos humedales adyacentes y situados a menos de un metro sobre el nivel del mar; las cuales se estiman perderían más de 600 kilómetros de playa.

Otro de los escenarios que se proyectan es una intensificación de los eventos extremos como ciclones tropicales en el Golfo y Mar Caribe. Algunos de los sitios que se prevén tendrán mayor afectación son el Puerto de Veracruz, Alvarado, Panuco, Tuxpan Los Tuxtlas y Coatzacoalcos.

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. IX-21 Municipios más vulnerables ante el cambio climático

Fuente: PECC (2022)

IX.1.3.6 Fisiografía

El estado de Veracruz está conformado por dos extensas planicies (norte y sur), donde se forman los sistemas montañosos de la Sierra Madre Oriental hacia el noroeste, el Eje Neovolcánico hacia el oeste y la Sierra Madre del Sur y Sierra de Chiapas, hacia el sursureste. En el caso de las planicies costeras, estas son el 73 % del territorio, el 27% restante lo conforman las regiones montañosas. La planicie del sur comprende las regiones Llanura de Sotavento (de Veracruz a Acayucan), la Sierra de Los Tuxtlas y el Istmo de Tehuantepec, abarcando un rango de altitud que va desde el nivel del mar hasta los 350 m e, incluso, los 1 700 m en la Sierra de Los Tuxtlas (Soto

y Geissert, s.f.).

Lo que marca el límite entre las planicies costeras del Altiplano mexicano son las zonas montañosas, siendo la más extensa la sierra Pico de Orizaba–Cofre de Perote, la cual se prolonga por la sierra de Chiconquiaco y el macizo de Palma Sola, hasta la costa del Golfo de México.

En la parte sur del estado, se elevan sierras de 1 000 a 2 000 m de altitud y mesetas con cuevas, de 200 a 1 000 m de altitud, al igual que la Sierra de Los Tuxtlas, donde su máxima altura se alcanza en el Volcán de San Martín con 1 700 msnm.

Como bien ya se mencionó, el estrado de Veracruz está comprendido por la Llanura Costera del Golfo Sur, en el caso del SA este se encuentra dentro de esta y a su vez forma parte de la subprovincia llamada Llanura Costera Veracruzana (Figura. IX-22).

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. IX-22 Provincias y subprovincias fisiográficas

Fuente: TEMA (2022)

Llanura Costera del Golfo Sur. Comprende las regiones costeras de Veracruz y Tabasco, y se localiza en la vertiente de la parte baja de la Sierra Madre Oriental donde abundan suelos profundos formados por materiales depositados por los ríos (que en este caso son los más caudalosos de México) Grijalva, el Usumacinta, el Coatzacoalcos y el Papaloapan. Al norte de

Chiapas. En el estado de Veracruz, el terreno se escalona hacia la costa en forma de cuesta, mientras que en el sur del estado y en Tabasco, la superficie es cada vez más plana donde se tienen grandes zonas inundables con abundancia de pantanos permanentes. La sierra de los Tuxtlas, de origen volcánico, interrumpe el paisaje de esta provincia sobre la costa. Es de destacar también el lago de Catemaco, enorme caldera volcánica de entre 9 y 10 km de diámetro (INECC,2007).

Llanura Costera Veracruzana. Esta subprovincia fisiográfica se distingue por la presencia de lomeríos suaves, ubicados al este y noroeste, en una mayor extensión se identifican llanuras con sistemas lagunares permanentes los cuales ocupan extensas superficies. Los rasgos fisiográficos más representativos del acuífero son las zonas de llanuras inundables, barras, dunas, llanuras costeras con dunas y en el extremo oriental, lomeríos suaves con llanos asociados. Los rasgos fisiográficos se caracterizan por una topografía relativamente plana con alturas menores a los 50 metros sobre el nivel del mar, que disminuyen suavemente hacia el este hasta la línea de costa, formando la Llanura Costera. Además de estos rasgos fisiográficos, existe una zona de dunas de poca altura ubicadas al noroeste del Puerto de Veracruz (CONAGUA, 2015).

IX.1.3.7 Edafología

EL SA se ubica en una extensión terreno donde la variedad de vegetación natural y la geomorfología, han dado pie a que se presente un solo tipo de suelo. De acuerdo con la carta edafológica escala 1:250 000 (INEGI, 2014), en el SA se encuentra 1 subtipo de suelo (Tabla IX-11 y Figura. IX-23), el cual puede ser clasificados con base a las propiedades de sus horizontes.

El Vertisol Pélico deriva del latín "verteré" que significa verter o revolver, que hace alusión al efecto de batido o mezcla provocado por la presencia de arcillas expansivas.

El material original de este tipo de suelos lo forma sedimentos con una elevada proporción de arcillas esmectíticas. Suele encontrarse en depresiones de áreas llanas o suavemente onduladas donde el clima suele ser tropical, semiárido a subhúmedo o mediterráneo con estaciones contrastadas en cuanto a humedad.

El perfil es de tipo ABC, la alternancia entre el hinchamiento y la contracción de las arcillas, genera profundas grietas en la estación seca y la formación de superficies de presión y agregados estructurales en forma de cuña en los horizontes subsuperficiales. Los Vertisoles se vuelven muy duros en la estación seca y muy plásticos en la húmeda. El labrado es muy difícil excepto en los cortos periodos de transición entre ambas estaciones, pero con un buen manejo, son suelos muy productivos.

Los Vertisoles Pélicos se caracterizan por presentar en la matriz del suelo, de los 30 cm superiores, una intensidad de color en húmedo de 3.5 o menos y una pureza de 1.5 o menor.

Tabla IX-11 Superficie que ocupa el tipo de suelo dentro del SA

Tipo de suelo	Ha	%
Vertisol Pélico	5,505.94	100

Fuente: TEMA (2022)

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. IX-23 Edafología

Fuente: INEGI (2022)

IX.1.3.8 Geología

De acuerdo con lo escrito en el Programa Estatal de Desarrollo Urbano del estado de Veracruz, la información referente a la geología de éste menciona que el área, en la cual se asienta la zona conurbada, está conformada por una estructura sedimentaria fluvial – marina, cuyo subsuelo se caracteriza por afloramientos recientes del periodo cuaternario.

En el fondo marino la capa de arena es sumamente profunda alcanzando de 12 a 14 metros a una distancia de 200 metros de la línea costera. Frente a la costa se extiende una pequeña parte de la plataforma continental interna de aproximadamente 25 millas cuadradas de la que sobresalen ocho arrecifes coralinos: La Blanquilla, La Gallega, Galleguilla, Anegada de Adentro, Isla de Sacrificios,

Isla Verde, Pájaros y Hornos. Se aprecia otra franja arrecifal ubicada frente a Antón Lizardo. La morfología y orientación del sistema arrecifal de Veracruz es resultado de la dirección de llegada de las olas.

Asimismo, al Norponiente del asentamiento se presenta un área cuyo origen geológico se ubica en el periodo Terciario de la era Cenozoica, caracterizado por subsuelo basado en un conglomerado de rocas y Vulcano sedimentarias.

En Veracruz se encuentran depósitos de calizas del Cretácico superior Ks(cz), Conglomerado del Cuaternario Q(cg) y Q(s) Suelo del Cuaternario, así como Tm(cg), Conglomerados del Terciario y Q(ar-cg), Areniscas y Conglomerados del Cuaternario (PDUEV, 2017).

El 100% del área total del SA está representado por una sola unidad litológica, la cual abarca una extensión de 5,505.94 Ha (Tabla IX-12 y Figura. IX-24).

Tabla IX-12 Superficie que ocupa la unidad litológica dentro del SA

Unidad litológica	Ha	%
Conglomerado	5,505.94	100

Fuente: TEMA (2022)

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. IX-24 Geología

Fuente: INEGI (2022)

IX.1.3.8.1 Provincias geológicas

Una provincia geológica es toda parte cartografiable de la superficie sólida del planeta, de centenaes a millones de kilómetros cuadrados de extensión, caracterizada por sus rocas, por su estructura y por una secuencia de eventos tal que integre una historia evolutiva singular diferente a la de las áreas adyacentes, de las cuales está separada por límites estratigráficos, tectónicos o por ambos.

En la Figura. IX-25 se presenta la provincia geológica a la que pertenece el SA, siendo la Provincia de Veracruz la que abarca el 100% del sistema ambiental.

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. IX-25 Provincias Geológicas

Fuente: CNH (2022)

Provincia geológica de Veracruz: Está ubicada al este del Territorio Mexicano, a lo largo del estado de Veracruz y el margen tectónicamente activo al suroeste de la Cuenca del Golfo de México (aguas poco profundas).

La provincia de Veracruz cubre una extensión de aproximadamente 34,825 km². Geológicamente limitada por: el cinturón Volcánico Trans-Mexicano al norte; el cinturón plegado de Zongolica al oeste, como parte de la continuidad del Cinturón plegado de la Sierra Madre Oriental; al sureste, La Cuenca del Sureste y se extiende en aguas profundas en el Golfo de México.

Esta provincia geológica contempla los elementos mesozoicos de la Plataforma de Córdoba, el frente tectónico al oeste, costa fuera el Alto Anegada y en costa el Complejo Volcánico Los Tuxtlas, al este. Las secuencias de rocas sedimentarias arenoso-arcillosas y conglomerados que constituyen sedimentos del Cenozoicos de la Cuenca Veracruz fueron depositadas bajo un régimen de cuenca antepaís (foreland basin).

IX.1.3.8.2 Provincia petrolera

Una provincia petrolera es un área donde ocurren cantidades comerciales de petróleo o en la que se ha identificado condiciones favorables para la acumulación de hidrocarburos, por lo general en una cuenca sedimentaria (PEMEX, 2013).

En el SA se presenta 1 provincia petrolera llamada Provincia de Veracruz (Figura. IX-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. IX-26 Provincias Petroleras

Fuente: CNH (2022)

Provincia Petrolera Veracruz: La provincia es productora principalmente de gas y aceites en secuencias del Terciario y Mesozoico. Las rocas generadoras son principalmente calizas arcillosas y lutitas de Tithoniano, calizas arcillosas del Cretácico Medio y lutitas del Mioceno superior. Las rocas almacenadoras son principalmente siliciclastos del Eoceno y Mioceno así como calizas del Cretácico Medio-Superior. Los yacimientos se encuentran en trampas estructurales neógenas y laramílicas.

Los campos de gas y aceite en rocas siliciclásticas más importantes son Playuela, Lizamba, Vistoso, Apértura, Arquimia, Papán, Gasífero, El Treinta y Bedel; Los campos de aceite en roca Mesozoica son Cópite, Mata Pionche, Mecayucan y Angostura. La producción acumulada total de la provincia es de 0.7 MMMbpce.

La representa el marco estratigráfico general de la provincia petrolera de Veracruz la cual va desde el Triásico Inferior hasta el Pleistoceno.

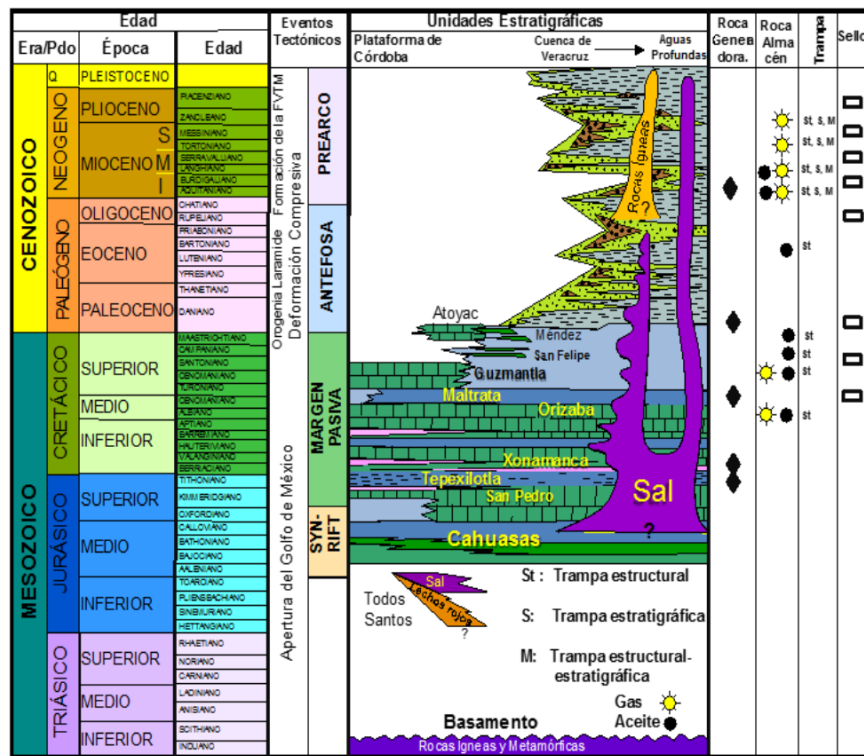


Figura. IX-27 Marco Estratigráfico general

Fuente: CNH (2015)

Formación Atoyac (Paleoceno): Calizas bioclásticas con valores de espesor de hasta 1.200 metros.

Formación Méndez (Cretácico Superior): Corriente de turbidez caracterizada por la presencia de conglomerados, margas y lutitas.

Formación San Felipe (Cretácico Superior): Flujos de sedimentos depositados en el talud, formados por conglomerados y brechas cuyos clastos son de composición calcárea, los cuales cambian en la parte superior a mudstone y wackestone-packstone (foraminíferos planctónicos) con contribución variable de arcilla, con grosor que varía entre 200 y 500 metros.

Formación de Guzmantla (Conaciano-Santoniano): Grainstone-packstone de ooides depositados en bancos de arenas calcáreas en la parte inferior, la parte superior está compuesta por wackestone y packstone de calcisferúlidos cuya matriz está compuesta por cocolitofóridos y foraminíferos planctónicos.

Formación de Maltrata (Turoniano): Mudstone y wackestone arcillosos laminados, con foraminíferos planctónicos depositados bajo condiciones anóxicas. Sus valores de espesor varían entre 50 y 150 metros. Esta unidad litoestratigráfica representa una superficie de inundación máxima.

Formación de Orizaba (Albiano-Cenomaniano): Calizas de plataforma del tipo mudstone, wackestone, packstone y grainstone (Miliolida) intercaladas con dolomitas y anhidritas, cuyo grosor varía entre 300 y 400 metros.

Formación Xonamanca (Cretácico Inferior): Caliza arenosa con influencia volcánica, calizas pelágicas y calizas dolomíticas, intercaladas con evaporitas. Los valores de espesores varían entre 300 y 400 metros.

Formación de Tepexilotla (Titoniano): Calizas bituminosas de color gris oscuro a negro y calizas arenosas con un espesor medio de 200 metros.

Formaciones de San Pedro y San Andrés (Kimmeridgiano): Sedimentos marinos que corresponden a calizas arcillo-arenosas (con tendencia a ser oolíticas en algunas partes) y calizas dolomíticas arcillosas con valores de espesor de alrededor de 100 y 400 metros.

IX.1.3.9 Susceptibilidad de la zona

La susceptibilidad hace referencia a la propiedad del terreno que indica si las condiciones de una ladera son favorables o desfavorables para la estabilidad, haciendo referencia únicamente a los factores intrínsecos de los suelos y/o las rocas.

Bajo este criterio, se analizó la información proporcionada por el Sistema de Información sobre riesgos del CENAPRED (2019), del cual se describen los principales fenómenos a los que está expuesto el SA, entre los que se incluye: susceptibilidad a deslizamientos, hundimientos e inundaciones, así como la actividad volcánica. Mientras que el: Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE,2008), provee la regionalización sísmica a la cual se distribuye la república mexicana.

IX.1.3.9.1 Sismicidad

La muestra la regionalización sísmica de la República Mexicana. En ella incluye cuatro zonas (A, B, C y D) que indican, las regiones de menor a mayor peligro, así como la frecuencia a la que están expuestas.



Figura. IX-28 Regionalización Sísmica de la República Mexicana

Fuente: Manual de diseño de Obras Civiles (Diseño por Sismo) CFE (2008)

De acuerdo con lo anterior mencionado, el estado de Veracruz se ubica dentro de la zona peni-sísmica (Zona B) o de sismos poco frecuentes con baja vulnerabilidad de carácter catastrófica.

Geológicamente la zona del SA se encuentra en la misma región sísmica la cual se caracteriza por presentar una aceleración de terreno menor al 70% de gravedad (Figura. IX-29), la cual presenta una gran estabilidad por lo que la recurrencia de sismos con magnitud de entre 3 y 6 grados en la escala de Magnitud es de uno cada 3 a 4 años, siendo muy espaciados en el tiempo y de mínimas consecuencias para la población e infraestructura de la localidad.

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. IX-29 Zona Sísmica dentro del SA

Fuente: CFE (2008)

Tabla IX-13 Datos de sismos presentados en los alrededores del SA (2011 - 2021)

Fecha	Hora	Mag.	Latitud	Longitud	Prof.	Referencia de localización
09/11/2011	21:38:20	3.8	18.15	-96.54	86	38 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
13/02/2015	11:31:39	3.6	18.6183	-96.0315	98.9	33 km al SUROESTE de ALVARADO, VER
24/05/2015	13:34:40	3.6	18.5208	-96.0847	114.1	30 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
14/12/2015	22:06:06	3.7	18.7945	-96.3363	92.7	29 km al SURESTE de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
27/12/2015	17:20:15	3.6	18.5785	-96.0733	107.7	34 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
21/01/2016	14:20:58	3.5	18.4538	-96.1962	102.1	17 km al ESTE de TIERRA BLANCA, VER
31/03/2016	23:55:17	3.7	18.606	-96.0307	96	34 km al SUROESTE de ALVARADO, VER
12/04/2016	05:45:17	3.8	18.3545	-96.4063	103.3	11 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
20/05/2016	16:37:40	3.9	18.5472	-96.0577	118.5	34 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
03/10/2016	02:39:43	3.7	18.3952	-96.144	114.2	17 km al NORTE de TRES VALLES, VER
09/11/2016	23:31:48	3.5	18.1925	-96.3685	88.5	25 km al OESTE de TRES VALLES, VER
18/12/2016	11:09:17	3.6	18.8068	-96.3412	98.9	28 km al SURESTE de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
03/01/2017	14:23:42	3.6	18.5208	-96.1807	106.8	21 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
20/06/2017	17:02:13	3.5	18.1865	-96.2383	84.6	12 km al SUROESTE de TRES VALLES, VER
24/08/2017	05:07:31	3.8	18.5322	-96.1073	129.2	28 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
26/10/2017	10:22:54	3.8	18.5693	-96.1068	111.7	30 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
27/11/2017	23:20:44	4	18.1655	-96.5038	89.6	35 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
01/08/2018	18:53:20	3.4	18.2003	-96.5037	81.3	31 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
06/08/2018	06:50:31	3.7	18.5918	-96.0518	90	36 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER

Fecha	Hora	Mag.	Latitud	Longitud	Prof.	Referencia de localización
28/08/2018	07:05:49	3.5	18.7835	-96.3883	109.1	29 km al SUR de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
15/09/2018	19:02:45	3.8	18.3912	-96.6897	4.1	35 km al OESTE de TIERRA BLANCA, VER
12/10/2018	05:28:58	3.5	18.1647	-96.5795	78	39 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
07/12/2018	15:06:26	3.4	18.2842	-96.0772	86.6	8 km al NORESTE de TRES VALLES, VER
07/12/2018	23:03:05	3.6	18.5883	-96.4263	121.6	17 km al NOROESTE de TIERRA BLANCA, VER
10/02/2019	02:19:08	3.7	18.5748	-96.0763	118.3	33 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
12/02/2019	14:37:40	3.8	18.199	-96.4387	78.2	29 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
23/06/2019	10:26:25	3.6	18.6118	-96.2388	124.4	22 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
04/08/2019	16:04:49	3.7	18.791	-96.3873	109.5	28 km al SUR de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
08/10/2019	00:39:02	3.7	18.7555	-96.1998	15.1	35 km al SUR de EL TEJAR, VER
16/10/2019	11:39:22	3.9	18.7677	-96.4305	99.1	31 km al SUR de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
11/11/2019	03:55:07	3.7	18.5672	-96.0908	107.9	31 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
04/03/2020	12:53:51	3.5	18.1662	-96.4725	83.6	33 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
29/05/2020	13:39:55	4	18.5728	-96.0525	119.4	35 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
05/07/2020	19:30:20	3.5	18.3255	-96.2683	90.9	17 km al SURESTE de TIERRA BLANCA, VER
03/08/2020	14:12:18	4.1	18.4335	-96.0632	37.5	23 km al NORESTE de TRES VALLES, VER
03/08/2020	17:03:18	3.9	18.4273	-96.0843	29.5	21 km al NORTE de TRES VALLES, VER
17/08/2020	17:57:43	3.9	18.7935	-96.4048	112	28 km al SUR de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
09/09/2020	19:22:21	3.6	18.1497	-96.4423	75.6	34 km al SUROESTE de TRES VALLES, VER
10/11/2020	16:53:15	3.6	18.5957	-96.1382	10	29 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
02/12/2020	12:57:13	3.4	18.1807	-96.4635	77.2	31 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
15/12/2020	10:24:58	3.6	18.5638	-96.0873	113.1	32 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
04/01/2021	21:33:35	3.6	18.5628	-96.0958	113.2	31 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
27/02/2021	06:51:53	3.9	18.1158	-96.4393	80.1	34 km al OESTE de TUXTEPEC, OAX
12/03/2021	00:40:42	3.8	18.5412	-96.1163	113	28 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
18/04/2021	02:07:31	3.7	18.1688	-96.5305	82.2	36 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
09/06/2021	21:58:56	3.7	18.7993	-96.373	103.9	28 km al SUR de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
10/07/2021	14:08:57	3.3	18.1658	-96.5147	80.3	35 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
30/07/2021	21:04:37	3.6	18.572	-96.0748	114.2	33 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
17/08/2021	05:27:07	3.9	18.21	-96.56	80	33 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
14/09/2021	11:55:48	3.6	18.7015	-96.3812	109	28 km al NORTE de TIERRA BLANCA, VER
18/09/2021	01:45:00	3.5	18.4392	-96.0103	16.9	24 km al NOROESTE de COSAMALOAPAN, VER
19/09/2021	04:40:48	3.6	18.8013	-96.3873	103.5	27 km al SUR de SOLEDAD DE DOBLADO, VER
30/09/2021	08:32:14	3.4	18.3557	-96.3985	83.7	11 km al SUROESTE de TIERRA BLANCA, VER
13/11/2021	03:30:34	3.8	18.73	-96.43	116	32 km al SURESTE de CUITLÁHUAC, VER
07/12/2021	02:39:58	3.5	18.59	-96.12	109	30 km al NORESTE de TIERRA BLANCA, VER
21/12/2021	13:29:17	3.6	18.7	-96.43	118	29 km al NORTE de TIERRA BLANCA, VER

Fuente: SSN (2022)

IX.1.3.9.2 Deslizamientos

El mapa de regiones potenciales de deslizamiento de la República Mexicana se divide en 8 regiones con base a los niveles de peligro, considerando como factor detonante a las lluvias: 1) Golfo de México, 2) Golfo Norte, 3) Eje Neovolcánico, 4) Pacífico Sur, 5) Pacífico Norte, 6) Golfo Cal-ChD, 7) Baja California y 8) Baja California Sur.

En este caso, la Figura. IX-30 muestra que el SA no se presenta en ninguna de las zonas de deslizamientos, siendo la más cercana la región del Golfo de México.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, el SA no cuenta con laderas susceptibles a deslizamientos en la región.

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. IX-30 Regiones potenciales de deslizamiento

Fuente: CENAPRED (2022)

IX.1.3.9.3 Hundimientos

Los hundimientos son causados por el colapso de la superficie del terreno natural en zonas donde existen cavidades subterráneas. Estos movimientos verticales pueden tener origen por el colapso de cavernas en rocas calcáreas, llamado hundimientos cársticos; por compactación de materiales granulares o hundimiento diferencial, por la presencia de fallas geológicas.

De igual forma puede generarse por actividades antrópicas como la sobreexplotación de acuíferos, entre otras (SGM-CENAPRED, 2011).

Las causas de los agrietamientos y hundimientos están relacionadas con el deslizamiento del suelo arcilloso, el cual se encuentra sobre un basamento estable. Aunque estos movimientos superficiales son casi imperceptibles, después de largos períodos pueden acelerarse por lluvias intensas, como es el caso de Rincón de Negros, Veracruz.

Otros fenómenos locales que pueden producir consecuencias severas son la licuación, los movimientos de laderas y los desplazamientos permanentes del terreno por la presencia de fallas activas. La licuación es la pérdida de la capacidad de carga de suelos arenosos saturados de agua debido a la vibración producida por un sismo; los edificios sobre estos suelos pueden presentar grandes hundimientos y, en casos extremos, colapso por volteo.

Tal como se explica en el apartado IX.1.3.9.2, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos el SA no cuenta con laderas susceptibles a deslizamientos en la región. Esta información se confirma con base al Atlas de Riesgos del municipio de Catemaco, que es la región en la que encuentran hundimientos naturales en la parte Noroeste desde el lago de Catemaco subiendo hasta los límites de San Andrés Tuxtla donde existen túneles de lava.

IX.1.3.9.4 Inundaciones

En sitio donde se ubica el SA existen condiciones meteorológicas que pueden llegar a provocar fenómenos meteorológicos que pueden afectar las condiciones de los asentamientos humanos. Como ya se ha descrito anteriormente una tercera parte del año llueve en cantidades elevadas, además debido a la geomorfología del área existen zonas muy susceptibles a inundarse.

De acuerdo con el índice de vulnerabilidad de inundación del CENAPRED (2017), el SA está dentro de la categoría media (Figura. IX-31).

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. IX-31 Vulnerabilidad a Inundación

Fuente: CENAPRED (2017)

IX.1.3.9.5 Actividad Volcánica

El Sistema Ambiental no se encuentra dentro de ningún área con actividad volcánica, la más cercana es la zona volcánica activa (Volcán San Martín y sus alrededores) se encuentra en la parte Noroeste del masivo de los Tuxtlas. El resto del espacio está ocupado por la Cuenca de Veracruz, considerada como una zona estable de sedimentación.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, al noroeste del SAR se encuentran los volcanes Atlixcos, Nacolinco, Cofre de Perote, La Gloria, Las Cumbres y Citlaltepetl (Pico de Orizaba) y al este se encuentra el campo volcánico Los Tuxtlas (Figura. IX-32).

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. IX-32 Zonas volcánicas cercanas al SA

Fuente: CENAPRED (2022)

IX.1.3.10 Hidrología superficial

IX.1.3.10.1 Cuerpos de agua

La República Mexicana está dividida en Regiones Hidrológico Administrativas de las cuales dos involucran a Veracruz: la región IX Golfo Norte y la X Golfo Centro. El estado de Veracruz para fines de región estatal reconoce 5 regiones, las cuales son: Bajo Pánuco, Norte de Veracruz, Centro de Veracruz, Papaloapan y Coatzacoalcos.

El SA se presenta dentro de la Región Hidrológica Papaloapan (RH-28) (Figura. IX-33). El sistema fluvial del SA está constituido por 3 afluentes que desembocan al sistema lagunar de María Lizamba.

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. IX-33 Hidrología

Fuente: INEGI (2022)

Región Hidrológica Papaloapan (RH-28): Esta región posee una superficie de 10,461 km² (14.6% del territorio estatal). Por su extensión destacan los municipios de Tierra Blanca, Playa Vicente, Rodríguez Clara, Isla y Alvarado ya que en conjunto concentran el 51.9% del territorio regional. Está conformada por 18 cuencas y equivale al 14.8% del total registrado a nivel estatal. Los principales ríos de la región son: Papaloapan, Tesechoacán y San Juan Torno.

Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de los 10 ríos principales por vertiente localizados en el Estado, uno se localiza en esta región, el Papaloapan, el cual presenta un escurrimiento natural medio superficial equivalente a 44,662 millones de metros cúbicos anualmente (36.8% de los escurrimientos registrados en la entidad).

Las lagunas más importantes son: El Plan, El Salado, Las Cañas, Jolote, Las Isletas, Los Cerros y El Chino.

IX.1.3.11 Hidrología subterránea

La hidrogeología o hidrología subterránea es parte de la hidrología que trata de las aguas que están almacenadas y discurren dentro de la tierra.

El agua subterránea es la fuente principal de agua para el consumo humano, y es la base esencial para la mayor parte de los procedimientos industriales sobre los que nuestra civilización se asienta. Por ello, el agua es vulnerable frente a distintos procesos que, en conjunto, conducen a una pérdida de su calidad en sus distintas facetas de utilización. Por ello, el análisis de los factores que conducen al deterioro de la calidad de las aguas, su propagación a través del medio geológico subterráneo y los mecanismos de mejora de esta, son aspectos clave de la hidrogeología (SGM, 2017).

La división de la República Mexicana en provincias hidrogeológicas es la respuesta a la necesidad de identificar regionalmente a ciertas áreas que se singularizan por su fisiografía y homogeneidad geológico-estructural, así como por ciertas características hidráulicas como la porosidad, permeabilidad y transmisividad de las rocas.

El SA pertenece a la provincia hidrogeológica de México No. 7 que es la Planicie costera del Golfo de México, la cual se describe como planicies relativamente bajas poco discretas que descansan sobre una interestratificación por suaves cadenas de montañas compuestas por rocas sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico y por rocas volcánicas del Cenozoico. El rango de variación de las características hidráulicas de los acuíferos dominantes es de transmisividad: 500 a 10, 000 km², conductividad: 5 a 100 m/d, lámina de recarga: 5 a 500 mm/año y producción por pozo: 10 a 100 l/s (CNA, 1992).

De acuerdo con lo presentado en el mapa de Hidrogeología publicado en marzo del 2008, dentro del SA se establece 1 unidad hidrogeológica, esta se presenta en la Figura. IX-34.

El Atlas del Agua en México (2018) establece que la importancia del agua subterránea se manifiesta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios. El 39.1% del volumen total concesionado para usos consuntivos (es decir, 34380 millones de metros cúbicos por año al 2017), pertenece a este origen.

Para fines de la administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, y se inició un proceso de delimitación, estudio y determinación de la disponibilidad media anual de los acuíferos.

De los cuales en el listado de déficit (acuífero sin disponibilidad) sólo se encuentra el acuífero No.

3019 Cuenca Río Papaloapan en Ignacio de la llave, Veracruz, el cual no se encuentra dentro del área delimitada del SA. Fuera de esto, de acuerdo con la información presentada de la CONAGUA, el SA se encuentra sobre un acuífero con disponibilidad.

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. IX-34 Unidades hidrogeológicas

Fuente: INEGI (2022)

El problema de la sobreexplotación de acuíferos va en aumento cada año, de acuerdo con los resultados de estudios recientes de la CONAGUA, se define si los acuíferos se consideran sobreexplotados o no, en función de la relación extracción/recarga. Los acuíferos sobreexplotados son principalmente los de la región central y noroeste de la República Mexicana. De acuerdo con lo publicado por la CONAGUA en el Atlas del Agua en México (2018) el estado de Veracruz no presenta indicios de sobreexplotación en sus acuíferos.

IX.1.3.12 Vientos Dominantes.

El viento es el movimiento del aire como resultado de las diferencias de presión atmosférica y temperatura. Entre los factores o condiciones que afectan la dinámica del viento se encuentran la rotación terrestre y la fricción del aire con la superficie terrestre (Inzunza, 2006).

Una variable importante del estudio del aire es el movimiento vertical del viento, en específico cuando asciende, debido a la formación de nubes, que a su vez cuando se añaden otras variables

como zonas de baja presión y temperaturas elevadas, se producen fenómenos meteorológicos como los ciclones y tornados.

Uno de los fenómenos atmosféricos que representa al Golfo de México son los Frentes Fríos (FF) o mejor conocidos como “nortes” debido a de dónde provienen estos vientos. Estos fenómenos comienzan su aparición en la época de otoño y finalizan en la primavera, siendo el invierno la mayor presencia en el incremento de la magnitud del viento. La circulación que se genera en el Golfo de México induce vientos de gran intensidad en dirección norte con una magnitud mayor a los 100 km/h y con descensos de temperatura de 2°C hasta 15°C en un lapso de 24 h llegando a permanecer estas condiciones por un par de semanas. Otra característica asociada a los nortes es la precipitación debido a la humedad atmosférica y la sobreposición de la masa de aire caliente sobre la del aire frío (Luna, 2016).

Debido a la ubicación del SA, éste es propenso a la llegada de Frentes Fríos. De acuerdo con el Resumen Anual de Frentes Fríos que afectaron Aguas y Costas Mexicanas (2018 -2019) de la Secretaría de Marina, la temporada de FF comprendió desde mediados de septiembre 2018 hasta mayo 2019 con un total de 60, siendo el FF No. 10 el más intenso de la temporada, impulsado por un anticiclón con centro de 1034 mb con vientos sostenidos de 45.0 nudos (83.3km/h) y olas de 20.0 ft (6.0 m) en el oeste del Golfo de México. La EMAS emplazada en Isla Sacrificios, Veracruz; registró viento sostenido de 42.1 nudos (77.9 km/h) y rachas de 52.7 nudos (97.6 km/h) el 13 de noviembre de 2018 a las 12:00 horas “S”. De los lugares más afectados se menciona al puerto de Tuxpan, Veracruz.

Cercano a la ubicación del SA se encuentra 1 estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional la cual reporta datos característicos de la dinámica del viento. En la Tabla IX-14 se muestran los promedios del lapso de tres meses de dirección del viento, dirección de ráfaga, humedad relativa, temperatura del aire, presión atmosférica, rapidez de ráfaga y velocidad del viento.

Tabla IX-14 Datos meteorológicos obtenidos de EMA

ESTACIÓN	Dirección del viento (°)	Dirección de ráfaga (°)	Humedad relativa (%)	Temperatura del aire (°C)	Presión Atmosférica (hpa)	Rapidez de ráfaga (km/h)	Velocidad del viento (km/h)
Ciudad Alemán	194.96	190.01	87.19	25.05	1010.05	0.29	0.02

Fuente: CNA (2022)

El viento predominante presenta una dirección Este sureste (ESE) con velocidades desde los 0.3 m/s hasta, siendo las máximas de 8.0 m/s en esta dirección. En menor proporción se encuentra la

dirección Nornoroeste (NNO) con una velocidad mayor, llegando hasta los 10.8 m/s.

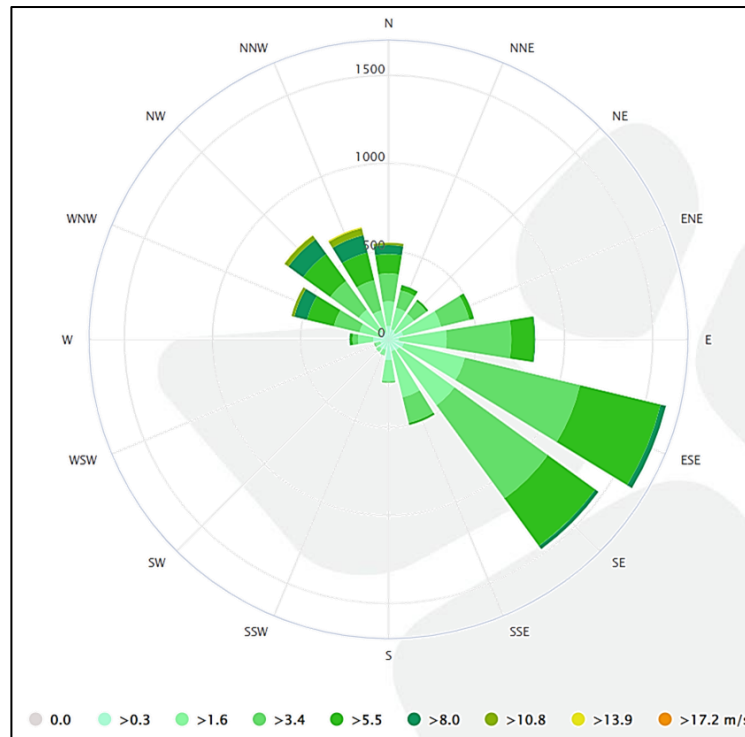


Figura. IX-35 Rosa de vientos del municipio de Tierra Blanca

Fuente: TEMA (2022)

IX.1.3.13 Aspectos Bióticos.

En este apartado se hace la descripción del Medio Biótico del SA. Para ello, se recabó información de Flora y Fauna de las entidades que se inscriben dentro del SA. La búsqueda contempló tanto fuentes oficiales como de estudios enfocados a la descripción de especies referentes a la entidad, así como del SA y el Área de Influencia directa.

Una de las fuentes de la que se basó la mayor parte de información fue el de EncicloVida. Esta plataforma digital de CONABIO (2019), proporciona datos de las especies, su distribución y hábitat, alimentación, comportamiento y reproducción. La información que proporciona proviene de distintas fuentes, como son: CONABIO, Encyclopedia of Life (EOL), Global Biodiversity Information Facility, Biodiversity Heritage Library, eBird, iNaturalist, y Naturalista, los cuales se actualizan periódicamente.

De acuerdo con lo anterior, en las siguientes secciones se exponen las características de la vegetación existente, su distribución, composición, diversidad, estado de conservación y principales agentes de disturbio incluyendo su naturaleza.

IX.1.3.14 Vegetación

Parte de los territorios de Veracruz poseen una gran diversidad biológica relacionada con la heterogeneidad del medio físico, como con su historia geológica y climática muy compleja, así como de la interfase del continente, el océano y la atmósfera. Ello ha dado origen a un gradiente biogeográfico tanto en riqueza de especies como de complejidad estructural, desplegándose a lo largo de un gradiente altitudinal que va desde el nivel del mar hasta las altas elevaciones.

Estas variaciones se observan con mayor impacto en el estado de Veracruz, que se encuentra en los límites de dos grandes regiones biogeográficas: la Neártica y la Neotropical. La complejidad topográfica y su cercanía con el Trópico de Cáncer, le confiere al estado una mezcla de especies templadas y tropicales, que da como resultado una alta biodiversidad y la conformación de comunidades únicas.

Así es posible encontrar varios tipos de vegetación que se distribuyen fundamentalmente paralelos a la costa: cálido húmedo en la costa, cálido subhúmedo en la planicie costera, templados húmedos en la parte este de la vertiente del Golfo de México (barlovento) y templado subhúmedo en la parte oeste de la vertiente (sotavento).

Los últimos datos indican (CONABIO, 2013) que el estado de Veracruz cuenta con 6,495 especies de plantas vasculares; siendo los estratos herbáceos, los de mayor riqueza con 4,601 especies, seguido de los arbustos (1,527 especies), árboles (1,177 especies) y bejucos (550 especies). Esto representan cerca del 27.7 % de del total nacional.

IX.1.3.15 Uso de suelo y Vegetación dentro del SA

El SA contempla en su totalidad un ecosistema terrestre, el cual abarca una parte del municipio de Tierra Blanca en el estado de Veracruz.

En cuanto a la proporción de mayor área que se integra en el SA, es dominado por áreas de agricultura destinadas principalmente al Pastizal Cultivado, además una pequeña porción donde presenta vegetación natural como es la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia.

Del registro obtenido en el portal de EncicloVida (CONABIO, 2022), se obtuvo una abundancia de 251 especies para el municipio de Tierra Blanca. La cantidad de especies endémicas registradas da un total de 22 especies.

La proporción entre abundancia de especies nativas, endémicas e invasoras en el municipio se presentan en la Figura. IX-36.

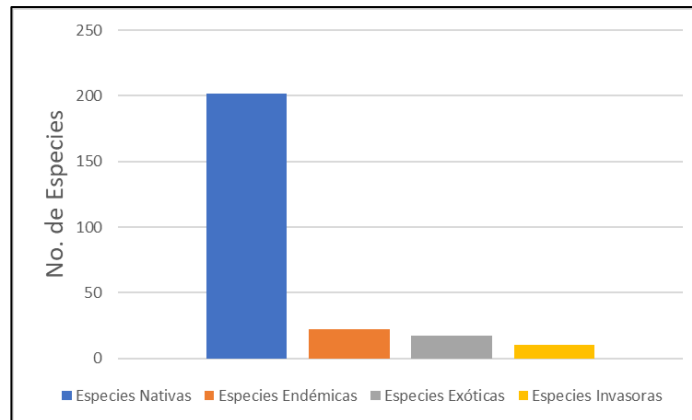


Figura. IX-36 Comparación del total de especies en el municipio de Tierra Blanca
Fuente: CONABIO (2022)

De acuerdo con los datos obtenidos de riqueza de especies, existe un total de 251 especies dentro del municipio, de las cuales 3 se encuentran en alguna categoría dentro de la **NOM-059-SEMARNAT-2010** “Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo”.

Del total de especies dentro de la norma, una (1) se encuentra en la categoría de amenazada, una (1) en peligro de extinción y una (1) están sujetas a protección (Figura. IX-37).

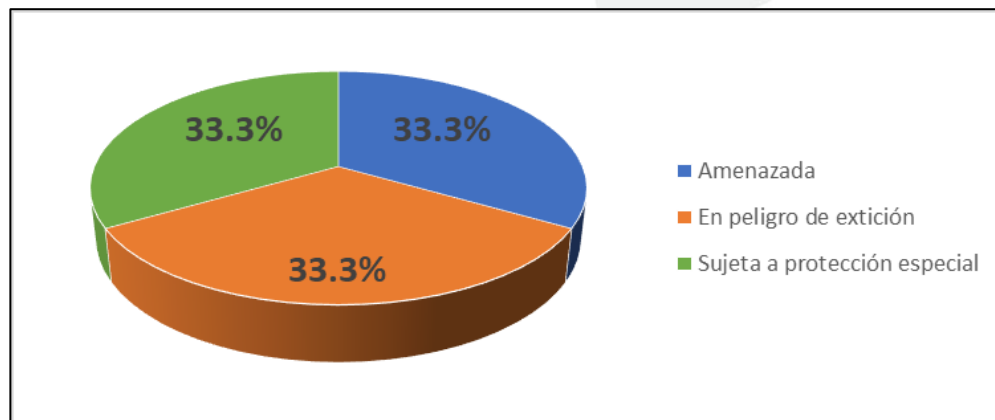


Figura. IX-37 Porcentaje de especies dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Fuente: CONABIO (2022)

IX.1.3.16 Inventario flora Sistema Ambiental y Área del Proyecto

Para poder proponer un diseño de muestreo se verificó primeramente el uso de suelo y los tipos de vegetación presentes en el área de proyecto y del Sistema Ambiental. Para esto se realizó una sobreposición de los polígonos respectivos y del con el conjunto de datos Vectoriales de la Carta

de Uso del suelo y Vegetación, Escala 1:250000, Serie VI, producido por el INEGI, en el año de 2018; dicha sobreposición nos indica el siguiente uso.

Tabla IX-15 Uso de suelo y vegetación dentro del SA

Sistema Ambiental		
Clave	Descripción	Superficie (ha)
AH	Asentamientos humanos	29.49
PC	Pastizal cultivado	88.74
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	4.05
TA	Agricultura de temporal anual	392.81
TAS	Agricultura de temporal anual y semipermanente	4866.81
VSa/SBC	Vegetación secundaria arbustiva de SBC	124.02
	Total	5,505.93

Fuente: TEMA (2022)

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. IX-38 Uso de suelo y vegetación

Fuente: INEGI (2018)

Para el inventario de flora se realizaron muestreos en campo para el Sistema Ambiental y para el Área del Proyecto. A continuación, se muestra los resultados obtenidos durante los trabajos de campo.

IX.1.3.17 Descripción de la metodología de muestreo de flora.

Material cartográfico utilizado.

Para poder planear los trabajos de campo se procedió a elaborar la cartografía base necesaria, misma que se elaboró con el material cartográfico que se enlista a continuación:

- Datos vectoriales Escala 1: 50,000 de las Cartas topográfica E14B69 (Joachín) y E14B79 (Los Naranjos), INEGI 2018.
- Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, serie VI (conjunto nacional).
- Polígono del proyecto en formato Shape, proporcionado por el promotor.
- Imagen Google Earth de fecha 16 de noviembre de 2021.

La cartografía está referenciada a la proyección UTM Zona 14Q y al Elipsoide WGS84.

Diseño e intensidad de muestreo.

Debido a que los tipos de vegetación en el área de proyecto no se distribuyen uniformemente, se decidió establecer un muestreo aleatorio simple, dirigido sobre las porciones con algún tipo de vegetación forestal observadas en la imagen satelital Google Earth. El muestreo fue con énfasis en las áreas de vegetación riberena o riparia. A continuación, se integra la intensidad de muestreo por cada tipo de vegetación.

Tabla IX-16. Intensidad de muestreo por cada uso de suelo encontrado en el proyecto.

Clave	Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Sitios muestreados	Superficie muestreada	IM (%)**
VRS	Vegetación Riparia Secundaria	4.0211	10	0.5	12.4
VSA/SBC	Vegetación Secundaria Arbórea de SBC	42.5226	13	0.65	1.5
VSh/SBC	Vegetación Secundaria herbácea de SBC*	27.7301	4	0.0004	0.001
	Total	147.6857			

*Solo se tomaron sitios de 1 x 1 para la vegetación secundaria herbácea de SBC.

**La intensidad de muestreo fue calculada en base a la reclasificación de Uso de suelo y los tipos de Vegetación.

En particular el Plano de muestreo Forestal (Figura IX 39), se integra la distribución de los sitios y en la siguiente tabla se presentan las coordenadas y los números de sitios establecidos para el Área del Proyecto y el Sistema ambiental.

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 IX-39. Plano de muestreo forestal

Tabla IX-17. Coordenadas de los sitios de muestreo levantados en el Sistema Ambiental.

No. de sitio	Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el Sistema Ambiental	
	X	Y
IXSA1	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.	
IXSA2		
IXSA3		
IXSA4		
IXSA5		
IXSA6		
IXSA7		
IXSA8		
IXSA9		
IXSA10		
IXSA11		
IXSA12		
IXSA13		
IXSA14		

No. de sitio	Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el Sistema Ambiental	
	X	Y
IXSA15	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.	
IXSA16		
IXSA17		
IXSA18		
IXSA19		
IXSA20		
IXSA21		
IXSA23		
IXSA24		
IXSA25		
IXSA26		
IXSA27		
IXSA28		

Tabla IX-18. Coordenadas de los sitios de muestreo levantados en el Área del Proyecto.

No. de sitio	Coordenadas UTM de los sitios de muestreo en el Polígono de Proyecto	
	X	Y
IXP1	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.	
IXP2		
IXP3		
IXP4		
IXP5		
IXP6		
IXP7		
IXP8		
IXP9		
IXP10		
IXP11		
IXP12		
IXP13		
IXP14		
IXP15		
IXP16		
IXP17		
IXP18		
IXP19		
IXP20		
IXP21		
IXP22		
IXP23		
IXP24		
IXP25		
IXP26		
IXP27		

Nota: El sitio IXSA22 se descartó debido a que no se encontró ningún tipo de vegetación

Forma y tamaño de los sitios de muestreo.

Para poder establecer la forma y tamaño de los sitios de muestreo, se definieron tres estratos que fueron: Alto, Medio y Bajo. La clasificación se realizó principalmente por las alturas de las especies distribuidas en Selva Baja.

Los sitios de muestreo empleados fueron de forma circular y cuadrangular, de diferentes tamaños según el estrato muestreado, dichos diseños que se sustentan en lo descrito por Romahn y Ramírez (2010) que mencionan: “Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las posibilidades y tiempo disponibles, de tal manera que podamos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, triangulares, romboidales, irregulares, etcétera. Además de esto, también se consideraron las especificaciones técnicas descritas en el manual de la CONAFOR-SEMARNAT (2011) para muestreo de zonas tropicales de México (Selvas Altas, Medianas, Selvas Bajas, Peten, Selva de Galería, Manglar, Popal, Tular y Vegetación halófila-hidrófila).

A continuación, se describe la forma y tamaño de los sitios empleados en cada uno de los estratos de la vegetación.

Estrato alto: Para la medición de las variables dasométricas del estrato alto, se contemplaron todos los elementos leñosos, subleñosos y suculentos con alturas $\geq 3\text{m}$, donde se emplearon sitios de forma circular, con radio de 12.61 m o el equivalente a una superficie de 500 m². El tamaño de cada sitio cumple con las condiciones de unidad mínima de muestreo descrito por Muller-Dombois y Ellenberg (1974), en el cual consideran una superficie de entre 30 y 100 m².

Estrato medio: El estrato medio se registró como subsitio dentro de cada sitio de muestreo levantado para el estrato alto; para este estrato se utilizó un sitio cuadrangular de 3 x 3 metros, lo que arroja un área de 9 m² por unidad de muestreo. En este estrato se contemplaron todos los elementos leñosos y de especies suculentas arbustivas, con alturas $< 3\text{m}$, pero mayores o iguales a 1.3 metros.

Estrato bajo: La población de especies herbáceas, suculentas y arbóreas en regeneración, se evaluó empleando un cuadrante de 1 x 1 metros (1m²), ubicándolo como un punto intermedio en el centro del sitio de muestreo establecido para el estrato alto y medio. En este cuadrante se cuantificaron y midieron todos los individuos por especie que tuvieran una altura menor a 1.30 metros.

IX.1.3.18 Área del Proyecto (AP).**Estructura horizontal (Promedios de altura. Área basal, cobertura y volumen).****Estrato alto.**

A continuación, se presenta el desglose de los principales parámetros estructurales de los elementos del estrato alto, por especie presente en cada USyV dentro del Área del Proyecto, esto con el fin de tener en consideración el comportamiento estructural de dichos elementos dentro de cada USyV y respecto al comportamiento que se tiene en el Sistema Ambiental.

Para la Vegetación Riparia Secundaria (VRS), la especie predominante con el mayor número de individuos es *Guazuma ulmifolia* (111), seguido de *Coccoloba barbadensis* (39) y *Cordia alliodora* (39). *Sabal mexicana* (40.21 cm), *Schizolobium parahyba* (20.44 cm) y *Gliricidia sepium* (18.60) presentan los mayores diámetros normales. En cuanto a área basal: *Sabal mexicana* (3.1741 m²/ha), *Guazuma ulmifolia* (2.9708 m²/ha), *Coccoloba barbadensis* (1.7743 m²/ha), y *Cordia alliodora* (1.5622 m²/ha). Por cobertura las especies con mayor valor son: *Guazuma ulmifolia* (3303.9015 m²/ha), *Coccoloba barbadensis* (1136.9647 m²/ha) y *Cordia alliodora* (965.0603 m²/ha). La especie con mayor volumen es *Cordia alliodora* (10.3019 m³/ha), seguido de *Guazuma ulmifolia* (9.6373 m³/ha) y *Sabal mexicana* (8.8358 m³/ha).

Con respecto a la Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia (VS-A/SBC), la especie predominante con el mayor número de individuos es *Guazuma ulmifolia* (222), seguido de *Bauhinia ungulata* (28) y *Sabal mexicana* (39). *Attalea butyracea* (47.23 cm), *Sabal mexicana* (42.90 cm) y *Spondias purpurea* (31.65 cm) son los que presentan los mayores diámetros normales.

En cuanto a área basal: *Guazuma ulmifolia* (5.9739 m²/ha), *Sabal mexicana* (5.4252 m²/ha) y *Gliricidia sepium* (1.0852 m²/ha). Por cobertura las especies más relevantes son: *Guazuma ulmifolia* (6923.3010 m²/ha), *Schizolobium parahyba* (1446.9484 m²/ha) y *Gliricidia sepium* (1284.1290 m²/ha). La especie con mayor volumen es *Guazuma ulmifolia* (22.2103 m³/ha), seguido de *Sabal mexicana* (19.1041 m³/ha) y *Schizolobium parahyba* (9.4438 m³/ha).

Tabla IX-19. Principales componentes de la estructura horizontal del estrato alto del Proyecto (área basal, cobertura y volumen) inferida a hectáreas por tipo de USyV.

USyV	Especie	Número de individuos	Altura (m)	Diámetro Normal (DN=cm)	Densidad (ind/ha)	Área basal por hectárea (m ² /ha)	Cobertura por hectárea (m ² /ha)	Volumen por hectárea (m ³ /ha)
VRS	<i>Acacia cornigera</i>	12	5.79	6.68	24.00	0.0864	89.6495	0.4493
	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	6	3.53	13.17	12.00	0.1643	9.4248	0.2874
	<i>Achatocarpus nigricans</i>	8	4.31	8.04	16.00	0.0972	146.5753	0.3344
	<i>Asimina triloba</i>	2	5.50	12.29	4.00	0.0504	76.1838	0.1579
	<i>Bauhinia unguolata</i>	9	5.17	6.36	18.00	0.0595	198.3135	0.1882
	<i>Bursera simaruba</i>	2	4.05	9.87	4.00	0.0332	25.5255	0.1744
	<i>Carica papaya</i>	2	5.00	6.50	4.00	0.0140	5.1051	0.0350
	<i>Coccoloba barbadensis</i>	39	6.09	14.88	78.00	1.7743	1136.9647	6.4735
	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	9	7.44	16.03	18.00	0.5556	263.5017	2.2584
	<i>Cordia alliodora</i>	39	6.82	13.93	78.00	1.5622	965.0603	10.3019
	<i>Ficus insipida</i>	1	8.00	12.73	2.00	0.0255	22.0894	0.1056
	<i>Gliricidia sepium</i>	9	7.22	18.60	18.00	0.6857	445.3218	2.4890
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	111	5.68	12.01	222.00	2.9708	3302.9015	9.6373
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	15	8.53	13.06	30.00	0.4708	891.4290	2.4016
	<i>Lonchocarpus spp.</i>	7	6.57	13.07	14.00	0.3268	227.7660	1.4283
	<i>Parmentiera aculeata</i>	5	4.20	6.22	10.00	0.0310	81.6816	0.0828
	<i>Piscidia piscipula</i>	4	6.50	21.19	8.00	0.4840	246.6156	1.6765
	<i>Pisonia aculeata</i>	16	4.48	11.57	32.00	0.4334	747.5045	1.1559
	<i>Pithecellobium dulce</i>	5	5.60	10.57	10.00	0.0991	139.4085	0.3654
	<i>Randia aculeata</i>	1	6.00	15.68	2.00	0.0386	47.5167	0.1234
	<i>Sabal mexicana</i>	10	5.71	40.21	20.00	3.1741	332.2242	8.8358
	<i>Schizolobium parahyba</i>	11	8.82	20.44	22.00	0.7913	414.2985	6.3603
	<i>Spondias mombin</i>	2	6.50	17.67	4.00	0.0982	45.9459	0.6191
	<i>Tabebuia rosea</i>	2	6.00	8.12	4.00	0.0213	19.6350	0.1418
VS-A/SBC	<i>Acacia cornigera</i>	1	6.00	8.00	1.54	0.0077	4.8332	0.0391
	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	1	4.00	13.96	1.54	0.0236	24.4682	0.0471
	<i>Achatocarpus nigricans</i>	7	5.14	10.00	10.77	0.1184	160.7049	0.5235
	<i>Acrocomia aculeata</i>	5	6.60	24.60	7.69	0.4083	130.7993	1.6219
	<i>Attalea butyracea</i>	3	7.33	47.23	4.62	0.8384	138.0492	3.3852
	<i>Bauhinia unguolata</i>	28	5.89	8.99	43.08	0.3287	631.0387	1.1350
	<i>Bursera simaruba</i>	3	7.67	24.88	4.62	0.4486	286.9731	3.0742
	<i>Coccoloba barbadensis</i>	16	5.28	12.27	24.62	0.3993	285.4627	1.3893
	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	1	8.00	17.83	1.54	0.0384	14.8018	0.1525

USyV	Especie	Número de individuos	Altura (m)	Diámetro Normal (DN=cm)	Densidad (ind/ha)	Área basal por hectárea (m ² /ha)	Cobertura por hectárea (m ² /ha)	Volumen por hectárea (m ³ /ha)
	<i>Cordia alliodora</i>	11	6.64	10.13	16.92	0.1674	304.1915	1.1452
	<i>Ficus insipida</i>	1	15.00	25.78	1.54	0.0803	220.2141	0.5081
	<i>Gliricidia sepium</i>	45	8.53	12.99	69.23	1.0852	1284.1290	4.8224
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	222	6.80	13.71	341.54	5.9739	6923.3010	22.2104
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	16	7.81	11.06	24.62	0.2771	420.7932	1.2029
	<i>Parmentiera aculeata</i>	10	5.30	10.39	15.38	0.1576	206.3185	0.4858
	<i>Piscidia piscipula</i>	7	8.71	18.61	10.77	0.4831	300.5665	2.4565
	<i>Pisonia aculeata</i>	2	4.50	16.22	3.08	0.0636	111.4664	0.1597
	<i>Pithecellobium dulce</i>	7	6.14	10.70	10.77	0.1232	145.2990	0.4174
	<i>Sabal mexicana</i>	22	6.28	42.90	33.85	5.4252	584.2168	19.1041
	<i>Schizolobium parahyba</i>	15	9.93	21.54	23.08	1.0520	1446.9485	9.4438
	<i>Spondias mombin</i>	2	8.50	16.15	3.08	0.0638	49.5406	0.4722
	<i>Spondias purpurea</i>	2	6.50	31.65	3.08	0.2427	66.7590	0.7670

Vegetación Riparia (VR), Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia (VS-A/SBC)

Estrato medio.

Para la Vegetación Riparia Secundaria (VRS), la especie predominante con el mayor número de individuos es *Celtis iguanaea* (9) seguido de *Neea psychotrioides* (8) y *Cordia alliodora* (5). Los mayores diámetros normales lo tienen las siguientes especies: *Attalea butyracea* (10 cm), *Guazuma ulmifolia* (6.17 cm) y *Nopalea dejecta* (5 cm). En cuanto a área basal, las que mayor contribuyen son: *Guazuma ulmifolia* (0.03334 m²/ha), *Celtis iguanaea* (0.02183 m²/ha) y *Attalea butyracea* (0.01571 m²/ha). Por cobertura las especies con mayor relevancia son: *Celtis iguanaea* (102.1020 m²/ha), *Coccoloba barbadensis* (12.0462 m²/ha) y *Neea psychotrioides* (11.2793 m²/ha).

Con respecto a la Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia (VS-A/SBC), la especie predominante con el mayor número de individuos es *Bauhinia ungulata* (14), seguido de *Parmentiera aculeata* (11), *Bromelia pinguin* y *Guazuma ulmifolia* (ambos con 7 individuos). Por diámetro normal, las siguientes presentan los mayores valores: *Sabal mexicana* (20 cm), *Bromelia pinguin* (19.57 cm), y *Nopalea dejecta* (8.40 cm). En cuanto a área basal, se encuentra: *Bromelia pinguin* (0.3805 m²/ha), *Parmentiera aculeata* (0.0809 m²/ha) y *Sabal mexicana* (0.0483 m²/ha). Las especies con mayor cobertura son: *Bauhinia ungulata* (55.3277 m²/ha), *Bromelia pinguin* (33.1529 m²/ha) y *Guazuma ulmifolia* (25.2272 m²/ha).

Tabla IX-20. Principales componentes de la estructura horizontal del estrato medio del Proyecto (diámetro normal, área basal, cobertura, densidad) inferida a hectáreas por tipo de USV.

USyV	Especie	Número de individuos	Altura (m)	Diámetro Normal (DN=cm)	Densidad (ind/ha)	Área basal por hectárea (m ² / ha)	Cobertura por hectárea (m ² /ha)
VRS	<i>Acacia cornigera</i>	1	1.30	1.00	2.00	0.00016	0.0353
	<i>Attalea butyracea</i>	1	1.50	10.00	2.00	0.01571	6.2832
	<i>Bauhinia unguolata</i>	1	1.30	1.00	2.00	0.00016	0.2513
	<i>Carica papaya</i>	1	2.10	2.00	2.00	0.00063	0.2209
	<i>Celtis iguanaea</i>	9	5.44	3.89	18.00	0.02183	102.1020
	<i>Coccoloba barbadensis</i>	4	1.54	2.05	8.00	0.00428	12.0462
	<i>Cordia alliodora</i>	5	1.60	1.00	10.00	0.00079	3.9790
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	3	2.43	6.17	6.00	0.03334	6.2400
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	1	2.50	3.00	2.00	0.00141	2.4544
	<i>Maclura tinctoria</i>	1	1.35	1.00	2.00	0.00016	1.4176
	<i>Neea psychotrioides</i>	8	1.91	2.15	16.00	0.00687	11.2793
	<i>Nopalea dejecta</i>	1	1.30	5.00	2.00	0.00393	0.8602
	<i>Oplismenus hirtellus</i>	1	1.50	0.50	2.00	0.00004	0.0286
	<i>Pithecellobium dulce</i>	2	2.00	1.00	4.00	0.00031	3.1416
	<i>Ricinus communis spp.</i>	1	1.80	4.00	2.00	0.00251	1.0053
	<i>Rubus spp.</i>	2	1.42	2.85	4.00	0.00400	0.0894
VS-A/SBC	<i>Schizolobium parahyba</i>	1	1.60	0.70	2.00	0.00008	0.1924
	<i>Triumfetta bogotensis</i>	3	1.40	0.50	6.00	0.00012	0.5384
	<i>Acacia cornigera</i>	2	1.95	1.50	3.08	0.00060	0.7552
	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	1	3.00	7.00	1.54	0.00592	1.8880
	<i>Bauhinia unguolata</i>	14	2.43	2.54	21.54	0.01471	55.3277
	<i>Bromelia pinguin</i>	7	1.47	19.57	10.77	0.38050	33.1529
	<i>Carica cauliflora</i>	2	1.75	2.00	3.08	0.00097	1.2944
	<i>Ceiba pentandra</i>	1	1.30	1.00	1.54	0.00012	0.3655
	<i>Celtis iguanaea</i>	1	4.00	2.00	1.54	0.00048	10.8748
	<i>Coccoloba barbadensis</i>	4	2.08	1.75	6.15	0.00163	5.0840
	<i>Cordia alliodora</i>	1	3.00	3.00	1.54	0.00109	2.7187
	<i>Gliricidia sepium</i>	5	2.36	4.35	7.69	0.02963	5.3553
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	2.55	4.23	10.77	0.02468	25.2272
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	5	2.07	1.40	7.69	0.00133	4.2487
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	2	1.83	0.40	3.08	0.00004	0.6102
	<i>Neea psychotrioides</i>	2	1.43	0.75	3.08	0.00015	0.3499
	<i>Nopalea dejecta</i>	5	2.30	8.40	7.69	0.04471	5.2622
	<i>Parmentiera aculeata</i>	11	1.78	5.56	16.92	0.08096	20.0375
	<i>Piscidia piscipula</i>	5	1.96	1.80	7.69	0.00230	5.6942
	<i>Rubus spp.</i>	2	1.38	2.75	3.08	0.00305	0.0446
	<i>Sabal mexicana</i>	1	3.00	20.00	1.54	0.04833	4.8332
	<i>Schizolobium parahyba</i>	2	2.65	2.50	3.08	0.00157	0.9070
	<i>Tabebuia rosea</i>	1	1.30	1.00	1.54	0.00012	0.3021
	<i>Zamia loddigesii</i>	1	1.30	3.00	1.54	0.00109	0.5921

Vegetación Riparia (VR), Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia (VS-A/SBC)

Estrato bajo.

Para la **Vegetación Riparia Secundaria (VRS)**, la especie con el mayor número de individuos es *Triumfetta bogotensis* (31) seguido de *Oplismenus hirtellus* (13) y *Acacia cornigera* (10). Por cobertura las especies relevantes son: *Bromelia pinguin* (9.4248 m²/ha), *Sabal mexicana* (1.0996 m²/ha) e *Hyparrhenia rufa* (0.3623 m²/ha).

Con respecto a la **Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia (VS-A/SBC)**, la especie predominante con el mayor número de individuos es *Bauhinia unguata* y *Triumfetta bogotensis* (ambos con 20 individuos), seguido de *Oplismenus hirtellus* (15) y *Sabal mexicana* (10). Las especies con mayor cobertura son: *Sabal mexicana* (2.0408 m²/ha), *Piscidia piscipula* (1.0875 m²/ha) y *Oplismenus hirtellus* (0.9508 m²/ha).

En lo que corresponde a la Vegetación Secundaria herbácea de **Selva Baja Caducifolia (VS-h/SBC)**, la especie con el mayor número de individuos es *Centrosema virginianum* (6), seguido de *Paspalum pubiflorum* (5) y *Malachra fasciata* (4). Estas mismas especies presentan la mayor cobertura, por orden de relevancia son: *Malachra fasciata* (15.2760 m²/ha), *Centrosema virginianum* (10.1906 m²/ha) y *Paspalum pubiflorum* (7.3341 m²/ha).

Tabla IX-21. Principales componentes de la estructura horizontal del estrato bajo del Proyecto (cobertura y densidad) inferida a hectáreas por tipo de USyV.

USyV	Especie	Número de individuos	Altura (cm)	Cobertura Total (m ²)	Densidad (individuo/ha)	Cobertura por hectárea (m ² /ha)
VRS	<i>Acacia cornigera</i>	10	30.50	0.0105	22.22	0.2334
	<i>Achatocarpus nigricans</i>	3	22.00	0.0413	6.67	0.2751
	<i>Bauhinia unguata</i>	1	9.00	0.0009	2.22	0.0021
	<i>Bromelia pinguin</i>	2	100.00	2.1206	4.44	9.4248
	<i>Carica papaya</i>	1	85.00	0.0035	2.22	0.0079
	<i>Celtis iguanaea</i>	2	17.50	0.0401	4.44	0.1780
	<i>Coccoloba barbadensis</i>	3	26.67	0.0228	6.67	0.1517
	<i>Cyperus odoratus</i>	2	18.00	0.0204	4.44	0.0908
	<i>Elytraria imbricata</i>	1	34.00	0.0377	2.22	0.0838
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	7	47.86	0.0216	15.56	0.3362
	<i>Hyparrhenia rufa</i>	4	77.50	0.0408	8.89	0.3623
	<i>Hyperbaena mexicana</i>	1	36.00	0.0094	2.22	0.0209
	<i>Ipomoea</i> spp.	1	17.00	0.0006	2.22	0.0014
	<i>Oplismenus hirtellus</i>	13	48.69	0.0052	28.89	0.1511
	<i>Parmentiera aculeata</i>	2	35.00	0.0285	4.44	0.1265
	<i>Paullinia</i> sp.	1	79.00	0.0942	2.22	0.2094

USyV	Especie	Número de individuos	Altura (cm)	Cobertura Total (m²)	Densidad (individuo/ha)	Cobertura por hectárea (m²/ha)
	<i>Pisonia aculeata</i>	1	72.00	0.0470	2.22	0.1044
	<i>Ricinus communis</i>	1	115.00	0.0177	2.22	0.0393
	<i>Rubus</i> spp.	3	44.00	0.0060	6.67	0.0400
	<i>Sabal mexicana</i>	2	65.00	0.2474	4.44	1.0996
	<i>Triumfetta bogotensis</i>	31	25.00	0.0036	68.89	0.2505
VS-A/SBC	<i>Achatocarpus nigricans</i>	1	18.00	0.0353	1.54	0.0544
	<i>Acrocomia aculeata</i>	2	55.00	0.0668	3.08	0.2054
	<i>Bauhinia unguolata</i>	20	41.90	0.0255	30.77	0.7838
	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	1	60.00	0.0063	1.54	0.0097
	<i>Cyperus odoratus</i>	1	70.00	0.0754	1.54	0.1160
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	12.50	0.0069	3.08	0.0213
	<i>Ipomoea</i> spp.	1	80.00	0.0254	1.54	0.0390
	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	6	26.67	0.0299	9.23	0.2759
	<i>Lygodium venustum</i>	1	20.00	0.1178	1.54	0.1812
	<i>Malvaviscus arboreus</i>	3	40.00	0.0068	4.62	0.0314
	<i>Oplismenus hirtellus</i>	15	36.00	0.0412	23.08	0.9508
	<i>Parmentiera aculeata</i>	7	52.57	0.0808	10.77	0.8702
	<i>Piscidia piscipula</i>	3	120.00	0.2356	4.62	1.0875
	<i>Pithecellobium dulce</i>	8	41.25	0.0261	12.31	0.3210
	<i>Rubus</i> spp.	2	115.00	0.1217	3.08	0.3746
	<i>Sabal mexicana</i>	10	42.00	0.1327	15.38	2.0408
	<i>Solanum myriacanthum</i>	1	110.00	0.2356	1.54	0.3625
	<i>Triumfetta bogotensis</i>	20	26.10	0.0287	30.77	0.8822
VS-h/SBC	<i>Abutilon abutiloides</i>	1	80.00	0.2160	5.00	1.0799
	<i>Abutilon</i> spp.	1	120.00	0.0220	5.00	0.1100
	<i>Centrosema virginianum</i>	6	21.67	0.3397	30.00	10.1906
	<i>Cynodon dactylon</i>	2	15.00	0.0571	10.00	0.5714
	<i>Echinochloa colona</i>	1	20.00	0.1414	5.00	0.7069
	<i>Evolvulus nummularius</i>	1	40.00	0.0778	5.00	0.3888
	<i>Hyparrhenia rufa</i>	1	130.00	0.0990	5.00	0.4948
	<i>Malachra fasciata</i>	4	73.75	0.7638	20.00	15.2760
	<i>Melochia pyramidata</i>	2	60.00	0.0752	10.00	0.7516
	<i>Mimosa albida</i>	1	120.00	0.1806	5.00	0.9032
	<i>Mimosa pudica</i>	1	35.00	0.0377	5.00	0.1885
	<i>Mucuna pruriens</i>	3	10.00	0.0942	15.00	1.4137
	<i>Panicum virgatum</i>	2	75.00	0.3498	10.00	3.4982
	<i>Paspalum pubiflorum</i>	5	108.00	0.2934	25.00	7.3341
	<i>Scleria macrophylla</i>	1	28.00	0.1634	5.00	0.8168

USyV	Especie	Número de individuos	Altura (cm)	Cobertura Total (m ²)	Densidad (individuo/ha)	Cobertura por hectárea (m ² /ha)
	<i>Senna corymbosa</i>	1	14.00	0.0339	5.00	0.1696

Vegetación Riparia (VR), Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Caducifolia (VS-A/SBC), Vegetación Secundaria Herbácea de Selva Baja Caducifolia (VS-h/SBC).

IX.1.3.19 Resultados de fauna

Fauna registrada en campo.

Como resultado de los sitios muestreados, se registraron un total de 98 especies de vertebrados agrupados en 3 clases: aves, reptiles y mamíferos.

Por grupo de fauna, el que registró mayor cantidad de especies fueron las aves con 81 especies, seguida de los mamíferos con 11 especies y reptiles con 6 especies.

Aves.

Las 81 especies de aves están distribuidas en 33 familias de las cuales, la que presento un mayor número de especies registradas fue *Parulidae* compuestas por diversas especies de chipes o aves pequeñas seguida de la familia *Icteridae* representada por tordos y calandrias; le sigue la familia *Tyrannidae* representada por *pirangas*, papamoscas, *tiranos* y *luices*.

Además de la abundancia de especies por familia, también es notoria la presencia de otras familias de aves las cuales son frecuentes de observar en el área de estudio, por lo general están caracterizadas por ser especies pequeñas con hábitos alimenticios en donde gustan de andar hurgando entre las ramas y hojas de los árboles e incluso, en el caso de los carpinteros hacer perforaciones para crear sus nidos u obteniendo su alimento.





Figura IX-40 Especies comunes de aves fotografiadas dentro del área de estudio. Carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*), chipe trepador (*Mniotilta varia*), matraquita (*Campylorhynchus jocosus*) y perlita azulgris (*Polioptila caerulea*)

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Por el contrario, existen otras especies que son escasas o que pueden verse solo ocasionalmente, una razón es porque no son tan abundantes y otra es que son más tímidas y gustan de permanecer cerca de las zonas arboladas más densas en donde es difícil verlas. Generalmente pueden ser aves de colores vivos lo que las hace ser mayormente apreciadas cuando es posible visualizarlas. Como ejemplo, están los *tucanes*, las *oropéndolas*, algunos *colibríes*, las *coas* o *trogones*, *azulejos*, *colorines*, *pericos* y *piringas rojas*.





Figura IX-41. Especies de aves poco comunes fotografiadas dentro del área de estudio. Oropéndola (*Psarocolius Montezuma*), piringa roja (*Piranga rubra*), Coa (*Trogon caligatus*) y tucan pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*)

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

La representación gráfica de las distintas familias de aves, así como el número registrado de especies para cada una de ellas se muestran en la figura siguiente:

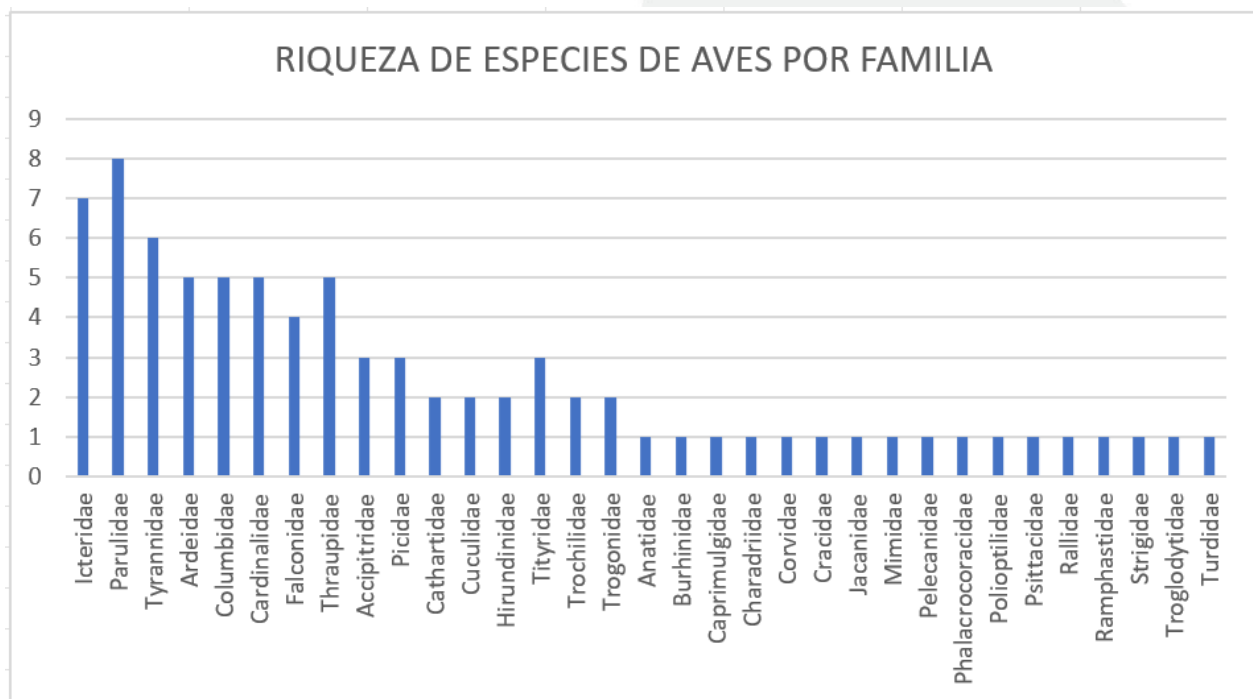


Figura IX-42. Gráfico de familias de aves con mayor número de especies registradas

El listado de todas las especies de aves identificadas en el SA y AP se detalla a continuación:

Tabla IX-22. Listado de especies de aves registradas durante los muestreos de campo.

CLAS E	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)	Registro dentro del área proyecto	Registro en el sistema ambiental
AVES	Accipitridae	Aguililla Caminera	<i>Rupornis magnirostris</i>		X	X
AVES	Accipitridae	Aguililla Gris	<i>Buteo plagiatus</i>			X
AVES	Burhinidae	Alcaraván Americano	<i>Burhinus bistriatus</i>			X
AVES	Tityridae	Cabezón Degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>			X
AVES	Icteridae	Calandria Capucha Negra	<i>Icterus graduacauda</i>		X	
AVES	Icteridae	Calandria Castaña	<i>Icterus spurius</i>			X
AVES	Icteridae	Calandria Dorso Negro Mayor	<i>Icterus gularis</i>		X	
AVES	Icteridae	Calandria Dorso Negro Menor	<i>Icterus cucullatus</i>			X
AVES	Falconidae	Caracara Quebrantahuesos	<i>Caracara cheriway</i>			X
AVES	Tityridae	Cabazon mexicano	<i>Pachyramphus major</i>		X	X
AVES	Picidae	Carpintero Cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>		X	
AVES	Picidae	Carpintero Lineado	<i>Dryocopus lineatus</i>			X
AVES	Picidae	Carpintero Mexicano	<i>Dryobates scalaris</i>			X
AVES	Falconidae	Cernícalo Americano	<i>Falco sparverius</i>		X	X
AVES	Cracidae	Chachalaca Oriental	<i>Ortalis vetula</i>		X	X
AVES	Corvidae	Chara Pea	<i>Psilorhinus morio</i>		X	X
AVES	Parulidae	Chipe Amarillo	<i>Setophaga petechia</i>		X	X
AVES	Parulidae	Chipe Charquero	<i>Parkesia noveboracensis</i>		X	X
AVES	Parulidae	Chipe de Magnolias	<i>Setophaga magnolia</i>			X
AVES	Parulidae	Chipe Encapuchado	<i>Setophaga citrina</i>			X
AVES	Parulidae	Chipe Grande	<i>Icteria virens</i>			X
AVES	Parulidae	Chipe Pecho Manchado	<i>Setophaga americana</i>		X	
AVES	Parulidae	Chipe Trepador	<i>Mniotilta varia</i>		X	X
AVES	Parulidae	Chipe de coronilla	<i>Oreothlypis ruficapilla</i>			X
AVES	Charadriidae	Chorlo Tildío	<i>Charadrius vociferus</i>			X
AVES	Trogonidae	Coa Cabeza Negra	<i>Trogon melanocephalus</i>			X
AVES	Trogonidae	Coa Violácea Norteña	<i>Trogon caligatus</i>			X
AVES	Trochilidae	Colibrí Garganta Negra	<i>Anthracothonax prevostii</i>			X
AVES	Trochilidae	Colibrí Vientre Canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>		X	X
AVES	Cardinalidae	Colorín Azul	<i>Passerina cyanea</i>		X	X
AVES	Cardinalidae	Colorín Sietecolores	<i>Passerina ciris</i>	A endemica		X
AVES	Phalacrocoracidae	Cormoran neotropical	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>			X
AVES	Cuculidae	Cuculillo Canelo	<i>Piaya cayana</i>		X	X
AVES	Thraupidae	Eufonia Garganta Amarilla	<i>Euphonia hirundinacea</i>		X	X
AVES	Ardeidae	Garcita Verde	<i>Butorides virescens</i>		X	X
AVES	Cuculidae	Garra patero Pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>		X	X
AVES	Ardeidae	Garza Blanca	<i>Ardea alba</i>			X
AVES	Ardeidae	Garza Dedos Dorados	<i>Egretta thula</i>			X

CLAS E	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)	Registro dentro del área proyecto	Registro en el sistema ambiental
AVES	Ardeidae	Garza Ganadera	<i>Bubulcus ibis</i>		X	X
AVES	Ardeidae	Garza Morena	<i>Ardea herodias</i>			X
AVES	Hirundinidae	Golondrina Alas Aserradas	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>		X	X
AVES	Hirundinidae	Golondrina Tijereta	<i>Hirundo rustica</i>		X	X
AVES	Falconidae	Halcón Fajado	<i>Falco femoralis</i>	A no endemica	X	X
AVES	Falconidae	Halcón Guaco	<i>Herpetotheres cachinnans</i>			X
AVES	Jacanidae	Jacana Norteña	<i>Jacana spinosa</i>			X
AVES	Psittacidae	Loro Cachetes Amarillos	<i>Amazona autumnalis</i>	A no endemica		X
AVES	Tyrannidae	Luis Bienteveo	<i>Pitangus sulphuratus</i>		X	X
AVES	Tyrannidae	Luisito Común	<i>Myiozetetes similis</i>		X	X
AVES	Troglodytidae	Matraca del Balsas	<i>Campylorhynchus jocosus</i>		X	X
AVES	Mimidae	Maulador Gris	<i>Dumetella carolinensis</i>		X	X
AVES	Accipitridae	Milano Cola Blanca	<i>Elanus leucurus</i>		X	X
AVES	Turdidae	Mirlo Café	<i>Turdus grayi</i>		X	X
AVES	Icteridae	Oropéndola de Moctezuma	<i>Psarocolius montezuma</i>	Pr no endemica		X
AVES	Columbidae	Paloma Morada	<i>Patagioenas flavirostris</i>			X
AVES	Columbidae	Paloma Turca de Collar	<i>Streptopelia decaocto</i>			X
AVES	Tyrannidae	Papamoscas Chico	<i>Empidonax minimus</i>		X	X
AVES	Pelecanidae	Pelícano Blanco Americano	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>			X
AVES	Poliptilidae	Perlita Azulgrís	<i>Poliptila caerulea</i>		X	X
AVES	Cardinalidae	Picogordo Degollado	<i>Pheucticus ludovicianus</i>			X
AVES	Cardinalidae	Picogordo azul	<i>Passerina caerulea</i>		X	X
AVES	Anatidae	Pijje Alas Blancas	<i>Dendrocygna autumnalis</i>			X
AVES	Cardinalidae	Piranga Roja	<i>Piranga rubra</i>			X
AVES	Rallidae	Rascón Nuca Canela	<i>Aramides albiventris</i>			X
AVES	Thraupidae	Semillero Brincador	<i>Volatinia jacarina</i>		X	X
AVES	Thraupidae	Semillero de Collar	<i>Sporophila moreletii</i>		X	
AVES	Thraupidae	Tangara Alas Amarillas	<i>Thraupis abbas</i>			X
AVES	Thraupidae	Tangara Azulgrís	<i>Thraupis episcopus</i>		X	X
AVES	Caprimulgidae	Tapacaminos de Carolina	<i>Antrostomus carolinensis</i>			X
AVES	Strigidae	Tecolote Bajefío	<i>Glaucidium brasilianum</i>		X	X
AVES	Tyrannidae	Tirano Pirirí	<i>Tyrannus melancholicus</i>		X	X
AVES	Tyrannidae	Tirano Tijereta Gris	<i>Tyrannus savana</i>			X
AVES	Tyrannidae	Tirano Tijereta Rosado	<i>Tyrannus forficatus</i>			X
AVES	Tityridae	Titira Puerquito	<i>Tityra semifasciata</i>			X
AVES	Icteridae	Tordo de ojos rojos	<i>Molothrus aeneus</i>		X	X
AVES	Columbidae	Tortolita Canela	<i>Columbina talpacoti</i>		X	X
AVES	Columbidae	Tortolita Cola Larga	<i>Columbina inca</i>		X	X
AVES	Columbidae	Tortolita Pico Rojo	<i>Columbina passerina</i>		X	X
AVES	Ramphastidae	Tucán Pico Canoa	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	A no endemica		X

CLAS E	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)	Registro dentro del área proyecto	Registro en el sistema ambiental
AVES	Icteridae	Zanate Mayor	<i>Quiscalus mexicanus</i>		X	X
AVES	Cathartidae	Zopilote Aura	<i>Cathartes aura</i>		X	X
AVES	Cathartidae	Zopilote Común	<i>Coragyps atratus</i>		X	X

Categorías: Pr= Protección Especial, A= Amenazada, P= Peligro de extinción

Grupos de aves relevantes:

De forma general las distintas especies de aves registradas en el área del proyecto, así como en las inmediaciones que comprende el sistema ambiental, es posible catalogarlas en algunos grupos principales ya que muchas de ellas presentan hábitos o forma de alimentación comunes. Los grupos para resaltar fueron 4: aves rapaces o de presa, aves acuáticas, aves semilleras o forrajeras y aves afines a potreros o espacios perturbados.

El primer grupo son las aves rapaces las cuales se caracterizan porque cazan a sus presas desde lo alto, generalmente las asechan desde la copa de los árboles o cualquier estructura alta como lo pueden ser postes o torres de luz, atrapándolas con sus patas y desgarrando a la presa con sus picos. La presencia de este grupo de aves es un indicador de que el ecosistema aún conserva las cadenas tróficas y existe disponibilidad de alimento. En conjunto estas aves juegan un papel importante dentro de la cadena alimenticia; al ser consumidores secundarios, fungen como controladores de la población silvestre de consumidores primarios, evitando que se convierta en plaga y causen, en algunos de los ecosistemas existentes un desequilibrio ecológico. Existen diferentes familias de este orden, de los más conocidos son los halcones, águilas, gavilanes y aves de carroña. En el área de estudio son comunes las aguilillas camineras, los zopilotes y auras. De manera ocasional es posible ver algunos ejemplares de milanos blancos, halcones fajados, cernícalos, carca caras, halcón huaco y aguililla gris.



Figura IX-43. Especies de aves fotografiadas durante los muestreos: Cernícalo americano (*Falco sparverius*), milano cola blanca (*Elanus leucurus*), halcón fajado (*Falco femoralis*) y aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*)

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

En lo que respecta a las aves acuáticas estas presentan una afinidad hacia las zonas inundables o de humedal; por lo general las hay de carácter estricto en donde sin las zonas de humedal no podrían completar su ciclo de alimentación y reproducción y las hay otras de carácter semiacuático en las que al menos en una parte de su ciclo dependen del agua y gustan de estar cerca de la vegetación que crece en los márgenes de los cuerpos de agua. En el área del proyecto se localiza cercano a los puntos de muestreo un cuerpo de agua posiblemente artificial, pero que es un punto de reunión para diferentes tipos de aves acuáticas de las cuales destacan, los pijijis ala blanca localizando miles de individuos, también existen algunas parvadas de pelícanos blancos y cormoranes que gustan más de zonas costeras pero que lo consideran como un punto de descanso. Otro grupo de aves que también se alimentan y anidan cerca de los cuerpos de agua son las garzas como son: la garza blanca, la garza morena, la garza de dedos dorados y la garza verde. Finalmente están aquellas aves de hábitos solitarios y que prefieren las horillas o zonas poco inundables para buscar su alimento y estas son las jacanas norteñas, los tildios y rascones

de nuca canela.



Figura IX-44. Especies de aves fotografiadas durante los muestreos en cuerpos de agua. Pelicano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*), pijije de alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*), cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) y rascón nuca canela (*Aramides albiventris*)

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo.

Las aves forrajera o semilleras son aves que como su nombre lo indica su base principal de alimento son las semillas, brotes tiernos o frutos de una gran variedad de plantas, muchas de ellas son gregarias desplazándose en parvadas por las diferentes zonas de cultivo, pastizales y espacios abiertos. Estas especies tienen gran importancia porque juegan un papel importante en los procesos de regeneración de los ecosistemas naturales de hecho, se sabe que estos grupos llegan a dispersar más del 80% de las especies leñosas de bosques tropicales. Al transportar las semillas lejos de la planta madre y a zonas perturbadas las aves actúan como agentes que facilitan el proceso de establecimiento de especies forestales y por ende, la recuperación de los bosques. Sin embargo, quizá una de las mayores ventajas que confiere la dispersión de semillas por aves, es que el paso de la semilla por su tracto digestivo elimina o debilita la cutícula lo que en muchos casos incrementa la proporción y velocidad de la germinación de semillas de ciertas especies forestales.



Figura IX-45. Especies de aves semilleras o frugívoras fotografiadas durante los muestreos. Tortolita canela (*Columbina talpacoti*), colorín siete colores (*Passerina ciris*), calandria mayor (*Icterus gularis*) y semillero brincador (*Volatinia jacarina*)

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Finalmente, están las especies de aves que gustan de espacios abiertos en donde frecuentemente existe una afectación derivada del cambio de uso de suelo forestal por zona de pastizales o áreas destinadas para la agricultura. Las especies de aves que se encuentran en estos sitios se están acostumbradas a la presencia de asentamientos urbanos, animales domésticos y en general las distintas actividades antropológicas que puedan derivar de las actividades del ser humano. Es común visualizar en el área de potreros y zonas agrícolas aves como: los tiranos tropicales, los luises, los pijuy garrapateros, garzas ganaderas, tortolitas, mirlos, chipes y peas. También son comunes las grandes parvadas de semilleros, zanates y tordos que se desplazan de un potrero a otro en busca de alimento. Este tipo de aves tienen un papel importante como controladores de poblaciones de insectos, garrapatas, roedores y otros animales pequeños que se ven favorecidos por la actividad ganadera y agrícola de la zona. Lo que permite que este tipo de plagas no se vuelvan un problema económico en la región.



Figura IX-46. Especies de aves comunes y de zonas abiertas fotografiadas durante los muestreos. Tirano tropical (*Tyrannus melancholicus*), Luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*), pijuy garrapatero (*Crotophaga sulcirostris*) y garza ganadera (*Bubulcus ibis*)

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Reptiles.

En lo que respecta a la *herpetofauna* (reptiles y anfibios) las 6 especies están distribuidas en 6 familias. La representación gráfica de las distintas familias, así como el número registrado de especies para cada una de ellas se muestran en la figura siguiente:

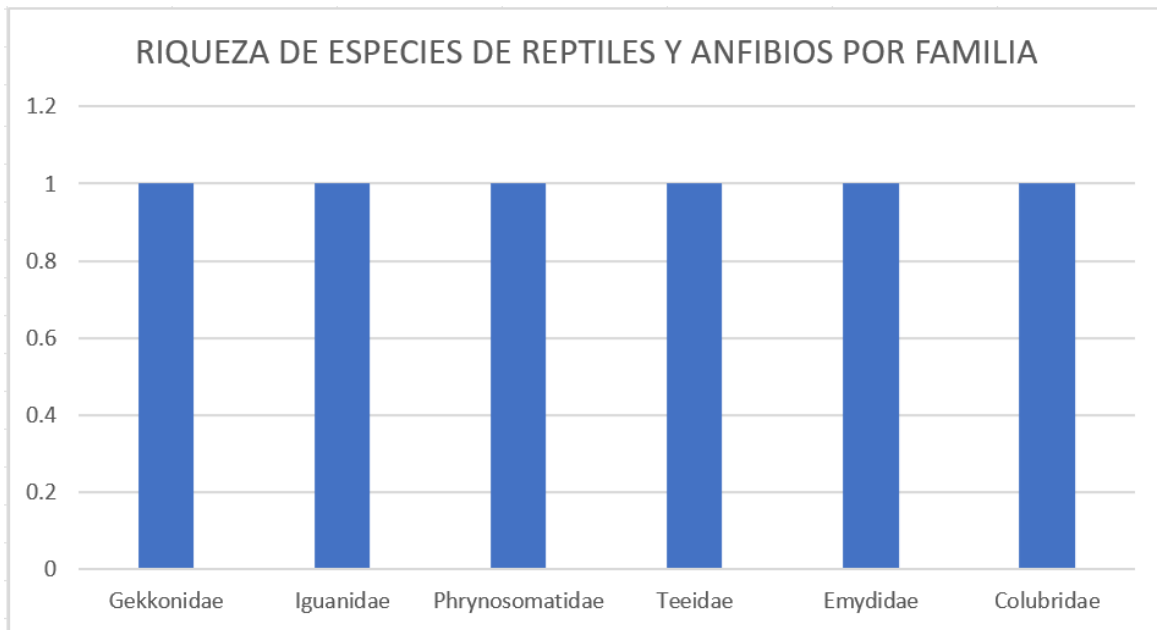


Figura IX-47. Gráfico de familias de reptiles con mayor número de especies registradas

El listado de todas las especies de reptiles y anfibios organizadas por clase, familia, nombre científico, nombre común y categoría de riesgo se detalla a continuación, para el caso de la identificación se marcan cuales fueron visualizadas dentro del predio, el resto corresponde a registros obtenidos en las inmediaciones.

Tabla IX-23. Listado de especies de reptiles y anfibios registradas durante los muestreos de campo

CLASE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)	Registro dentro del área proyecto	Registro en el sistema ambiental
REPTILIA	Gekkonidae	Besucona asiática	<i>Hemidactylus frenatus</i>		X	X
REPTILIA	Iguanidae	Iguana de Cola Espinosa del Noreste	<i>Ctenosaura acanthura</i>	Pr endémico	X	X
REPTILIA	Phrynosomatidae	Lagartija Espinosa Vientre Rosado	<i>Sceloporus variabilis</i>		X	X
REPTILIA	Teeidae	Ticuiliche Mexicano	<i>Aspidoscelis guttatus</i>		X	X
REPTILIA	Emydidae	Tortuga de Guadalupe	<i>Trachemys venusta</i>			X
REPTILIA	Colubridae	Culebra chirionera	<i>Coluber constrictor</i>			X

Categorías: Pr= Protección Especial, A= Amenazada, P= Peligro de extinción

Los reptiles estuvieron poco representados por algunas especies, las cuales de las más comunes correspondieron a las lagartijas de vientre rosado y los *Ticuiliches* que se encontraban a los bordes de los caminos cerca de la hojarasca de los árboles o en los montículos de troncos caídos; también fue posible observar algunos individuos de iguana negra que se encontraban en las zonas con

asentamientos urbanos o asoleándose en árboles grandes cercanos a potreros. De forma más particular, en el caso de las tortugas estás solo fue posible visualizarla un individuo brevemente en un cuerpo de agua cercano al área de estudio y; en el caso de la culebra constrictora fue posible su identificación debido a que se encontraba atropellada en uno de los caminos de acceso. Por otra parte, no se obtuvo registros de anfibios seguramente debido a que en la zona no existen humedales representativos.



Figura IX-48. Especies de reptiles fotografiados durante los muestreos de campo

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Durante las entrevistas realizadas a los lugareños, indicaron que existen en la zona varios tipos de serpientes principalmente de hábitos arborícolas, algunas de las más comúnmente mencionadas fueron la boa y las serpientes verdes probablemente el género *Oxibelys* sp. Y *Drymobius* sp. otras fueron aquellas conocidas como “ratoneras” *Pituophis* sp., *Lampropeltis* sp y *Masticophis* sp. También algunas especies venenosas como las cuatro narices *Botropos* sp, o *Atropoides* sp., cascabeles *Crotalus* sp. Y coralillos *Micrurus* sp.

En cuanto otros grupos también mencionaron la Iguana verde (*Iguana iguana*), tortuga lagarto (*Chelydra* sp.), pochitoques (*Knisternon spp*), Gekos, y lagartos pasa ríos (*Basiliscus vittatus*). De los anfibios solo reportaron que había algunas ranas, salamandras y sapos, pero se complicó definir las características de cada una que pudieran ayudar a la identificación. De todo lo anterior ninguna de estas especies fue posible registrarlas en el predio debido a que durante el día la mayoría permanecen inactivas o su mismo comportamiento tímido las hace difícil de encontrar o dejarse ver. En lo que respecta a los Cocodrilos (*Crocodylus sp*) mencionan que también los hay, pero en las zonas de humedal y pantanosas, condiciones que no prevalecen en el área del proyecto.

Mamíferos.

Finalmente, de las 11 especies de mamíferos estas están distribuidas en 10 familias donde la que presento un mayor número de especies fue *Didelphidae* representada por 2 especies de tlacuaches, el tlacuache sureño y el cuatro ojos gris los cuales vienen a ser los más abundantes junto con las ardillas.

La representación gráfica de las distintas familias de mamíferos, así como el número registrado de especies para cada una de ellas se muestran en la Figura IX-49.

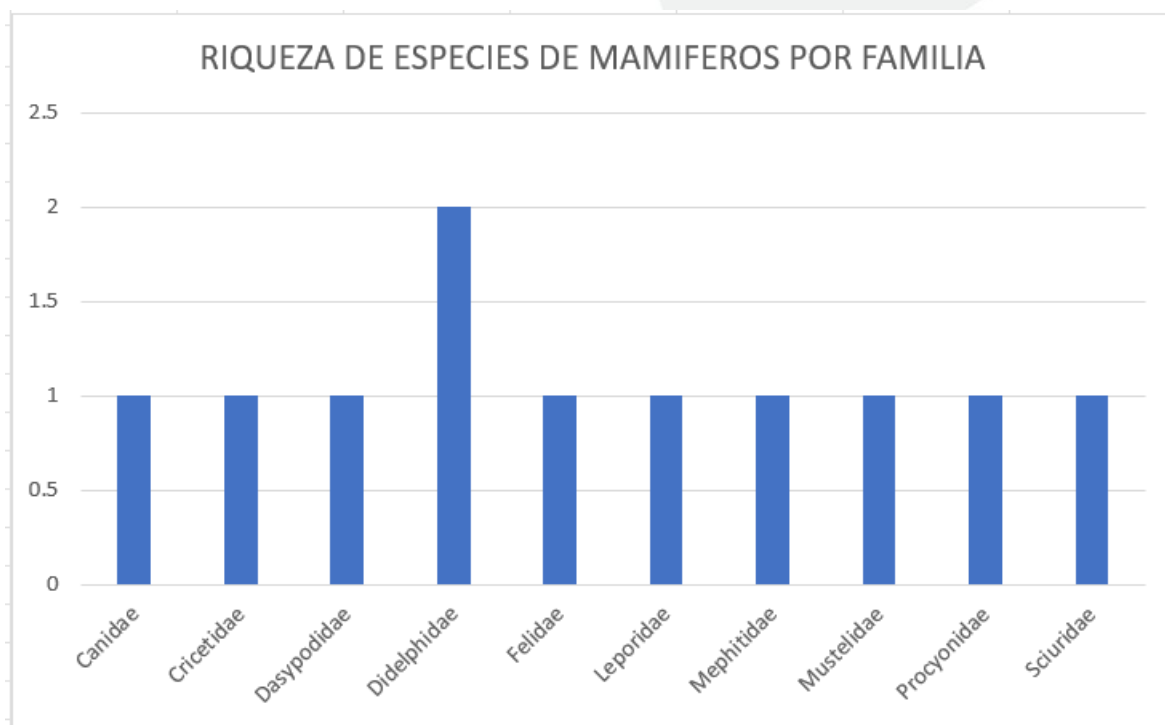


Figura IX-49. Gráfico de familias de mamíferos con mayor número de especies registradas

El listado de todas las especies de mamíferos organizadas por clase, familia, nombre científico, nombre común y categoría de riesgo se detalla a continuación. También se identifica cuales fueron registradas dentro del área del proyecto y las que solo fueron visualizadas en el resto del sistema ambiental.

Tabla IX-24. Listado de especies de mamíferos registradas durante los muestreos de campo

CLASE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)	Registro dentro del área proyecto	Registro en el sistema ambiental
MAMMALIA	Sciuridae	Ardilla Ventre Rojo	<i>Sciurus aureogaster</i>			X
MAMMALIA	Dasypodidae	Armadillo de Nueve Bandas	<i>Dasyus novemcinctus</i>		X	X
MAMMALIA	Mustelidae	Comadreja Cola Larga	<i>Neogale frenata</i>			X
MAMMALIA	Leporidae	Conejo Serrano	<i>Sylvilagus floridanus</i>		X	
MAMMALIA	Canidae	Coyote	<i>Canis latrans</i>		X	
MAMMALIA	Procyonidae	Mapache	<i>Procyon lotor</i>		X	X
MAMMALIA	Cricetidae	Raton	<i>Peromyscus sp.</i>		X	
MAMMALIA	Didelphidae	Tlacuache Cuatrojos Gris	<i>Philander opossum</i>		X	
MAMMALIA	Didelphidae	Tlacuache sureño	<i>Didelphis marsupialis</i>		X	
MAMMALIA	Felidae	Yaguarundí	<i>Herpailurus yagouarundi</i>	A no endémica	X	X
MAMMALIA	Mephitidae	Zorrillo listado sureño.	<i>Mephitis macroura</i>		X	X

Categorías: Pr= Protección Especial, A= Amenazada, P= Peligro de extinción

Los mamíferos fotografiados con cámaras trampa dentro del área de muestreo conformaron un grupo diverso donde se visualizó claramente la cadena trófica de la zona, considerando eslabones medios como lo son *coyotes*, *mapaches* y *tlacuaches*, hasta las especies de menor tamaño como son *armadillos*, *zorrillos*, *ardillas* y *ratones*.



Figura IX-50. Coyote y mapache registrados mediante trampas cámara dentro del área proyecto

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Cabe destacar que durante las entrevistas con los ejidatarios y pobladores de la zona ellos reportan a ver en la zona osos hormigueros, *tepezcuintle*, *tigrillo*, *cacomixtles* y *zorritas grises*, sin embargo, no se pudo obtener algún registro de estas especies que pudieran asegurar la presencia o no de las mismas, aunque si coincide con su distribución natural. Los *tlacuaches* junto con las *ardillas* representaron los mamíferos más abundantes de la zona; para el caso de los *tlacuaches* estos son favorecidos seguramente por sus hábitos omnívoros los que los convierte en especies cosmopolitas con la capacidad de poderse alimentar de una gran variedad de plantas y pequeños animales como son (*bulbos*, *frutos*, *insectos*, *moluscos*, *anfibios* y *peces* etc.) Las dos especies registradas dentro del área de es el *tlacuache sureño* de pelaje crispado y el llamado *tlacuache cuatro ojos* que se caracteriza por las dos manchas blancas al frente de su cara y de porte más pequeño y de pelo liso.



Figura IX-51. Especies de tlacuache registradas mediante trampas camara dentro del área del proyecto

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Para el caso de las *ardillas* son animales que gustan de desplazarse en la copa de los árboles comiendo frutos, rebrotes tiernos de hojas y semillas lo que les da protección contra la mayoría de los depredadores terrestres aun que son presas recurrentes de las aves de presa y serpientes arborícolas. Por lo general, se pueden encontrar de dos tipos aquellas de pelaje rojizo con gris y las de pelaje negro.

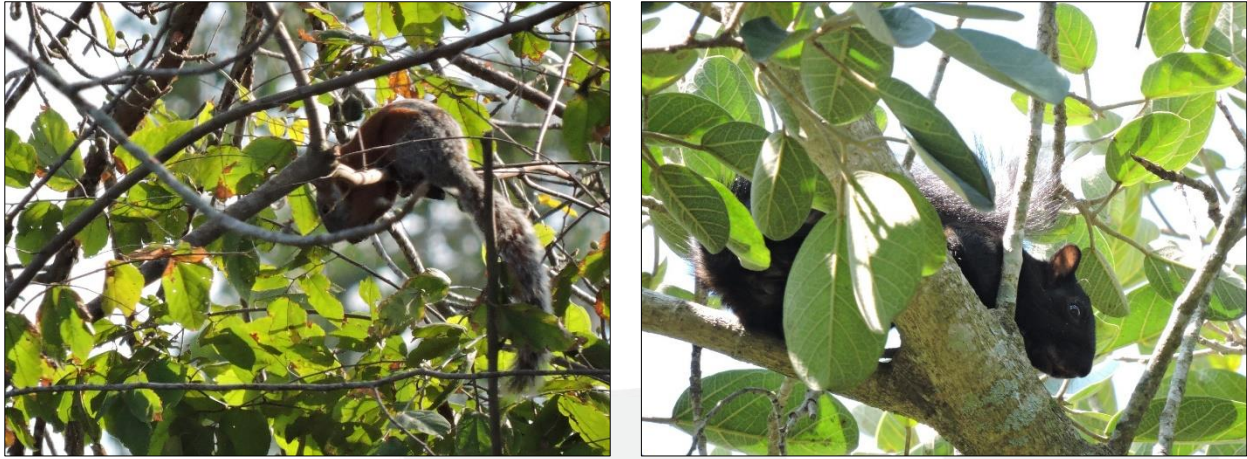


Figura IX-52. Ardillas rojas y negras registradas durante los recorridos de campo

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Debido a que no todas las especies de fauna registradas para la localidad son conocidas por personal que labora cerca del área del Proyecto y a que es muy importante que se difunda una mayor concientización por parte de los lugareños de todas las especies registradas; se consideró la elaboración de un catálogo fotográfico de gran relevancia que servirá como guía ilustrada para ampliar el reconocimiento de las distintas especies que se reporta en el Proyecto.

Abundancias.

Haciendo una tabla de correlación, es posible concluir que las especies con un mayor número de individuos censados en el área del proyecto corresponden a las aves, aunque lo anterior sea posible por la alta movilidad de los individuos y no precisamente a que sean los más abundantes, pero si los más fáciles de visualizar.

Las especies de aves con mayor abundancia de individuos registrados estuvieron estrechamente ligadas a zonas de perturbación como lo son bordes de caminos, bordes de selva, claros y milpas. Tales especies se ven beneficiadas por que prefieren los claros para buscar su alimento y está muy ligado al hecho de que son especies gregarias o migratorias lo que facilita su conteo una vez que se pueden localizar en los sitios de muestreo. Las especies más notorias fueron: El pijiji de alas blancas (*Dendrocygna autumnalis*), la golondrina de alas aserradas (*Stelgidopteryx serripennis*), el semillero brincador (*Volatinia jacarina*), el tordo de ojos rojos (*Molothrus aeneus*) y la garza ganadera (*Bubulcus ibis*).

En el caso de los reptiles debido a la temporada, casi no fue posible ver individuos. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que en realidad la lagartija espinosa (*Sceloporus variabilis*), los huicos o ticuliches (*Aspidoscelis guttatus*) y las iguanas negras o garrobos (*Ctenosaura acanthura*) sean la más abundantes o comunes de ver en la zona durante todo el año, junto con algunas

especies de culebras gekos que no se pudieron identificar durante el periodo de muestreo.

En lo que respecta a los mamíferos; las ardillas (*Sciurus aureogaster*) los tlacuaches (*Philander opossum*), los conejos serranos (*Sylvilagus floridanus*) y los zorrillos (*Mephitis macroura*) fueron los más abundantes, probablemente debido que todos ellos tienen hábitos tanto diurnos como nocturnos desplazándose de un lugar a otro continuamente entre manchones de selva o acahuals.

A continuación, se describe la abundancia relativa de todas las especies por grupo de fauna.

Tabla IX-25. Abundancias relativas del grupo de las aves.

ABUNDANCIAS - AVIFAUNA IXACHI							
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	D.1	D.2	D.3	D.4	TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)
Pijije Alas Blancas	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	1	999			+ 1000	41.86
Golondrina Alas Aserradas	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	30	62	55	42	189	7.91
Semillero Brincador	<i>Volatinia jacarina</i>	50	80		25	155	6.49
Tordo de ojos rojos	<i>Molothrus aeneus</i>				150	150	6.28
Garza Ganadera	<i>Bubulcus ibis</i>	2	15	35	22	74	3.10
Garrapatero Pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	8	18	35	6	67	2.80
Chara Pea	<i>Psilorhinus morio</i>	3	12	25	12	52	2.18
Pelícano Blanco Americano	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	20		30		50	2.09
Perlita Azulgrís	<i>Polioptila caerulea</i>	3	15	22	6	46	1.93
Tortolita Pico Rojo	<i>Columbina passerina</i>	3	6	15	18	42	1.76
Zanate Mayor	<i>Quiscalus mexicanus</i>	2	15	3	19	39	1.63
Tirano Pirirí	<i>Tyrannus melancholicus</i>	2	12	5	15	34	1.42
Luisito Común	<i>Myiozetetes similis</i>	1	6	12	13	32	1.34
Calandria Dorso Negro Mayor	<i>Icterus gularis</i>	1	7	5	12	25	1.05
Carpintero Cheje	<i>Melanerpes aurifrons</i>	1	6	8	10	25	1.05
Aguililla Caminera	<i>Rupornis magnirostris</i>	3	10	7	4	24	1.00
Matraca del Balsas	<i>Campylorhynchus jocosus</i>	8	8	6	2	24	1.00
Mirlo Café	<i>Turdus grayi</i>	2	2	18	2	24	1.00
Picogordo azul	<i>Passerina caerulea</i>	20			3	23	0.96
Tortolita Canela	<i>Columbina talpacoti</i>	2	5	8	4	19	0.80
Golondrina Tijereta	<i>Hirundo rustica</i>	2	8	6	1	17	0.71
Colorín Azul	<i>Passerina cyanea</i>	15			1	16	0.67
Chipe Charquero	<i>Parkesia noveboracensis</i>	4	8	3		15	0.63
Cormoran neotropical-	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>		8	6		14	0.59

ABUNDANCIAS - AVIFAUNA IXACHI							
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	D.1	D.2	D.3	D.4	TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)
Zopilote Común	<i>Coragyps atratus</i>	2	8		2	12	0.50
Tortolita Cola Larga	<i>Columbina inca</i>	1	3	5	2	11	0.46
Alcaraván Americano	<i>Burhinus bistriatus</i>		2	7		9	0.38
Eufonia Garganta Amarilla	<i>Euphonia hirundinacea</i>	3		6		9	0.38
Halcón Fajado	<i>Falco femoralis</i>	4	3		2	9	0.38
Maullador Gris	<i>Dumetella carolinensis</i>	2	4	3		9	0.38
Papamoscas Chico	<i>Empidonax minimus</i>	3			6	9	0.38
Calandria Capucha Negra	<i>Icterus graduacauda</i>			2	6	8	0.33
Chipe Encapuchado	<i>Setophaga citrina</i>	1		4	3	8	0.33
Colorín Sietecolores	<i>Passerina ciris</i>			7	1	8	0.33
Piranga Roja	<i>Piranga rubra</i>	3	3	2		8	0.33
Zopilote Aura	<i>Cathartes aura</i>	3		2	3	8	0.33
Carpintero Mexicano	<i>Dryobates scalaris</i>		1	2	4	7	0.29
Cabezón Degollado	<i>Pachyramphus aglaiae</i>		1	3	2	6	0.25
Loro Cachetes Amarillos	<i>Amazona autumnalis</i>				6	6	0.25
Semillero de Collar	<i>Sporophila moreletii</i>	6				6	0.25
Chipe de Magnolias	<i>Setophaga magnolia</i>		2	1	2	5	0.21
Chipe Trepador	<i>Mniotilta varia</i>	1		3	1	5	0.21
Colibrí Vientre Canelo	<i>Amazilia yucatanensis</i>			2	3	5	0.21
Luis Bienteveo	<i>Pitangus sulphuratus</i>			3	2	5	0.21
Tirano Tijereta Rosado	<i>Tyrannus forficatus</i>		2	2	1	5	0.21
Calandria Dorso Negro Menor	<i>Icterus cucullatus</i>			2	2	4	0.17
Oropéndola de Moctezuma	<i>Psarocolius montezuma</i>			3	1	4	0.17
Tangara Alas Amarillas	<i>Thraupis abbas</i>			4		4	0.17
Tangara Azulgrís	<i>Thraupis episcopus</i>		2		2	4	0.17
Cernícalo Americano	<i>Falco sparverius</i>	2		1		3	0.13
Chachalaca Oriental	<i>Ortalis vetula</i>	2			1	3	0.13
Chipe Amarillo	<i>Setophaga petechia</i>			1	2	3	0.13
Chipe Grande	<i>Icteria virens</i>		1	2		3	0.13
Chipe Pecho Manchado	<i>Setophaga americana</i>			1	2	3	0.13
Chorlo Tildío	<i>Charadrius vociferus</i>			3		3	0.13
Cuculillo Canelo	<i>Piaya cayana</i>	2			1	3	0.13
Paloma Morada	<i>Patagioenas flavirostris</i>		1		2	3	0.13
Calandria Castaña	<i>Icterus spurius</i>				2	2	0.08

ABUNDANCIAS - AVIFAUNA IXACHI							
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	D.1	D.2	D.3	D.4	TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)
Cabezon mexicano	<i>Pachyrhamphus major</i>	1			1	2	0.08
Chipe de coronilla	<i>Oreothlypis ruficapilla</i>				2	2	0.08
Coa Cabeza Negra	<i>Trogon melanocephalus</i>		1		1	2	0.08
Coa Violácea Norteña	<i>Trogon caligatus</i>			1	1	2	0.08
Garcita Verde	<i>Butorides virescens</i>	1		1		2	0.08
Garza Dedos Dorados	<i>Egretta thula</i>		2			2	0.08
Jacana Norteña	<i>Jacana spinosa</i>			2		2	0.08
Milano Cola Blanca	<i>Elanus leucurus</i>	1		1		2	0.08
Rascón Nuca Canela	<i>Aramides albiventris</i>		1	1		2	0.08
Titira Puerquito	<i>Tityra semifasciata</i>			2		2	0.08
Aguililla Gris	<i>Buteo plagiatus</i>			1		1	0.04
Caracara Quebrantahuesos	<i>Caracara cheriway</i>				1	1	0.04
Carpintero Lineado	<i>Dryocopus lineatus</i>	1				1	0.04
Colibrí Garganta Negra	<i>Anthracothorax prevostii</i>		1			1	0.04
Garza Blanca	<i>Ardea alba</i>		1			1	0.04
Garza Morena	<i>Ardea herodias</i>		1			1	0.04
Halcón Guaco	<i>Herpetotheres cachinnans</i>		1			1	0.04
Paloma Turca de Collar	<i>Streptopelia decaocto</i>			1		1	0.04
Picogordo Degollado	<i>Pheucticus ludovicianus</i>				1	1	0.04
Tapacaminos de Carolina	<i>Antrostomus carolinensis</i>			1		1	0.04
Tecolote Bajeño	<i>Glaucidium brasilianum</i>			1		1	0.04
Tirano Tijereta Gris	<i>Tyrannus savana</i>			1		1	0.04
Tucán Pico Canoa	<i>Ramphastos sulfuratus</i>		1			1	0.04

Tabla IX-26. Abundancias relativas del grupo de los reptiles.

ABUNDANCIAS -HERPETOFAUNA IXACHI							
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	D.1	D.2	D.3	D.4	TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)
Lagartija Espinosa Vientre Rosado	<i>Sceloporus variabilis</i>	1	25	32	3	61	44.2
Ticuiche Mexicano	<i>Aspidoscelis guttatus</i>			22	31	53	38.4
Iguana de Cola Espinosa del Noreste	<i>Ctenosaura acanthura</i>	1	3	8	6	18	13.0
Besucona asiatica	<i>Hemidactylus frenatus</i>		1	2	1	4	2.9
Tortuga de Guadalupe	<i>Trachemys venusta</i>		1			1	0.7

ABUNDANCIAS -HERPETOFAUNA IXACHI							
NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	D.1	D.2	D.3	D.4	TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)
Culebra chirionera	Coluber constrictor				1	1	0.7

Tabla IX-27. Abundancias relativas del grupo de los mamíferos

ABUNDANCIAS – MASTOFAUNA IXACHI							
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	D.1	D.2	D.3	D.4	TOTAL	ABUNDANCIA RELATIVA (%)
Ardilla Vientre Rojo	<i>Sciurus aureogaster</i>	1	1	2	3	7	23.3
Conejo Serrano	<i>Sylvilagus floridanus</i>	1	4			5	16.7
Zorrillo listado sureño.	<i>Mephitis macroura</i>	1	3	1		5	16.7
Tlacuache Cuatrojos Gris	<i>Philander opossum</i>	3				3	10.0
Mapache	<i>Procyon lotor</i>	1		1		2	6.7
Tlacuache sureño	<i>Didelphis marsupialis</i>	2				2	6.7
Yaguarundí	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	1	1			2	6.7
Armadillo de Nueve Bandas	<i>Dasypus novemcinctus</i>	1				1	3.3
Comadreja Cola Larga	<i>Neogale frenata</i>		1			1	3.3
Coyote	<i>Canis latrans</i>	1				1	3.3
Raton	<i>Peromyscus sp.</i>	1				1	3.3

IX.1.3.20 Fauna registrada bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2019.

Con base en los criterios establecidos en la NOM-059–SEMARNAT-2010 y actualizada en el 2019; en el SA y AP, se registraron 7 especies bajo alguna categoría de riesgo en la norma (5 aves, 1 reptil y 1 mamífero). En cuanto a las categorías 2 son de Protección especial (**Pr**) que corresponden a la iguana negra y la oropéndola Moctezuma y 5 están amenazadas (**A**).

El listado de las distintas especies por grupos de fauna, así como su categoría de riesgo y endemismo se describen a continuación.

Tabla IX-28. Listado de especies con alguna categoría de riesgo registradas dentro del área proyecto.

CLASE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	Categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010)	Registro dentro del AP	Registro en el SA
AVES	Cardinalidae	Colorín Sietecolores	<i>Passerina ciris</i>	A endemica		X
AVES	Falconidae	Halcón Fajado	<i>Falco femoralis</i>	A no endemica	X	X
AVES	Icteridae	Oropéndola de Moctezuma	<i>Psarocolius montezuma</i>	Pr no endemica		X
AVES	Psittacidae	Loro Cachetes Amarillos	<i>Amazona autumnalis</i>	A no endemica		X
AVES	Ramphastidae	Tucán Pico Canoa	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	A no endemica		X
MAMMALIA	Felidae	Yaguarundí	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	A no endemica	X	X
REPTILIA	Iguanidae	Iguana de Cola Espinosa del Noreste	<i>Ctenosaura acanthura</i>	Pr endemica	X	X

Categorías: Pr= Protección Especial, A= Amenazada, P= Peligro de extinción

Las especies de aves enlistados con alguna categoría de riesgo en la norma, y de las cuales se pudo obtener un registro fotográfico directo en el área de estudio, se presentan a continuación.



Figura IX-53. Halcón fajado (*Falco femoralis*), oropéndola Moctezuma (*Psarocolius 88ontezuma*), colorín siete colores (*Passerina ciris*) y Tucan pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*)

Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

En lo que respecta las especies de mamíferos el felino llamado oncilla o jaguarundi solo se pudo constar su registro mediante métodos indirectos los cuales consistieron en huellas y entrevistas con los pobladores.



Figura IX-54. Huellas de jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*)
Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Y finalmente para el grupo de los reptiles, la única especie con alguna categoría de riesgo en la norma de las cuales se pudo obtener un registro fotográfico fue la iguana negra también llamada comúnmente como garrobo.



Figura IX-55. Registro fotográfico de iguana negra dentro y fuera del área del Proyecto
Fuente: TEMA, fotos tomadas en campo

Para robustecer mayormente el conocimiento de las especies que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo y comprender su biología, distribución, si como sus principales amenazas que presentan en la actualidad; se realizaron fichas descriptivas de cada una.

IX.1.3.21 Zonas Vulnerables de Población.

La zona de población más cercana al área de estudio se encuentra a una distancia aprox. de 5 KM de 300 m al SO, dicha zona no se encuentra dentro del radio de afectación.

En la Tabla IX-29 se muestran las zonas de población más cercanas al área de estudio.

Tabla IX-29 Proximidades con zonas vulnerables de población para un radio de 500 m.

Tipo de zona	Nombre de la zona	Ubicación	Distancia (m)
Localidad	La Barahunda	NE	5,209

IX.1.3.22 Componentes Ambientales.

Dentro del área de afectación no se encuentran componentes ambientales como cuerpos de agua, áreas naturales protegidas, sitios RAMSAR, etc. El cuerpo de agua más cercano (laguna) a la instalación se encuentra a 912.50 m al norte del área de estudio.

En la Tabla IX-30 se muestran los componentes ambientales más cercanos al área de estudio

Tabla IX-30 Proximidades con componentes ambientales para un radio de 500 m.

Componente Ambiental	Nombre	Descripción	Ubicación	Distancia (m)
Cuerpo de Agua	Sin referencia	Laguna	N	912.50

IX.1.3.23 Infraestructura.

Dentro del radio de afectación se encuentran las instalaciones de la batería Perdíz.

En la Tabla IX-31 se muestran las infraestructuras más cercanas al área de estudio.

Tabla IX-31 Proximidades con infraestructura para un radio de 500 m.

Tipo	Nombre	Ubicación	Distancia (m)
Instalación	Batería Perdíz	NO	348.50

IX.1.3.24 Uso de Suelo.

El uso de suelo alrededor del área de estudio es dominado por áreas de agricultura destinadas principalmente al Pastizal Cultivado, además una pequeña porción donde presenta vegetación natural como es la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia, estos se ubican dentro del radio de afectación establecido (Tabla IX-32).

Tabla IX-32 Uso de suelo para un radio de 500 m.

Tipo de uso de suelo	Descripción	Ubicación	Distancia (m)
Agricultura de riego anual y semipermanente	Terreno Natural	S, E, O,	100
Camino Rural	Brecha	O	281

IX.1.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

IX.1.4.1 Identificación de Peligros y Jerarquización de Escenarios de Riesgo.

En este análisis se lleva a cabo la identificación de peligros, evaluación y análisis de Riesgos del Proyecto “Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI” de manera exhaustiva.

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

IX.1.4.1.1 Análisis Preliminar de Peligro.

El análisis preliminar de riesgos se considera como una herramienta eficaz para identificar desviaciones de las buenas prácticas de seguridad recomendadas para el diseño y análisis de riesgos de instalaciones de producción o manejo de hidrocarburos.

Para el caso del proyecto denominado: “**Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI**”, se toma como análisis preliminar el histórico de accidentes en instalaciones similares dentro del APV dada que la etapa del proyecto se encuentra en ingeniería básica y así poder realizar la ingeniería cumpliendo con la normatividad vigente.

A continuación, se desglosa la tabla con los antecedentes de accidentes e incidentes con el cual se describe el Análisis Preliminar de Riesgo

IX.1.4.1.2 Antecedentes de Accidentes e Incidentes en Proyectos Similares.

A continuación, se describirán los accidentes e incidentes ocurridos dentro del Activo de Producción Veracruz, en la operación de proyectos y/o instalaciones similares y en su caso, aquellos ocurridos en sus propias Instalaciones. Resulta pertinente que se cubran los aspectos mínimos a verificar, donde se hayan aplicado las mejores prácticas nacionales e internacionales, así como haber implementado las lecciones aprendidas derivadas de los accidentes e incidentes relacionados con este tipo de proyectos y/o Instalación. Para lo anterior, en la siguiente tabla se describen el histórico de accidentes, considerando: Evento, las causas, las sustancias involucradas, los daños materiales, pérdidas humanas, radios de afectación y las acciones realizadas para su atención.

Los desfogues son uno de los medios más utilizados, la experiencia en el Activo de Producción Veracruz que se tiene en antecedentes de accidentes es la siguiente.

Tabla IX-33 Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

No.	Año	Ciudad y/o País	Instalación	Sustancias(s) involucrada(s)	Evento	Causa(s) del accidente o incidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)	Acciones realizadas para su atención	Fuente de consulta
1	2012	México	Estación de Medición y Control Cauchy	Gas	Paro total de la instalación por fuga de gas en diferentes puntos de la instalación.	Obstrucción de descarga de cachador de líquidos hacia el quemador por flotador desprendido.	Moderado	Activación del Sistema de Paro por Emergencia Sustituir cachador de líquidos con sistema de detección de nivel de líquidos no intrusivo.	Recio PEP
2	2021	México	Batería de Separación Perdiz	Gas	Fuga de gas en By-Pass de 8"Ø del sistema de regulación del quemador de alta presión.	Falla de material Vibración.	Menor	Sustitución de tramo dañado Incrementar mochetas y abrazaderas.	Recio PEP
3	2022	México	Estación de Compresión de Gas Lizamba	Gas	Perdida de contención en la línea de 1"Ø de gas piloto.	Corrosión	Menor	Sustitución de tramo dañado	Recio PEP

Fuente: Histórico de accidentes e incidentes referente a líneas de desfogue, Activo de Producción Veracruz.

IX.1.4.2 Identificación de Peligros, Evaluación y Análisis de Riesgos.

El Análisis de Riesgo de Proceso para el proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**, está integrado por una serie de metodologías cuyo objeto es el identificar las principales desviaciones durante el proceso de operación, el cual está dividido en diferentes etapas como:

- Análisis de Riesgo Cualitativo.
- Análisis de Riesgo Cuantitativo.

Dentro de cada una de las etapas se emplean diferentes metodologías, de acuerdo con las necesidades del proyecto se seleccionarán las más adecuadas.

IX.1.4.2.1 Análisis Cualitativo de Riesgo.

El proceso de realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos consiste en evaluar cuál es el impacto y la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos identificados.

El nivel de riesgo se define como Cualitativo cuando se realiza una aproximación inicial que no refleja el rigor del análisis detallado objetivo. El nivel de riesgo se puede calificar como alto, medio o bajo, dependiendo del impacto que suponga para la consecución del proyecto y de la probabilidad de que el evento ocurra.

En función de las combinaciones entre impacto y probabilidad (Matriz de Impacto y Probabilidad) podremos determinar la importancia que debemos otorgar al riesgo evaluado. Además, nos permitirá planificar la realización del Análisis Cuantitativo.

IX.1.4.2.2 Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.

Elección de la Metodología.

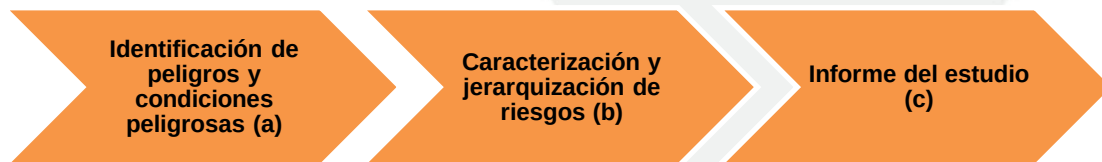
Los criterios bajo los cuales se desarrollaron las diferentes etapas que integran el presente documento, correspondiente al proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**, se desglosan a continuación:

1. Los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) empleados para el desarrollo de la metodología What if, fueron los proporcionados por PEMEX (los planos con los que se cuentan son los más recientes).
2. Para la estimación de valores de frecuencia y consecuencia se utilizaron las tablas establecidas en las Guías Operativas para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos y/o instalaciones de PEMEX Exploración y Producción con clave GO-SS-TC-0002-2020 Rev. 2ª.

Lo antes descrito estará en apego a los siguientes lineamientos:

1. IEC 61882, Gestión de la confiabilidad - Estudios de peligro y operabilidad (HazOp).
2. Chemical Industries Association, Guía de Estudios de Peligros y Operabilidad, Reino Unido, 1987.

En la figura siguiente puede observarse las etapas a seguir para el desarrollo del presente estudio.



Del diagrama de bloques antes mostrado, se señala que la etapa de identificación de peligros y/o riesgos es la fase previa y decisiva de un Análisis de Riesgo cuyo propósito final es determinar una serie de eventos tipo denominado hipótesis accidentales que se pueden producir en una instalación.

Es importante señalar que, como alcance de este documento, se contempla el desarrollo y análisis de los incisos a), b), c), por lo que en este documento se mencionará información resultante de la metodología de identificación de riesgos utilizada para el caso de estudio. El objetivo primordial para la utilización de esta metodología es el identificar la evolución del suceso iniciador (identificado a través de las sesiones de trabajo para la identificación de peligros HazOp) el cual dependerá de la naturaleza del escenario en el que sucede y de las condiciones de ocurrencia.

La base primordial es que, una vez identificado el suceso iniciador a través de esta técnica, se procederá a estudiar su evolución, los cuales estarán en función de factores condicionantes y que se agruparán de manera lógica y obtener un listado de los accidentes o eventos finales más característicos del proyecto cuya ocurrencia podrá ser debida a varias secuencias de evolución de iniciadores.

Para la elaboración del presente documento, el grupo multidisciplinario de Análisis de Riesgo aplicó para la identificación de riesgos la metodología What if?. What if?; en el Anexo 5 se incluye el Acta Constitutiva del Grupo Multidisciplinario de Análisis del Estudio de Riesgo (GMAER) y las Hojas de Trabajo del análisis What If?.

El presente informe fue elaborado por la empresa Territorio y Medio Ambiente, S.A. de C.V., con base a la información proporcionada por PEMEX, referente al proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**, así como de la información derivada de las sesiones de trabajo, para la identificación de peligros mediante las metodologías What If?, llevado a cabo por el grupo multidisciplinario de trabajo para identificar los posibles riesgos del proceso.

Descripción y Desarrollo de las Metodologías para la Identificación de Peligros.

El Estudio de Análisis de Riesgo del Sector Hidrocarburos del proyecto denominado: “Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”, está integrado por una serie de metodologías cuyo objeto es el identificar las principales desviaciones durante el proceso, los cuales son:

Metodología What If.

- Jerarquización de Riesgos.

La descripción de las metodologías se da a continuación:

Metodología What If? (o ¿Qué pasa si?).

La técnica denominada ¿Qué pasa si...? tiene el objetivo de lograr la determinación de las posibles desviaciones de un proyecto o instalación durante alguna de sus etapas de vida útil.

Podemos decir que los objetivos fundamentales de este método son:

- Identificar aquellos eventos que podrían provocar accidentes de significativa importancia.
- Mejorar la operatividad de una determinada instalación industrial.
- Identificar de un modo efectivo las condiciones y situaciones de carácter peligroso más probables que pueden ser el producto de aplicar métodos o controles inadecuados.
- Aportar las sugerencias necesarias para poder dar inicio a un proceso operativo reduciendo el riesgo que puede llevar asociado una instalación.

Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación de un determinado proyecto/instalación industrial, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento: "¿Qué pasaría si...?".

Requiere un conocimiento básico del sistema y cierta disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo.

Si queremos mejorar nuestro análisis del sistema lo más recomendable es dividir la totalidad de un proceso en subprocesos o subsistemas, de tal forma que se pueda hacer un análisis más ordenado y exhaustivo de cada una de las etapas del proceso.

Esta técnica hará uso de la creatividad de las personas encargadas o responsables de la evaluación del proceso, que son los que deberán generar una lista de preguntas del tipo ya mencionado. No olvidemos que esta lista de preguntas deberá estar dividida por procesos.

Ejemplo:

- ¿Qué pasa si falla la bomba? ¿Y si se llena el tanque de almacenamiento?
- ¿Qué pasa si el caudal de carga falla? ¿Y si existiera un retroceso del producto?
- ¿Qué pasa si aumenta la presión? ¿Y si no funcionan las válvulas de seguridad?

Se puede aplicar a cualquier proyecto/instalación o área o proceso: instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamientos, sustancias peligrosas, etc. Las preguntas se formulan y aplican tanto a proyectos como a plantas en operación, siendo muy común ante cambios en instalaciones ya existentes.

El equipo de trabajo lo forman 2 ó 3 personas especialistas en el área a analizar con documentación detallada de la planta, proceso, equipos, procedimientos, seguridad, etc.

El resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación del riesgo.

La metodología de análisis ¿Qué pasa Sí? Comúnmente se utiliza en las siguientes etapas del proceso: Diseño Conceptual, Operación de la Planta Piloto, Ingeniería de **Básica** y de Detalle, Construcción y Arranque, Operaciones rutinarias, no rutinarias, Expansión o modificación, investigación de accidentes, desmantelamiento.

Para el caso del proyecto denominado: “**Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI**”. Se aplicó a las operaciones rutinarias, no rutinarias, factores y siniestro externos.

En el desarrollo de la metodología What If? o ¿Qué pasa Si...?, se utiliza como herramienta una hoja de trabajo la cual además de contener la pregunta ¿Qué pasa Si...?, en la cual va involucrada la desviación, debe contener las siguientes columnas:

Consecuencias: Son los resultados que pueden presentarse en caso de que ocurran las desviaciones en forma de pregunta realizada, (por ejemplo: una liberación de material tóxico). Nota que las consecuencias de una desviación frecuentemente difieren para cada causa de la desviación.

Salvaguardas: Son los mecanismos y controles con los que cuenta la instalación para evitar o minimizar las consecuencias de cada pregunta o desviación realizada.

Recomendaciones: Son las acciones sugeridas por el equipo de trabajo para prevenir o aminorar las consecuencias establecidas. Nota que habrá recomendaciones siempre que las salvaguardas sean insuficientes o poco confiables, así como también cuando se requiera mayor información o ejecución de estudios.

Método de Árboles de Fallos.

Los árboles de fallos constituyen una técnica ampliamente utilizada en los análisis de riesgos en

la medida que proporcionan resultados cualitativos y cuantitativos.

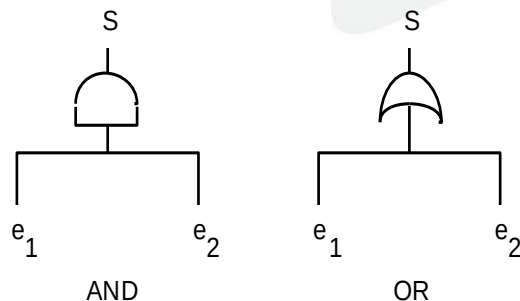
Esta técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Algebra de Boole que permite determinar la expresión de un suceso estudiado en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

El primer paso consiste en identificar el suceso "no deseado" o suceso TOP que ocupará la cúspide de la estructura gráfica representativa del árbol. De la definición clara y precisa del TOP depende todo el desarrollo del árbol.

Con este TOP se establecen de forma sistemática todas las causas inmediatas que contribuyen a su ocurrencia. Se han definido de esta forma los llamados sucesos intermedios que, a su vez, pueden ser descompuestos en sus causas directas. En la representación del árbol estos sucesos intermedios se reseñan en los recuadros rectangulares. La unión entre dos distintos sucesos se realiza mediante puertas lógicas.

Los dos tipos más elementales corresponden a las puertas AND y OR. La puerta OR se utiliza para indicar un "O" lógico. El símbolo es el indicado más abajo y significa que la salida lógica S ocurrirá siempre y cuando ocurra por lo menos una de las dos entradas lógicas e1, e2.

La puerta AND se utiliza para indicar un "Y" lógico. El símbolo es el indicado más abajo. Para que ocurra la salida lógica S es necesario que ocurran conjuntamente las dos entradas lógicas e1, e2.



Se suelen numerar las puertas del árbol para facilitar su identificación.

El proceso de descomposición de un suceso intermedio se repite sucesivas veces hasta llegar a los sucesos básicos o componentes del árbol. Estos son eventos que no requieren mayor desglose, bien porque su análisis no proporcionará información adicional, o bien porque su tasa de fallo se puede encontrar directamente en los bancos de datos de fiabilidad disponibles. Los sucesos básicos representan indistintamente un fallo de un equipo, un error humano de operación o incluso la ocurrencia de un suceso externo (incendio, terremoto, etc.), en cuyo caso, el dato utilizado es una frecuencia de aparición. En la representación del árbol se suelen indicar en círculos y se numeran para mayor comodidad.

En el análisis cabe destacar dos fases bien diferenciadas. La primera consiste en la elaboración del árbol, y es donde se deben integrar todos los conocimientos sobre el funcionamiento y operación de la instalación.

La segunda fase consiste en cuantificar el árbol de fallos. Para ello se reduce la lógica del árbol hasta obtener las combinaciones mínimas de sucesos primarios cuya ocurrencia simultánea garantiza la ocurrencia del propio TOP. Cada una de estas combinaciones, también llamadas conjunto mínimo de fallos ("minimal cut-set" en la nomenclatura anglosajona), corresponde a la intersección lógica (en Algebra de Boole) de varios sucesos elementales. Como por hipótesis de los árboles de fallos se supone que los sucesos básicos son mutuamente independientes (es decir que la ocurrencia de uno de ellos no tiene influencia sobre la ocurrencia de otro), la probabilidad de un conjunto mínimo de fallos viene dada por el producto de las probabilidades de los sucesos elementales que los componen.

A su vez el suceso TOP viene representado por la unión lógica de todos los N conjuntos mínimos de fallos y se evalúa su probabilidad $P(TOP)$ aplicando la fórmula correspondiente:

$$P(TOP) = \sum_{i=1}^N C_i - \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N C_i * C_j + \sum_{i=1}^{N-2} \sum_{j=i+1}^{N-1} \sum_{k=i+2}^N C_i * C_j * C_k + \dots$$

$$\dots + (-1)^{N-1} * C_i * C_j * \dots * C_N$$

Donde C_i designa la probabilidad de un conjunto mínimo de fallos:

$$C_i = \prod_{s=1}^P a_s$$

Siendo así la probabilidad de s-ésimo suceso básico del conjunto mínimo de P sucesos (o de orden P).

El cálculo de frecuencia obtenido de los árboles de fallos, se ha basado en la bibliografía existente, concretamente se ha utilizado el SERH (Safety Equipment Reliability Handbook, 3ª edición; 2007) y en OREDA (Offshore Reliability Data 4ª. Edición 2002) Los criterios utilizados para determinar las probabilidades de fallo de los instrumentos y válvulas, son los siguientes:

Para las válvulas se han utilizado tasas de fallo al operar medio (abierto o cerrado) y falla no detectada.

Por otra parte, el cálculo de frecuencias para un determinado evento se encuentra asociado al Tipo de elemento que origina el fallo, es decir, como criterio general para el desarrollo de este se considera lo siguiente:

Para el cálculo de frecuencia para una determinada válvula o cualquier otro Tipo de componente que está en stand-by y sólo opera en caso de demanda, se considera la obtención de PFD (Probabilidad de Falla a la Demanda) por medio de la obtención de λ (Tasa de Fallo) de las bases de datos SERH y OREDA, y multiplicándolo por el factor 8,769 para obtener la tasa de fallos por año.

Método de los Árboles de Eventos (o Sucesos).

El árbol de eventos o análisis de secuencia de sucesos es un método inductivo que describe de forma cualitativa y cuantitativa la evaluación de un suceso iniciador hasta el accidente final en función de las características del iniciador, del entorno y de los sistemas de protección.

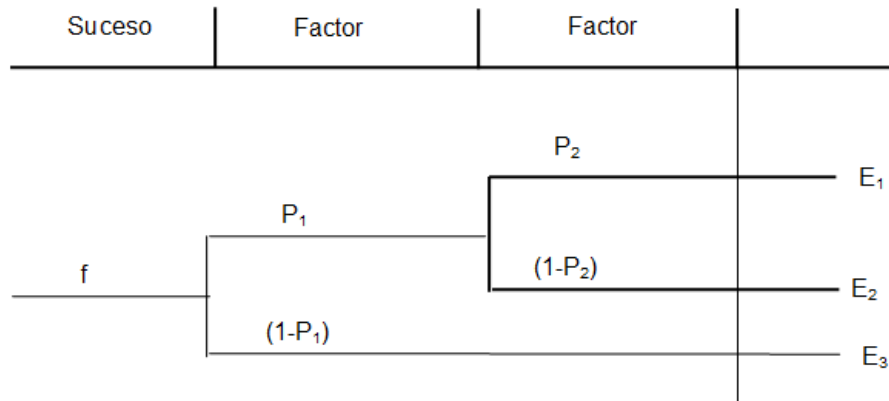
Partiendo del fallo inicial o iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a los posibles eventos. La construcción y evaluación del árbol comienza por la identificación de los factores condicionantes y sus probabilidades de ocurrencia (éxito/fallo) de cada uno de ellos (incluso, si es preciso, recurriendo a un árbol de fallos).

A continuación, se colocan cada uno de los N factores identificados como cabezales y partiendo del iniciador se plantea sistemáticamente para cada uno de ellos dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso (con probabilidad P) y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del suceso (probabilidad 1-P).

Se obtienen así 2N combinaciones o secuencias. Sin embargo, las dependencias entre los

sucesos hacen que la ocurrencia o éxito de uno de ellos pueda eliminar la posibilidad de otros reduciéndose así el número total de secuencias.

La disposición horizontal de los "cabezales" se suele hacer por orden cronológico de evolución del accidente, si bien este criterio es difícil de aplicar en algunos casos. El árbol de sucesos representado a continuación pretende ilustrar su construcción y evaluación:



Dónde:

f = frecuencia del suceso iniciador

P_i = probabilidad de ocurrencia (éxito) del suceso i

$1-P_i$ = probabilidad de no ocurrencia (fallo) del suceso i

fE_i = frecuencia del evento E_i , con

$$fE_1 = f \cdot P_1 \cdot P_2$$

$$fE_2 = f \cdot P_1 \cdot (1-P_2)$$

$$fE_3 = f \cdot (1-P_1)$$

Para un determinado evento se suman las frecuencias de las distintas secuencias que conducen a él.

Premisas y Criterios para el Desarrollo de las Metodologías.

Los criterios bajo los cuales se desarrollaron las diferentes etapas que integran el presente documento correspondiente a la evaluación de consecuencias para el proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**, se desglosan a continuación:

1. Los documentos como: Procedimientos de servicios y Planos de Localización, empleados para el desarrollo de las metodologías de identificación de riesgos.
2. Para la estimación de valores por consecuencia, se han considerado todos los eventos que representen mayores riesgos al personal y a las instalaciones. Dichos eventos son los que se encuentren dentro un riesgo No tolerable, Importante o Moderado, todos estos eventos serán modelados mediante el software PHAST, versión 8.4.
3. Los criterios técnicos considerados para la simulación de los eventos seleccionados (composición del gas natural, comportamiento de fuga, etc.) están contenidos en la sección referente a la estimación de consecuencias de este documento (Capítulo IX.1.4.3.2).

Para lo antes descrito, se han considerado criterios y estándares nacionales e internacionales como:

- IEC-61882 “Hazard and operability studies, Application guide”,
- TNO-CPR-16E Methods for the Determination of Possible Damage.
- Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, 2004.
- "Guidelines" books was the Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CPQRA Guidelines)), 2000.

En este apartado se enuncia el desarrollo de las metodologías utilizadas para la Identificación de riesgos del proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**.

Para el desarrollo de las sesiones de trabajo What If, se usó la matriz establecida en las Guías Operativas para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos y/o instalaciones de PEMEX Exploración y Producción con clave GO-SS-TC-0002-2020 Rev. 2ª.

Jerarquización de Riesgos

En esta etapa, las consecuencias y frecuencias estimadas, correspondientes a los eventos o escenarios seleccionados, deben caracterizarse y mediante una Matriz de Riesgos indicar la magnitud de riesgos asociada.

La matriz de riesgos, así como las tablas de frecuencia y consecuencias elaboradas para permitir al GMAER evaluar y jerarquizar los riesgos en base a la experiencia del equipo, se presentan a continuación

Matriz de Interacciones.

Este método sirve para jerarquizar los eventos que pueden presentarse, asignando un índice de frecuencia y un índice de consecuencias, tomando al producto de los dos índices para llegar a un índice individual. El índice de frecuencia es determinado por apreciación en vez de realizarlo de una forma rigurosa. El índice de consecuencias se determina en función a la estimación de consecuencias.

Debido a que la asignación de los índices es por apreciación, se están tomando los siguientes criterios utilizados.

Tabla IX-34 Matriz de Riesgo.

		Consecuencia					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
Frecuencia / año	F6	C	B	A	A	A	A
	F5	C	C	B	B	A	A
	F4	D	C	C	B	B	A
	F3	D	C	C	C	B	A
	F2	D	D	C	C	C	B
	F1	D	D	D	D	C	C

Se entenderá como Magnitud de Riesgo (MR) al producto de la frecuencia por la consecuencia y

se expresa para facilitar su cálculo de la siguiente manera:

$$MR = F \times C$$

Para facilitar el cálculo, se realizará la ponderación de la frecuencia de la causa y la severidad de la consecuencia se procede a determinar los índices globales de riesgo, haciendo uso de la matriz de riesgo.

A continuación, se describe cada una de las consecuencias para la matriz de riesgo.

Tabla IX-35 Clasificación por Categorías de Consecuencias.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida o diferimiento de producción [USD]*	Daños a la instalación [USD]*
6	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	>5000'000,000	>5000'000,000
5	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de un día hasta 1 semana.	>50'000,000 a 500'000,000	>50'000,000 a 500'000,000
4	Lesiones o daños físicos con atención medica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efecto fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	>5'000,000 a 50'000,000	>5'000,000 a 50'000,000
3	Lesiones o daños físicos que requieren atención medica que puedan generar una incapacidad.	Ruido, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evaluación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
2	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruido, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas, y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1	No se esperan lesiones o daños físicos	No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos	<50,000	<50,000

El líder e integrantes del GMAER, estimaron las frecuencias y consecuencias de los peligros identificados en las matrices propuestas para los diferentes receptores de riesgos (Personal, Población, Medioambiente y Producción/Instalación). Las hojas de trabajo What If? y el Acta Constitutiva del GMAER se incluyen en el Anexo 5.

Desarrollo de Sesiones.

Para la identificación de los riesgos en el proyecto se utilizó la metodología cualitativa What If?, aplicada por un grupo multidisciplinario, la cual tiene como objetivo principal el evaluar cualitativamente el número y cuales escenarios peligrosos o accidentales puedan producirse, identificando sus causas, consecuencias y posibles salvaguardas (sistemas de prevención o mitigación).

Los planos utilizados fueron proporcionados por PEMEX, y estos son los más recientes con los que se cuentan (ingeniería Básica).

El presente estudio se realizó con la participación de un equipo multidisciplinario el cual cuenta con basto conocimiento y experiencia en la aplicación de metodologías de identificación de peligros y jerarquización de riesgos, así como la elaboración de estudios para el Sector Hidrocarburos.

Desarrollo de las Metodologías.

El número de nodos y subsistemas identificados para la aplicación de la metodología de identificación de riesgos What If para el proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**. se muestra en la Tabla IX-36.

Cabe señalar, que los nodos fueron determinados de manera conciliada y en base a la experiencia del grupo multidisciplinario y el facilitador de las sesiones (Líder Hazop), cumpliendo con las premisas de que un nodo debe de tener una identidad funcional propia; lo anterior, se puede observar en la Tabla IX-35 donde cada uno de los nodos definidos, cuentan con variables específicas que los describen, por lo que se facilita el análisis de cada desviación de sus propias variables de operación.

Tabla IX-36 Número de Identificación de Nodos o Subsistemas por la Metodología What If.

Subsistema (Nodo)	Parámetros de operación (1)	Alcance del nodo	Planos	Comentarios
1. Líneas de desfogue de batería Ixachi. [Nota: Estas líneas se analizan únicamente considerando el tramo de el escurrimiento que cruza(n).]	Desfogue de alta: Flujo: 680 MMPCED. Presión: 4 bar (58.01 psi) Temperatura: 49.64 °C Desfogue de baja: Flujo: 31.05 MMPCED. Presión: 4 bar (58.01 psi) Temperatura: 89.4 °C Desfogue frio: Flujo: 100 MMPCED. Presión: 4 bar (58.01 psi) Temperatura: ATM °C	Tubería de desfogue que pasa en rack de tubería en zona de escorrentía.	P-AH046-210- PE-390-0104_01 P-AH046-210- PE-390-0106_01	Respetar el escurrimiento del área natural.
2. Operación Rutinaria				
3. Operación No Rutinaria				
4. Factores Externos				

Nota: (1) Ver documentos D-F.62546-A-100_Rev. D y diámetro de tubería de D-F.62546-02-DTI-A-322A Rev. A (Anexo 1).

Con base en las premisas, consideraciones y la descripción de la metodología, en el Anexo 5 se presenta el reporte completo de las hojas de trabajo What If? del proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de**

Separación IXACHI”.

La nomenclatura empleada en las hojas de trabajo del Anexo 5 es:

F: Frecuencia; **DP:** Daño al Personal; **IA:** Impacto Ambiental; **EP:** Efectos a la Población; **DI:** Daño a la Instalación; **PP:** Perdidas de Producción; **MR:** Magnitud de Riesgo; **A:** Riesgo No tolerable, **B:** Riesgo indeseable, **C:** Riesgo Aceptable con controles o Riesgo ALARP (As low as reasonably practicable) y **D:** Riesgo Tolerable.

Resultados de la Identificación de Riesgos.

La siguiente información corresponde a los resultados obtenidos de las sesiones de trabajo del grupo multidisciplinario de trabajo para la identificación de riesgos del proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”.**

En las siguientes tablas, se puede observar un resumen general del análisis desarrollado para el proyecto. En dicha información podrá detectarse el nivel de análisis propuesto mismo que indica las diferentes causas identificadas por nodo y el número de consecuencias propuestos.

Tabla IX-37 Resumen General de la Aplicación de la Metodología What if?.

Sistema	Número de items analizados				
	Subsistema	What ifs	Consecuencia	Salvaguardas	Recomendaciones
1. Rack de tuberías para desfogue en batería de separación Ixachi.	4	17	18	29	0

Es importante señalar que la utilización de la metodología de jerarquización de riesgos durante el desarrollo del Análisis What If, tiene como base la experiencia del grupo multidisciplinario, dicha jerarquización es la pauta para el análisis cuantitativo a desarrollar, de igual forma como parte de este estudio será necesario el llevar a cabo la selección de los principales escenarios de riesgo, conforme a los resultados de la matriz de ponderación de riesgos tomando como base aquellos escenarios que se encuentren dentro de la zona intolerable o Tolerable si es tan bajo como razonablemente factible (de acuerdo a la matriz utilizada en el presente estudio).

Para mayor detalle de los resultados de las sesiones de trabajo, ver las hojas de trabajo What If en el Anexo 5, en donde además se incluye el Acta Constitutiva del GMAER.

Cabe mencionar que en estas tablas solo se muestran los escenarios calificados para las hojas de trabajo del What If, (ver Anexo 5).

IX.1.4.2.3 Jerarquización de Escenarios de Riesgos.

La ponderación y/o jerarquización de riesgos se realizó con el apoyo del grupo multidisciplinario de acuerdo con los siguientes pasos:

Se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción) de acuerdo con la Tabla IX-38.

Los objetivos de la jerarquización de los riesgos identificados del proyecto son:

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

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

En las siguientes tablas se muestran la clasificación de las frecuencias y de las consecuencias para la jerarquización de los escenarios propuestos en la metodología.

Tabla IX-38 Clasificación de frecuencias para Escenarios de Riesgo.

Categoría de frecuencia	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia / Año
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

Tabla IX-39 Clasificación por Categorías de Consecuencias.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida o diferimiento de producción [USD]*	Daños a la instalación [USD]*
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.					

Tabla IX-39 Clasificación por Categorías de Consecuencias.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida o diferimiento de producción [USD]*	Daños a la instalación [USD]*
-----------	-------------------	------------------------	-------------------	---	-------------------------------

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

Tabla IX-40 Matriz de Riesgo.

	Consecuencia					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Frecuencia / año	F6	C	B	A	A	A
	F5	C	C	B	A	A
	F4	D	C	C	B	A
	F3	D	C	C	B	A
	F2	D	D	C	C	B
	F1	D	D	D	C	C

Tabla IX-41 Definiciones de los Índices de Riesgo.

Índice de riesgo	Jerarquización / Aceptación	Descripción
A	Riesgo No tolerable (Región Roja)	El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas durante el diseño y/o construcción del proyecto de exploración y/o explotación. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo "No Tolerable para PEP, se deberá realizar una administración de riesgos por medio de controles de ingeniería hasta reducirlo a tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo tipo "D".
B	Riesgo indeseable (Región Naranja).	El riesgo se requiere se implementen acciones inmediatas durante el diseño y/o construcción del proyecto de exploración y/o explotación. Un riesgo tipo "B" representa una situación de riesgo indeseable para PEP se deberá realizar una administración de riesgo por medio de controles de ingeniería hasta reducirlo a tipo "C" y en el mejor de los casos hasta riesgo tipo "D"
C	Riesgo Aceptable con controles o Riesgo ALARP (As low as reasonably practicable)	El riesgo permite se implementen acciones correctivas y preventivas, pero se puede administrar las acciones durante las siguientes etapas del proyecto. Un riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo aceptable siempre y cuando se establezca controles permanentes de ingeniería. En caso de identificar un Riesgo Tipo C, se debe emplazar

Tabla IX-41 Definiciones de los Índices de Riesgo.

Índice de riesgo	Jerarquización / Aceptación	Descripción
		al Centro de Trabajo responsable del Proyecto por un periodo de 60 días naturales, con la finalidad de establecer acciones correctivas y preventivas que deben implementarse para la reducción de Riesgo a tipo D.
D	Riesgo Tolerable (Región verde)	El riesgo no requiere de acciones inmediatas, es de bajo impacto y puede programarse su atención y reducción conjuntamente con otras actividades durante el diseño y/o construcción si así lo considera la MACT. Un riesgo Tipo "D" representa una situación de riesgo "Tolerable" para PEP, la atención de las recomendaciones emitidas para la administración de los riesgos identificados serán consideradas como áreas de oportunidad las cuales quedaran a consideración de la MACT su atención.

La MR de un escenario de riesgo será calculada por la fórmula:

$$MR = Fx C_{PE} + Fx C_{PO} + Fx C_{MA} + Fx C_{PR}$$

Dónde:

(C_{PE} , C_{PO} , C_{MA} , C_{PR}) Son los valores absolutos que se asignan a las categorías de las consecuencias al personal, a la población, al impacto ambiental y al diferimiento de Producción/instalación, (Valores de 1 a 6) en base a la Tabla IX-38 Clasificación por Categorías de Consecuencias.

(F) Es el valor absoluto de la clasificación de la Frecuencia de acuerdo con su categoría (Valor de 1 a 6) en base a la Tabla IX-39 Clasificación por Categorías de Frecuencias.

Los valores que se indican en cada una de las celdas de la Tabla X-42, son los que deberán utilizar para clasificar los escenarios de acuerdo con su Magnitud de Riesgo (MR) en base a los resultados obtenidos al utilizar la formula arriba descrita:

Tabla IX-42 Valores para clasificar los escenarios de acuerdo con su Magnitud de Riesgo (MR).

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

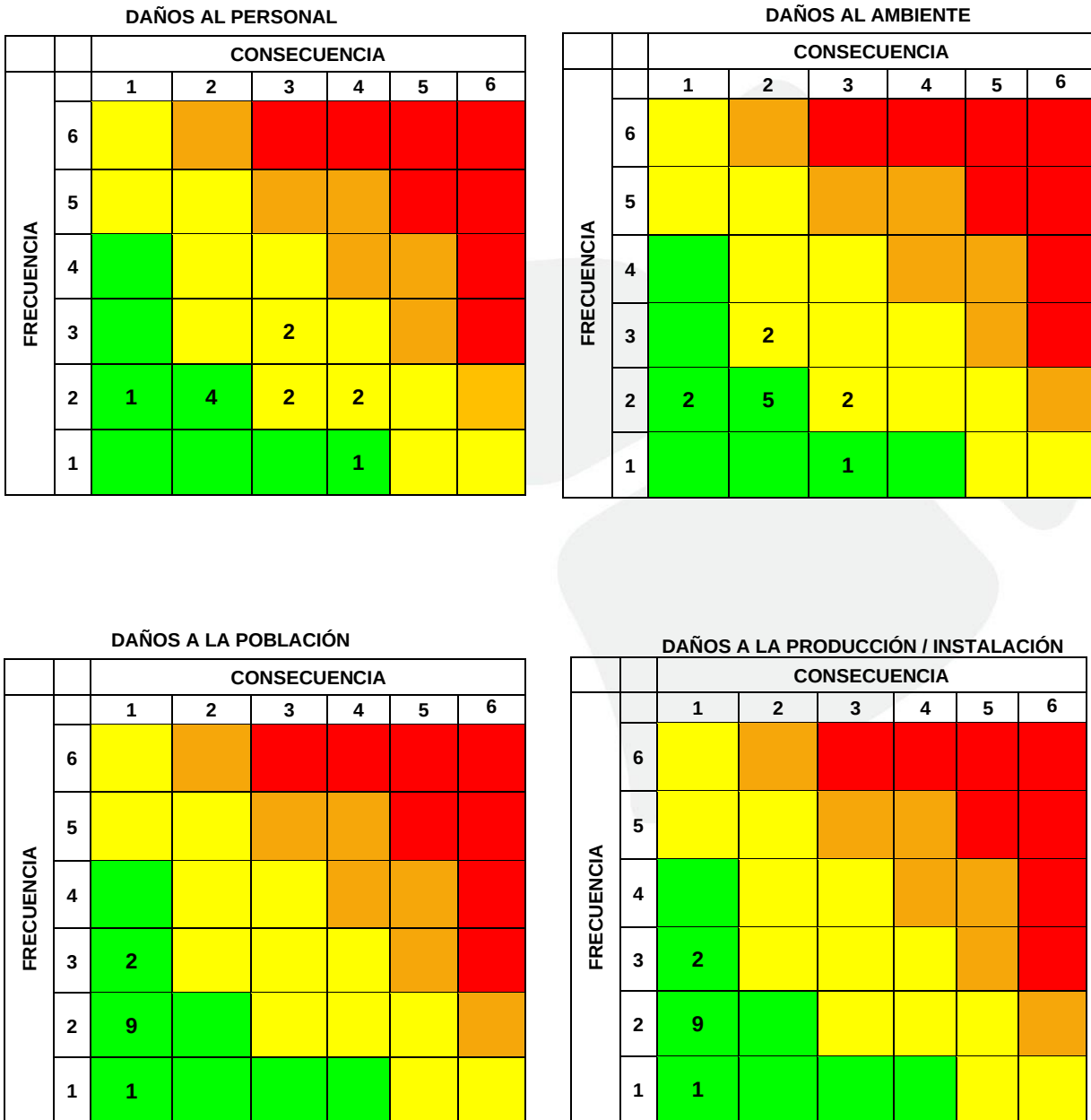
De acuerdo con el valor obtenido de la Magnitud de Riesgo (MR) de cada escenario se clasificarán en base a los siguientes rangos:

Escenarios con Magnitud de Riesgo $1 \geq MR \leq 19$ Se considerarán Escenarios de Riesgo Tolerable y quedará a consideración del Responsable de la instalación si serán atendidas o consideradas como áreas de oportunidad las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.	Escenarios con Magnitud de Riesgo $20 \geq MR \leq 47$ Se considerarán Escenarios de Riesgo Aceptables con controles y se deberá hacer un Análisis Costo-Beneficio para la atención de las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.	Escenarios con Magnitud de Riesgo $48 \geq MR \leq 76$ Se considerarán Escenarios de Riesgo Indeseables y quedará a por lo que se deberán implementar acciones "Permanentes" para atender las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.	Escenarios con Magnitud de Riesgo $77 \geq MR \leq 144$ Se considerarán Escenarios de Riesgo No Tolerable por lo que se deberán implementar acciones "Temporales y Permanentes" para atender las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.
---	---	--	---

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la metodología de identificación What if, se procedió a realizar la jerarquización de riesgos usando las tablas antes mencionadas.

La Figura. IX-56 muestran las matrices y el número de escenarios resultantes de la jerarquización de riesgos por la aplicación de la metodología y What if. Resaltando la zona donde se ubican clasificándolos como riesgos: Riesgo No tolerable, Riesgo indeseable, Riesgo Aceptable con controles o Riesgo ALARP (As low as reasonably practicable) y Riesgo Tolerable.

Figura. IX-56. Matriz de Riesgos Identificados (Metodología What If, Riesgo Inherente).



Después de realizar la jerarquización de Riesgos, para el proyecto denominado: "**Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI**", de los 12 escenarios del what if, se observan 3 escenarios en la tubería de desfogue, donde se consideró la pérdida de contención de las sustancias manejadas en el proyecto, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IX-43. Escenarios de Riesgo identificados.

No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo (F x C)	Magnitud de Riesgo	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Instalación superficial	Sustancia involucrada
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.								

Tabla IX-43. Escenarios de Riesgo identificados.

No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de Riesgo (F x C)	Magnitud de Riesgo	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Instalación superficial	Sustancia involucrada
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.								

De acuerdo con el listado de los Escenarios de Riesgo, se establece la tipificación de escenarios en casos más probables, los peores casos (liberación masiva de toda la sustancia manejada o ruptura total del ducto y/o recipiente) y de ser aplicable, los casos alternos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IX-44 Tipificación de los Escenarios de Riesgo Identificados.

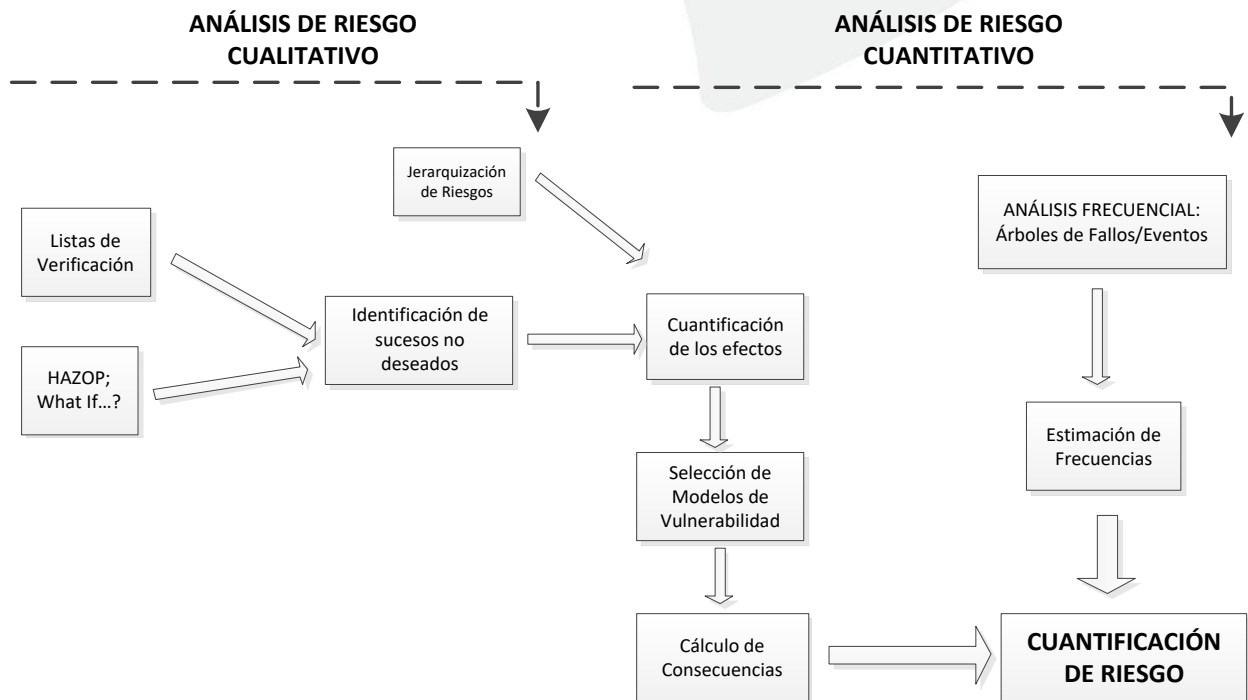
No	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Tipo de Caso
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

IX.1.4.3 Análisis Cuantitativo de Riesgos.

En este apartado se tratan brevemente los métodos que permiten cuantificar la probabilidad de que tenga lugar un determinado tipo de accidente. No basta con identificar todos los posibles accidentes, sus causas y sus cadenas de evolución. Tampoco es suficiente poder predecir los efectos de un accidente supuesto y un determinado conjunto de circunstancias.

El Análisis Cuantitativo de Riesgos se realiza primero sobre los Riesgos definidos como prioritarios en el proceso. Analiza el efecto de esos Riesgos, y les asigna una cuantificación numérica. Lo que permite tomar decisiones en caso de incertidumbre.

A diferencia del análisis cualitativo o semicuantitativo, el valor numérico obtenido mediante un ACR (Análisis Cuantitativo de Riesgos) puede compararse numéricamente con criterios de aceptación, establecidos de forma reglamentaria o considerados como válidos en un contexto de buenas prácticas de actividades industriales. El Análisis Cuantitativo de Riesgo es una metodología que cuantifica la probabilidad esperada de ciertos eventos de mayor riesgo identificados mediante análisis What if en este estudio. La metodología para elaborar un análisis cuantitativo de riesgo es la siguiente:



IX.1.4.3.1 Análisis Detallado de Frecuencias.

Una vez realizada la ponderación cualitativa por el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER) de los riesgos identificados, se procede a realizar un análisis frecuencial para determinar que las frecuencias no han sido subestimadas, lo anterior se realiza cuando la frecuencia es clasificada como F4 o superior.

El objetivo de esta metodología es el de cuantificar la frecuencia de ocurrencia para los eventos identificados en la Región ALARP (riesgos tipo B) o escenarios de pérdida de contención durante la aplicación de la metodología de identificación de riesgos What if utilizando datos bibliográficos, o bien la técnica de árbol de fallos. Asimismo, se definirán las posibles secuencias accidentales desencadenadas por un determinado suceso iniciador mediante el empleo de la técnica del árbol de eventos.

Árbol de Fallas y Eventos.

Para estimar la frecuencia de fallos involucrados en el proyecto, se estimaron de forma directa para las tuberías de proceso en donde puede ocurrir una fuga o ruptura de acuerdo con los criterios y procedimientos establecidos en las Guías para elaborar un Análisis Cuantitativo de Riesgo Establecidos por AICHE.

Para el cálculo de frecuencias directas en tuberías de proceso se emplean los datos de frecuencias de fallo de tuberías que se muestran en la Tabla IX-45 y que se encuentran en la sección 3.2 “Eventos de pérdida de contención en establecimientos (LOCs)”, indicados en el documento Guías para Análisis de Riesgos Cuantitativos “Purple Book” o CPR 18E emitido por TNO.

Tabla IX-45 Frecuencia de Fallo para Tuberías de Proceso.

Diámetro de la tubería	Frecuencia de fallo $m^{-1} \text{ año}^{-1}$	Frecuencia de fallo $m^{-1} \text{ año}^{-1}$
	Ruptura ⁽¹⁾	Fuga ⁽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: (1) Los datos de frecuencia de fallo para tuberías están obtenidos de la tabla 3.7 frecuencia de pérdida de contención para tuberías ruptura total y fugas Guidelines for Quantitative Risk Assessment “Purple Book”, CPR 18E, Netherlands, 2005, Cap. 3, Página 3.7

La memoria de cálculo y la obtención de las frecuencias directas para cada uno de los escenarios hipotéticos planteados se presentan en el Anexo 6.

El desarrollo de los árboles de Eventos o Sucesos aplica para todos los escenarios, su obtención es directa y los valores utilizados se muestran en la Tabla IX-46.

Los resultados del análisis de frecuencias después de aplicar las técnicas de árbol de eventos se presentan en la Tabla IX-46, la cual resume la frecuencia de ocurrencia de la totalidad de los escenarios accidentales planteados, es decir la probabilidad de que ocurran los diferentes sucesos que pudieran suscitarse en caso de presentarse una fuga en los nodos analizados.

Tabla IX-46 Frecuencia de Ocurrencia Resultantes del Análisis Frecuencial de los Eventos Identificados.

Escenario	Hipótesis del escenario	Frecuencia de fallo de tuberías	Ø	Longitud estimada	Frecuencia de ocurrencia
		(Ocasiones / m-año)	(plg)	(m)	(Eventos / año)

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

Tabla IX-46 Frecuencia de Ocurrencia Resultantes del Análisis Frecuencial de los Eventos Identificados.

Escenario	Hipótesis del escenario	Frecuencia de fallo de tuberías	Ø	Longitud estimada	Frecuencia de ocurrencia
		(Ocasiones / m-año)	(plg)	(m)	(Eventos / año)
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.					

Como criterio general para el desarrollo del Análisis Frecuencial y poder determinar la frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados, se tomó una distancia o longitud de tubería de 300 metros la cual corresponde a la distancia desde el inicio de los cabezales de desfogue hacia los quemadores elevados.

Para calcular la frecuencia de ocurrencia del evento final, se multiplica el valor calculado en el árbol de fallas o cálculo directo por la probabilidad de cada uno de los eventos o capas de protección del presente proyecto aplicables a cada hipótesis de riesgo, por ejemplo: Los resultados del análisis de frecuencias después de aplicar las técnicas de árbol de eventos se presentan en la Tabla IX-47, la cual resume la frecuencia de ocurrencia de la totalidad de los escenarios accidentales planteados, es decir la probabilidad de que ocurran los diferentes sucesos que pudieran suscitarse en caso de presentarse una fuga en las nodos analizados.

Tabla IX-47. Frecuencia de Ocurrencia de los Eventos Identificados.

Escenario	Hipótesis del escenario	Frecuencia de ocurrencia evento iniciador	Frecuencia de ocurrencia evento final (Árboles de eventos)
		(Eventos / año)	(Eventos / Año)
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

Tabla IX-47. Frecuencia de Ocurrencia de los Eventos Identificados.

Escenario	Hipótesis del escenario	Frecuencia de ocurrencia evento iniciador	Frecuencia de ocurrencia evento final (Árboles de eventos)
		(Eventos / año)	(Eventos / Año)
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

A partir del Análisis Frecuencial se puede decir que todos los escenarios (evento final) resultaron ser de probabilidad muy baja (del orden de 2.99×10^{-05} a 3.60×10^{-09}) que corresponden al evento con mayor frecuencia de ocurrencia “Formación de nube inflamable con facilidad en el control” hasta la de menor probabilidad que corresponde a “Jet Fire (Incendio de chorro), dificultad en el control y extinción”. La totalidad de los eventos analizados su frecuencia de ocurrencia es Improbable o se pueden catalogar como de probabilidad extremadamente rara.

Para el análisis cuantitativo de Riesgo se han desarrollado árboles de fallas y de eventos, los cuales corresponden a los escenarios propuestos ponderado como No tolerables, la memoria de cálculo del análisis frecuencial se pueden visualizar en el Anexo 6.

IX.1.4.3.2 Análisis Detallado de Consecuencias.

El objetivo del análisis de consecuencias es llevar a cabo la evaluación y determinación de los valores de ondas de sobrepresión, el tiempo de duración de explosión y la radiación que pueda generarse por el desarrollo de algunos de los eventos indeseables identificados en el What if además con los resultados de la evaluación de los escenarios propuestos poder determinar los requerimientos de material ignífugo o protección pasiva para la protección del personal, equipos, equipos críticos, cuartos de control y rutas de escape en las plataformas.

Para esta evaluación se pueden presentar tres tipos de fenómenos, los cuales son:

- Fenómenos del tipo mecánico: ondas de presión y proyectiles
- Fenómenos de tipo térmico: radiación térmica
- Fenómenos del tipo químico: fuga o derrames incontrolados de sustancias tóxicas o contaminantes.

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"
- Deflagraciones no confinadas de nubes de gases inflamables o "UVCE"
- Estallido de depósitos o "BLEVE"
- Explosiones físicas y/o químicas
- 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: "Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI" se utilizó el software PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool) 8.4 de DNV, 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:

- Descargas atmosféricas de diseño y rutinarias.
- Descargas atmosféricas accidentales y peligrosas.

Los modelos de descarga consideran:

- Flujos de líquidos, gases o de dos fases.
- Materiales individuales o mezclas.
- Comportamiento estable o dependiente del tiempo.
- Descargas en interiores de edificios.

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 incluyen:

- BLEVE's y bolas de fuego.
- Dardos de fuego.
- Incendio de charcos.
- Deflagraciones.
- Explosiones de nubes de vapor.

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.

Los criterios y los datos operativos que se consideraron para la estimación de consecuencias y que fueron alimentadas al simulador, para cada uno de los escenarios identificados para el proyecto “Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI” se podrán observar al final de éste capítulo, así mismo los resultados de obtenidos a partir de la simulación con el software PHAST 8.4, las cuales para mayor referencia o consulta, se presentan en el Anexo 7.

Es importante señalar que en apego a lo descrito en la “Guía Operativa para realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos e Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción” con clave GO-SS-TC-0002-2020 2da Revisión, así como del documento denominado Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por Fugas y Derrames de sustancias peligrosas, en

instalaciones de Petróleos Mexicanos con clave DCO-GDOESSSPA-CT-001, Rev. 1, a continuación, podrá observarse la tipificación de escenarios en de acuerdo con lo siguiente:

Escenario(s) de mayor Riesgo (Más Probable). – Es el(los) Escenario(s) de riesgo con el(los) mayor(es) resultado(s) del producto de la Frecuencia por la Consecuencia y resultados tienen una $MR \geq 48$ durante la Evaluación y Jerarquización de Riesgo Inherente, son los principales Escenarios que se tendrán que administrar en un ARP.

Peor caso. - Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites de toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo con los criterios para definir las zonas intermedias de salvaguarda al entorno de la instalación.

Caso alternativo. - Es el evento creíble de una liberación accidental de un material o sustancias peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al peor caso o el escenario de mayor Riesgo identificado en la Evaluación de Riesgo Inherente.

En los apartados siguientes podrán observarse los criterios utilizados para la evaluación de consecuencias, mismos que se encuentran en apego a los lineamientos antes señalados.

Criterios Utilizados para Determinar Diámetro de Orificio y Tiempos de Fuga, así como la Descripción de los Escenarios.

Tal como lo indica el documento Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos, con clave DCO – GDO ESSSPA – CT - 001 Rev. 1 con fecha de septiembre de 2011. Para determinar los diámetros de fugas se seguirá el siguiente criterio:

Tabla IX-48 Criterios para Asignar Diámetros de Orificio.

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

(2) Considerar que la fuga ocurre a una altura de 4 metros que es la altura mínima del Rack.

Tabla IX-49 Criterios para Asignar Tiempos de Fuga.

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

Condiciones Ambientales y Tipo de Área de Localización del proyecto.

Tabla IX-50 Criterios Ambientales para Simular los Eventos de Fuga.

Para:	Peor Caso	Caso más probable	Caso alternativo
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

Condiciones Meteorológicas al Momento de la Fuga del Material o Sustancia Peligrosa.

Debe elegirse una combinación de condiciones meteorológicas, de acuerdo con la velocidad y dirección del viento a la estabilidad atmosférica en el sitio (Condiciones de Pasquill), de acuerdo con los siguientes criterios:

Tabla IX-51 Criterios para Simular los Eventos de Fuga.

Para:	Peor Caso	Caso más probable	Caso alternativo
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.			

Las condiciones ambientales que imperan en la zona donde se desarrollará el proyecto “Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”, se muestran en la Tabla IX-52 por lo que en apego a tal información se dará validez respecto a las condiciones climatológicas del sitio para llevar a cabo la evaluación de

consecuencias a través del software PHAST 8.4, Así mismo, se considera necesario el tomar como base el realizar la evaluación de consecuencias bajo las condiciones más críticas de velocidad del viento y estabilidad (1.5 m/seg./F) señaladas como condiciones más desfavorables.

Tabla IX-52 Condiciones atmosféricas y climáticas del sitio.

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

Estabilidad Atmosférica:

Para la elección del tipo de estabilidad atmosférica, se considera las tablas de estabilidad de Pasquill. La estabilidad de la atmósfera depende de la diferencia de temperatura entre una porción de aire y el aire que la rodea. Por consiguiente, se pueden producir diferentes niveles de estabilidad según cuán grande o pequeña sea la diferencia de temperatura entre la porción de aire y el aire circundante. La atmósfera puede ser estable, condicionalmente estable, neutra, condicionalmente inestable o inestable, estos niveles de estabilidad se clasifican en seis clases basadas en cinco categorías de velocidad del viento superficial, tres tipos de insolación diurna y dos tipos de nubosidad nocturna. Estos tipos de estabilidad se denominan clases de estabilidad Pasquill-

Gifford, incluidas en la Tabla IX-54. Como puede verse, las estabilidades A, B y C representan las horas diurnas con condiciones inestables. La estabilidad D, los días o noches con cielo cubierto con condiciones neutrales. Las estabilidades E y F, las condiciones nocturnas estables, y se basan en la cantidad de cobertura de nubes. Por consiguiente, la clasificación A representa condiciones de gran inestabilidad y la clasificación F, de gran estabilidad.

Tabla IX-53 Estabilidad Atmosférica de Pasquill.

Velocidad del viento U_{10} (m/s)	Radiación solar			Horas de noche	
	Fuerte	Moderado	Débil	Fracción cubierta de nubes	
				$\geq 1/2$	$\leq 1/2$
< 2	A	A – B	B	E	F
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
6	C	D	D	D	D

En donde

Tabla IX-54 Identificación de Categorías de Estabilidad (de Pasquill – Gifford)

Categoría	Estabilidad
A	Extremadamente inestable
B	Moderadamente inestable
C	Ligeramente inestable
D	Neutra
E	Ligeramente estable
F	Moderadamente estable

De las consideraciones mencionadas y de las tablas IX-53 y IX-54, se establece que el tipo de estabilidad a considerar en la evaluación de consecuencias será de estabilidad tipo B-C (inestable o 3.38 /B-C) considerando una insolación fuerte.

Tipos de área de localización del proyecto.

Este factor, en función de los obstáculos (árboles, edificios, densidad de instalaciones industriales), influye en cuanto a la probabilidad de confinamiento de nubes tóxicas o nubes inflamables – explosivas.

Los criterios se pueden observar en la Tabla IX-55 a continuación:

Tabla IX-55 Criterios de Localización de los Eventos.

Costa adentro	Costa afuera
Área rural. No hay construcciones en el área inmediata y el terreno generalmente es plano y con pocos árboles.	Área marítima.
Área urbana. Implica muchos obstáculos en el área inmediata, incluidas las construcciones y los árboles.	-
Área industrial	-
Otra	-

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos Clave DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1. Tabla 6.

Diámetro equivalente de fuga (DEF).

De manera general en el documento DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1 (Criterios Técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas en Instalaciones de Petróleos Mexicanos) en el cual indica que para el caso de analizar eventos que involucren fugas en líneas de proceso, ductos, bridas, sellos mecánicos en equipo rotatorio, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso, debe utilizarse el diámetro equivalente de fuga que resulte de una estadística de fugas de los últimos cinco años, en caso contrario si no se cuenta con esta estadística, deben utilizarse los siguientes criterios mostrados en la Tabla IX-56.

Tabla IX-56 Criterios para Asignar el Diámetro de Fuga.

Para el caso alterno	Líneas de proceso $\frac{3}{4}" \leq DN \leq 2"$	DEF= 1.00 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso $2" < DN \leq 4"$	DEF= 0.30 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso o ductos de transporte: $6" \leq DN$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Bridas	Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores ($1.0*(DN)$, $0.3*(DN)$ y $0.2*(DN)$)
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso	Para todos los tamaños de flechas DEF= Calcular con el 100% del área anular.
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso	Para todos los tamaños de vástagos DEF= Calcularlo con el 100% del área anular.
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de Análisis y evaluación de riesgos.	
Para el caso más probable	Líneas de proceso $\frac{3}{4}" \leq DN \leq 2"$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso $2" < DN \leq 4"$	DEF= 0.6" por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura.
	Línea de proceso o ductos de transporte: $6" \leq DN$	DEF= 0.75" para DN de 6" a 14" DEF= 1.25" para DN de 16" a 24" DEF= 2.0" para DN mayores a 30" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura)
	Bridas	Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables.

	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso. Empaquetaduras en válvulas de proceso	DEF= Calcularlo con el 40% del área anular que resulte.
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos.	

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev.1. Tabla 9.

Nota: En el caso de nuevos proyectos, para fugas o derrames en línea de proceso o ductos, deben ser simuladas considerando el 20% del diámetro del ducto o línea y su ruptura total.

Otras consideraciones en la evaluación de consecuencias.

En la evaluación de consecuencias y para efectos de este estudio en la Tabla IX-57 siguiente se puede observar los principales niveles de radiación o sobrepresión que serán estimados a través del modelo matemático de simulación PHAST 8.4, con el objeto de verificar los niveles de afectación hacia el proyecto (estructuras, equipos, etc.) que se encuentren cercanos al área de los sistemas derivado de la hipótesis o escenarios identificados.

Para definir y justificar las zonas de seguridad en torno a las instalaciones objeto de estudio se utilizaron los parámetros que se indican en la Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev.1.

Tabla IX-57 Zonas de Riesgo por Toxicidad, Inflamabilidad y Explosividad.

Definición de zona	Toxicidad (Concentración ppm)	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 kW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.0 lb/plg ² 0.070 kg/cm ²
Zona de Amortiguamiento	TLV8 o TLV15	1.4 kW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/plg ² 0.035 kg/cm ² .

IDLH: (immediately Dangerous to Life or Health): Esta es la concentración considerada "inmediatamente peligrosa para la vida o la salud" definida por NIOSH. Se define como "aquella que supone un riesgo de exposición al contaminante en el aire tal, que la exposición podría causar la muerte o efectos inmediatos.

TLV-STEL: Abreviación de "Threshold Limit Value - Short term exposure limit". Se refiere a un promedio ponderado de exposición de 15 minutos que no debe ser excedido en ningún momento durante un día laborable, incluso si el tiempo promedio se encuentra dentro del TLV (valor límite). Suplementa el TLV-TWA de 8.

Dispersión de Nube Tóxica / Inflamable.

Los vapores y gases emitidos por la mezcla gas-aceite, pueden generar una dispersión la cual va rebajando la concentración de la sustancia emitida, al tiempo que la extiende sobre regiones cada vez mayores del espacio. Esta dispersión dependerá de la estabilidad atmosférica. Su afectación dependerá de la toxicidad de los vapores o gases emitidos (siendo en este caso la mayor

afectación al personal cercano a la fuente de emisión), y de la cantidad de gas entre los límites de inflamabilidad que puedan encontrar un punto de ignición (ver flash Fire y jet Fire). En caso de presentarse una nube tóxica y de hidrocarburos (sin ignición) la dirección de los vientos Dominantes (ver tabla IX-52), indica que dicha nube se dirigiría hacia el sureste sin afectar al personal que laborará en la Batería de Separación Ixachi, ni en la instalación vecina existente (Batería Perdiz). Ver Anexo 8 donde se muestran los diagramas de pétalos por nube tóxica. Sin embargo, en el caso de que la nube flamable encontrara un punto de ignición no se podría establecer una dirección exacta pues no es posible establecer en que punto de la tubería se daría la fuga o ruptura, por lo que un jet fire podría dirigirse hacia cualquier dirección.

La Tabla IX-58 muestra el índice de mortalidad y las lesiones presentadas en un evento de dispersión de nube tóxica cuando un porcentaje de la población está expuesta a concentraciones letales (LC).

Tabla IX-58 Índices de mortalidad y lesiones presentadas por dispersión tóxica.

Índice de Mortalidad	Lesiones
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad bajo (1 %)	Daños a la epidermis: Inflamaciones leves y reacciones alérgicas ligeras. Daño a los ojos: Conjuntivitis.
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad medio (50 %)	Daños a la epidermis: Inflamaciones crónicas o agudas, reacciones alérgicas, neoplasia y ulceraciones diversas. Daño a los ojos: Daño permanente con resultado de ceguera. Daño a vías respiratorias: Bloqueo físico de alvéolos (polvos insolubles) o reacción con la pared del alvéolo para producir sustancias tóxicas.
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad alto (99 %) debido a la alta concentración de sustancias tóxica.	Lesiones irreversibles. Bloqueo físico permanente de alvéolos. Muerte en un corto tiempo.

La Tabla IX-59 presenta los umbrales olfativos y de seguridad en un evento de dispersión de nube tóxica para el Sulfuro de Hidrógeno, considerado sustancia química peligrosa de acuerdo con su TLV-TWA e I.P.V.S. (IDLH).

Tabla IX-59 Umbrales Olfativos y de Seguridad para Sustancias Químicas Peligrosas.

Nombre y Fórmula	Umbral Olfativo (ppm)	TLV-TWA (ppm)	TLV-STEL (ppm)	I.D.L.H. (ppm)
Sulfuro de Hidrógeno	0.0047	10*	15	100* (30 min)

*Sustancias con un nivel de seguridad por el umbral olfativo aceptable, pues más del 50 % de los individuos olerán la sustancia antes de alcanzar unos niveles de concentración que puedan suponer riesgos agudos o crónicos, datos tomados de NIOSH 2003.

Flamazo (Flash Fire)

Cuando se trata de líquidos inflamables que se vaporizan o de fugas de gases más densos que el aire, la nube de gas se diluye en el aire existente, haciendo que en determinados instantes y zonas existan mezclas de combustible y comburente en condiciones de efectuar la combustión. Si en una de estas zonas se encuentra un punto de ignición puede desprenderse la cantidad de calor necesaria para acelerar la velocidad de combustión de forma que se produzca una explosión, denominada o UVCE en su acrónimo inglés.

También es posible si la cantidad premezclada es muy grande, que se produzca una llamarada o "flash fire", sin efectos explosivos, pero con una intensa radiación.

Tabla IX-60 Efectos Presentados a Diferentes Niveles de Radiación Térmica.

Intensidad de Radiación kW/m ²	Descripción
1.4	No se presentan molestias, aún durante largos periodos de exposición. Es el flujo térmico equivalente al sol en verano y al medio día.
5	El umbral de dolor se alcanza después de 20 segundos de exposición. Así mismo después de 40 segundos de exposición, son probables las quemaduras de segundo grado
9.5	El umbral de dolor en una persona se alcanza después de 8 segundos de exposición; después de 20 segundos de exposición, se presentan quemaduras de segundo grado.
12.5	Energía mínima requerida para que la madera se prenda, por contacto por fuego. Tubería de plástico se funde.
25	Energía mínima requerida para provocar la ignición de la madera, por exposición prolongada (es decir, se prende por la pura exposición a este nivel de radiación. No se requiere ponerle fuego como, por ejemplo, con un cerillo)
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso.

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1. Anexo 3 página 28.

Tabla IX-61 Vulnerabilidad de Materiales.

Radiación (kW/m ²)	Material
60	Cemento
40	Cemento prensado
200	Hormigón armado
40	Acero
33	Madera (Ignición)
30 – 300	Vidrio
400	Pared de ladrillos
13	Daños en depósitos
12	Instrumentación

La Tabla IX-62 muestra los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

Tabla IX-62 Efectos del Flash Fire.

Personas u objetos	Descripción
Fuera de la nube	Como la duración del fenómeno es muy corta el daño es limitado y muy inferior.
Dentro de la nube sometidos a un contacto directo con la llama.	Las personas sufrirán quemaduras graves de 2° grado sobre una gran parte del cuerpo, la situación se agrava a quemaduras a 3° y 4° grado por la ignición más que probable de la ropa o vestidos La probabilidad de muerte es muy elevada. Aproximadamente morirá 14% de la población sometida a esta radiación con un 20 % como mínimo de quemaduras importantes. En el caso de que la persona porte ropa de protección que no se queme, su presencia reducirá la superficie del cuerpo expuesta (se considera en general que solo se irradia el 20 % de esta superficie que comprendería la cabeza 7 %; manos 5 % y los brazos 8 %). En el caso de personas situadas en el interior de viviendas, probablemente estarán protegidas – aunque sea parcialmente - de la llamarada, pero estarán expuestas a fuegos secundarios provocados por la misma.

Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE).

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobrepresión y los efectos térmicos suelen ser menos importantes que los anteriores. Asimismo, las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

Tabla IX-63. Efectos derivados de la Sobrepresión.

Valor umbral				Descripción
mbar	bar	kPa	psi	
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.				

Tabla IX-63. Efectos derivados de la Sobrepresión.

Valor umbral				Descripción
mbar	bar	kPa	psi	
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.				

Dardo de fuego (Jet Fire).

Ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica. Este evento es poco probable que pueda ocurrir para una línea de conducción de crudo, sin embargo,

si el crudo contiene dentro de su composición un alto porcentaje de gas, provocaría la ocurrencia de este evento. Para este evento ver lo descrito en radiación térmica.

Cuando un gas presurizado escapa a la atmósfera a través de un orificio o estrechamiento, se produce una típica descarga en tobera del chorro gaseoso (jet), con un máximo de velocidad en la garganta, que puede igualar a la velocidad del sonido si el cociente entre la presión atmosférica y la presión dentro del recipiente es inferior al valor crítico. Tras el orificio tiene lugar la disminución de la velocidad del gas, al ensancharse la sección de paso. Si una descarga de gas combustible entra en ignición se produce el dardo de fuego

Los efectos perniciosos de estos accidentes son fundamentalmente los siguientes:

- La radiación térmica generada por los incendios.
- Los efectos de los posibles gases tóxicos generados en la combustión.
- Las ondas de sobrepresión generadas por una explosión de nube inflamable.

El modelo utilizado, PHAST versión 8.4, permite calcular la velocidad de combustión y la radiación térmica que sufre un receptor sometido a un determinado incendio. El modelo calcula la forma y la intensidad de la flama, y se obtiene un amplio intervalo de resultados de radiación. El software considera para el dardo de fuego el modelo cónico.

Explosión de nube de vapor.

El término “explosión de nube de vapor” (en inglés VCE, de “Vapour Cloud Explosión”) es usado para definir la combustión de la mezcla combustible-aire formada por la fuga y dispersión de una sustancia combustible en la atmósfera, dando lugar a temperaturas muy elevadas, y generando una onda de presión.

En general, la mayoría de los combustibles tienen pesos moleculares mayores que el aire y, por consiguiente, se comportan como nubes pesadas que se mueven a ras de suelo y pueden encontrar fácilmente una fuente de ignición.

Para que tenga lugar la explosión de la nube, debe producirse la mezcla entre el combustible y el aire dentro de los límites de inflamabilidad. Si el punto de ignición está muy cerca del origen de la fuga el resultado será un incendio de chorro o de charco, según las características de la fuga.

Se considera que la máxima probabilidad de formación de una nube explosiva ocurre cuando el periodo de tiempo entre el inicio de la fuga y la ignición está comprendido entre 1 y 15 minutos, si

bien se encuentran documentados accidentes en los que se estima que dicho período fue de menos de un minuto, en unos casos, y entre 16 y 30 minutos, en otros (Lees, 1996).

Por otro lado, la magnitud de la onda de sobrepresión generada depende de la velocidad de propagación de la llama (frente de reacción). Cuanto mayor sea ésta, mayor será la sobrepresión alcanzada. La velocidad de propagación de la llama depende, a su vez, de la forma en que se inicie y progrese la combustión. Según ocurra ésta, el resultado puede ser una deflagración o, en condiciones más especiales, una detonación.

Para cumplir con los objetivos de este documento se considera el llevar a cabo como parte del análisis de consecuencias la evaluación de las posibles distintas afectaciones por la explosión de nube de vapor a través del método Multi energía (TNO, 1997).

Dicho método se utiliza para la determinación de las magnitudes peligrosas de las ondas de presión procedentes de la explosión de nubes de vapor, teniendo en cuenta que, cuando éstas se inflaman, las mayores sobrepresiones se generan en regiones congestionadas o confinadas de la nube.

Método Multi Energía.

La secuencia de aplicación del método Multi energía es la siguiente:

Selección del nivel de la explosión de 1 (deflagración más débil) a 10 (detonación) en función de la reactividad del combustible, ubicación de la nube, cantidad y dimensiones de los obstáculos y energía de la fuente de ignición, entre otros.

Determinación de la energía de la explosión a partir de la cantidad de sustancia combustible en la nube que se encuentra entre los límites de explosividad y de su entalpía de combustión.

Cálculo de la “distancia escalada” (R' , adimensional), que depende de la energía de la explosión y de la distancia (z , metros) a la que se desean conocer las magnitudes peligrosas de la onda de presión.

Para lo anterior, la experimentación en este campo presenta grandes dificultades técnicas y económicas, lo que justifica la escasa bibliografía publicada sobre explosiones de Modelo Multi energía.

Criterios para Seleccionar el Nivel de Explosión Apropriado.

La principal dificultad del procedimiento radica en la selección del nivel de explosión apropiado para cada caso, dada la diversidad de parámetros que influyen en el proceso.

La intensidad de la explosión depende de la masa y reactividad del combustible, de la congestión y/o confinamiento de la nube, de la intensidad de la fuente de ignición y de parámetros relacionados con la geometría de la zona obstruida.

Los criterios aportados por algunos autores pueden constituir una ayuda para seleccionar el nivel adecuado. El criterio más simple es el propuesto por TNO en el caso de ausencia de información sobre los factores mencionados anteriormente, consiste en seleccionar el nivel 7 cuando la explosión se produzca en una región obstruida, y el 3 en una zona sin obstáculos.

Dependiendo de la cantidad de información disponible y del grado de precisión requerido se pueden seguir otros criterios, destacando los de Kinsella (1993) y Baker (1996), recomendables cuando sólo se dispone de información cualitativa, y especialmente las de las guías GAME (1998) y GAMES (1998), que son las que se utilizan en este trabajo, en los casos que se disponga de información más amplia.

Kinsella (1993) tiene en cuenta el nivel de obstrucción de la nube, clasificándolo en alto, bajo y nulo; la existencia o no de confinamiento entre paredes paralelas y la energía de la fuente de ignición, distinguiendo entre fuerte (si es debida al venteo de una explosión en el interior de una conducción o situación análoga), y débil (si es debida a una llama, chispa o superficie caliente).

La tabla siguiente contiene los criterios que serán utilizados para el desarrollo de este documento, considerando para este análisis como el criterio más desfavorable en caso de ocurrir un escenario de pérdida de contención.

Tabla IX-64 Criterios para Seleccionar el Nivel de la Explosión más Idóneo, para el método Multienergía (Kinsella).

Obstrucción			Confinamiento entre planos paralelos	Energía de la fuente de ignición		Nivel confinamiento
Alta	Baja	Nula		Débil	Alta	
Sí	-	-	Sí	-	Sí	7-10
Sí	-	-	-	-	Sí	7-10
Sí	-	-	Sí	Sí	-	5-7
-	Sí	-	Sí	-	Sí	5-7
-	Sí	-	-	-	Sí	4-6
-	-	Sí	Sí	-	Sí	4-6
Sí	-	-	-	Sí	-	4-5
-	-	Sí	-	-	Sí	4-5
-	Sí	-	Sí	Sí	-	3-5
-	Sí	-	-	Sí	-	2-3
-	-	Sí	Sí	Sí	-	1-2
-	-	Sí	-	Sí	-	1

Fuente: CRP 14E, Methods for the Calculation of Physical Effects (Yellow Book), pag. 5.40 (2005)

El modelo matemático de simulación PHAST para el caso de evaluar en evento de explosión de nube de vapor a través del modelo multi energía utiliza los siguientes parámetros:

Resistencia no Confinada.

El programa puede realizar el modelado de explosión de las partes de la nube que no cubren un área de confinamiento fuerte, y marcar la casilla si desea llevar a cabo este modelo.

Si se marca la casilla, debe establecer el grado de confinamiento de las partes libres de la nube. Los valores típicos son 1 (totalmente confinados, espacios cerrados, cuartos, por ejemplo) y 2 (confinamiento ligero, por ejemplo, cercas, muros de contención, o setos).

Para el caso de este estudio se consideró el utilizar como criterio un confinamiento ligero utilizando el valor 4 en PHAST.

Fuentes Confinados por Onda Expansiva.

En el programa de simulación PHAST se puede modelar hasta siete casos de niveles de confinamiento para fuentes de explosión.

Para este caso solo se consideró un espacio semi confinado, sombreando la casilla de la Tabla IX-64 para incluir el valor de la última columna en el Programa de simulación Phast.

Grado de Confinamiento.

Es el grado de confinamiento en la zona o de la fuente. Este es un valor entre 3 (mínimo) y 10 (más alto). Los valores de 8 y 9 se utilizan normalmente para las unidades de proceso.

Aunque hay poca información disponible sobre la elección de la concentración apropiada, algunas características pueden estar relacionadas con los fenómenos de explosión, y su presencia aumentará la fuerza de confinamiento.

Tomando como referencia lo antes señalado, se consideró como criterio conservador el utilizar una fuerza de confinamiento de 4, es decir con poca obstrucción.

A los Escenarios propuestos de acuerdo con los lineamientos previamente mencionados, se les realizó un análisis de consecuencias, mismo que incluye un Análisis Cuantitativo mediante el simulador PHAST 8.4.

Las condiciones de operación y montos de los flujos considerados para las simulaciones se presentan en las siguiente Tabla.

Tabla IX-65 Condiciones de operación y montos de los flujos alimentados al programa de simulación Phast ver. 8.4.

Tipo de Caso	Identificación de Escenario		Diámetro (in)		Flujo Másico	Presión Bar (PSI)	Temperatura (°C)	Duración de la Fuga (seg)	Inventario involucrado IF (kg)	Tasa de Descarga Kg/s
	Clave	Descripción	Línea	Fuga	MMPCED					
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.										

Tabla IX-65 Condiciones de operación y montos de los flujos alimentados al programa de simulación Phast ver. 8.4.

Tipo de Caso	Identificación de Escenario		Diámetro (in)		Flujo Másico	Presión Bar (PSI)	Temperatura (°C)	Duración de la Fuga (seg)	Inventario involucrado IF (kg)	Tasa de Descarga Kg/s
	Clave	Descripción	Línea	Fuga	MMPCED					
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.										

Para los Escenarios hipotéticos de riesgo y con los criterios previamente mencionados, se les realizó un análisis de consecuencias, mediante el simulador Phast® 8.4.

Los inventarios (kg) y las tasas de descarga (kg/s) presentados en la Tabla IX-65, fueron calculados a través del simulador Phast® 8.4.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la simulación de consecuencias mediante Phast® 8.4.

EI.01.- Pérdida de contención en línea de 36” de desfogue de alta por ruptura parcial, con fuga de hidrocarburos, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.

I. DATOS GENERALES

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

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

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

EI.02.- Pérdida de contención en línea de 36" de desfogue de alta por ruptura total, con formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.

I. DATOS GENERALES

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

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

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

EI.03.- Pérdida de contención en línea de 24” de desfogue de baja por ruptura parcial, con fuga de hidrocarburos, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.

I. DATOS GENERALES

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

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

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

EI.04.- Pérdida de contención en línea de 24” de desfogue de baja por ruptura total, con formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.

I. DATOS GENERALES

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

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

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

EI.05.- Pérdida de contención en línea de 12" de desfogue frío por ruptura parcial, con fuga de hidrocarburos, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.

I. DATOS GENERALES

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

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

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

EI.06.- Pérdida de contención en línea de 12" de desfogue frío por ruptura total, con formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.

I. DATOS GENERALES

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

VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

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

IX.1.5 REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

En el Anexo 8 “Diagramas de Pétalos”, se encuentran los planos donde se representan las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento (radiación térmica, sobrepresión y dispersión), en donde se pueden identificar los puntos de interés, así como otras áreas, equipos, zonas habitadas, zonas ambientales, ductos o instalaciones.

IX.1.6 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO.

IX.1.6.1 Análisis de Vulnerabilidad.

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 estos, con otras áreas de interés o posiblemente afectadas, equipos, ductos o instalaciones, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el análisis de Riesgo, previamente determinadas, considerando la probabilidad de ocurrencia de un Efecto dominó. Considerando la descripción detallada de las posibles afectaciones respecto a los receptores de riesgo de interés (personas, población, medio ambiente, instalación/producción, entre otros).

Receptores de Riesgo.

A continuación, se describe los efectos que se tendrán sobre los equipos que conforman el Proyecto y/o Instalación, así como al ambiente, por lo que se identifican y describen a detalle las instalaciones, componentes ambientales (agua, suelo, flora, fauna, entre otros), las zonas habitacionales, escuelas, comunidades o asentamientos humanos que se encuentran inmersos en las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo determinadas.

Lo anterior, se integra mediante una tabla, en la que se indican todos los datos anteriores a detalle para cada uno de los escenarios simulados, así como los Sistemas de Seguridad y medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencia.

Tabla IX-66 Descripción de los Posibles Receptores del Riesgo.

Clave y Descripción del escenario de Riesgo.	Receptores de Riesgo.	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción de la afectación	Salvaguardas existentes
EI.01 - Pérdida de contención en línea de 36" de desfogue de alta por ruptura parcial, con fuga de hidrocarburos, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.	Personal	Radiación y Sobrepresión	Alto Riesgo (daño a equipos)	Personal: Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Población		Alto Riesgo	Población: No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	
	Medio Ambiente		Alto Riesgo	Ambiente: Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	
EI.02 - Pérdida de contención en línea de 36" de desfogue de alta por ruptura total, con formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.	Producción/ Instalación	Radiación y Sobrepresión	Amortiguamiento	Producción Instalación: >50,000 a 500,000 USD.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Personal		Alto Riesgo (daño a equipos)	Personal: Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	
	Población		Alto Riesgo	Población: No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	
EI.03 - Pérdida de contención en línea de 24" de desfogue de baja por ruptura parcial, con fuga de hidrocarburos, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.	Medio Ambiente	Radiación y Sobrepresión	Alto Riesgo	Ambiente: Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Producción/ Instalación		Amortiguamiento	Producción Instalación: >50,000 a 500,000 USD.	
	Personal		Alto Riesgo (Daño a equipos)	Personal: Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	
	Población	Radiación y Sobrepresión	Alto Riesgo	Población: No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Medio Ambiente		Alto Riesgo	Ambiente: Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	
	Producción/ Instalación		Amortiguamiento	Producción Instalación: >50,000 a 500,000 USD.	

Tabla IX-66 Descripción de los Posibles Receptores del Riesgo.

Clave y Descripción del escenario de Riesgo.	Receptores de Riesgo.	Tipo de evento	Tipo de zona	Descripción de la afectación	Salvaguardas existentes
EI.04 - Pérdida de contención en línea de 24" de desfogue de baja por ruptura total, con formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.	Personal	Radiación y Sobrepresión	Alto Riesgo (Daño a equipos)	Personal: Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Población		Alto Riesgo	Población: No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	
	Medio Ambiente		Alto Riesgo	Ambiente: Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	
EI.05 - Pérdida de contención en línea de 12" de desfogue frío por ruptura parcial, con fuga de hidrocarburos, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.	Producción/ Instalación	Radiación y Sobrepresión	Amortiguamiento	Producción Instalación: >50,000 a 500,000 USD.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Personal		Alto Riesgo (Daño a equipos)	Personal: Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	
	Población		Alto Riesgo	Población: No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	
EI.06 - Pérdida de contención en línea de 12" de desfogue frío por ruptura total, con formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.	Medio Ambiente	Radiación y Sobrepresión	Alto Riesgo	Ambiente: Fugas, y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Producción/ Instalación		Amortiguamiento	Producción Instalación: <50,000 USD.	
	Personal		Alto Riesgo (Daño a equipos)	Personal: Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	
EI.06 - Pérdida de contención en línea de 12" de desfogue frío por ruptura total, con formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión, con daño al medio ambiente y daño a la producción.	Población	Radiación y Sobrepresión	Alto Riesgo	Población: No se esperan impactos lesiones o daños físicos.	1. Plan de respuesta a emergencia. 2. Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
	Medio Ambiente		Alto Riesgo	Ambiente: Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	
	Producción/ Instalación		Amortiguamiento	Producción Instalación: <50,000 a 500,000 USD.	

IX.1.6.2 Interacciones de Riesgo.

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 del proyecto, a efecto de evitar del deterioro del medio ambiente, además de aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de Accidente. Lo anterior, se integran mediante una tabla, en la que se indiquen todas las medidas existentes o a implementar, como se indica la Tabla IX-67.

Tabla IX-67 Interacciones de Riesgos.

Clave escenario de Riesgo.	Equipo / Sitio de la planta.	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo.	Tipo de Zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados.	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m).	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo).
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.								

Tabla IX-67 Interacciones de Riesgos.

Clave escenario de Riesgo.	Equipo / Sitio de la planta.	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo.	Tipo de Zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados.	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m).	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo).
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.								

Tabla IX-67 Interacciones de Riesgos.

Clave escenario de Riesgo.	Equipo / Sitio de la planta.	Sustancia peligrosa involucrada en el escenario de riesgo.	Tipo de Zona	Tipo de evento	Radio de afectación (m)	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados.	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga (m).	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas (identificadas en sesiones de trabajo).
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.								

Como complemento a la descripción de las posibles interacciones de riesgo se realiza el siguiente análisis para determinar si pudieran existir daños al Sistema Ambiental a partir de los escenarios de riesgos identificados y evaluados cuantitativamente y con base al Diagnóstico Ambiental realizado en el Capítulo IV de la MIA-R en la cual se identificaron las zonas de interés o de fragilidad ecológica que pudieran incidir con el Sistema Ambiental Regional y Área del Proyecto, y que pudieran verse afectadas por alguno de los eventos no deseados descritos en la Tabla IX-67.

Las capas ambientales utilizadas para hacer la sobre posición de los radios de los escenarios de riesgo son las siguientes:

1. Áreas Naturales Protegidas Federales.
2. Áreas Naturales Protegidas Estatales.
3. Áreas para la Importancia de la Conservación de las Aves.
4. Regiones Terrestres Protegidas.
5. Regiones Hidrológicas Protegidas.
6. Sitios RAMSAR. A continuación, se muestra los resultados de los escenarios de riesgo.

La Figura IX-57 (a, b) muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario E.01, el cual muestra el radio de afectación para la zona de alto riesgo (radiación de 5.0 KW/m²) es de 32.52 m y para la zona de amortiguamiento de 1.4 KW/m² el radio potencial de afectación es de 48.42 m, en tanto que para explosión los radios de afectación son de 16.42 m a una sobrepresión de 1.0 psi (zona de alto riesgo) y de 22.81 m para 0.5 psi (zona de amortiguamiento):

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.

(a)

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.

(b)

Figura IX-57 Radiación (a) y Sobrepresión (b).

Fuente: TEMA (2022)

La Figura IX-58 (a, b) muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario E.02, el cual muestra el radio de afectación para la zona de alto riesgo (radiación de 5.0 KW/m²) es de 146.94 m y para la zona de amortiguamiento de 1.4 KW/m² el radio potencial de afectación es de 227.38 m, en tanto que para explosión los radios de afectación son de 35.83 m a una sobrepresión de 1.0 psi (zona de alto riesgo) y de 61.54 m para 0.5 psi (zona de amortiguamiento):

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.

(a)

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.

(b)
Figura IX-58 Radiación (a) y Sobrepresión (b).
Fuente: TEMA (2022)

La siguiente Figura IX-59 (a, b) muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario E.03, el cual muestra el radio de afectación para la zona de alto riesgo (radiación de 5.0 KW/m²) es de 23.52 m y para la zona de amortiguamiento de 1.4 KW/m² el radio potencial de afectación es de 35.79 m, en tanto que para explosión los radios de afectación son de 15.10 m a una sobrepresión de 1.0 psi (zona de alto riesgo) y de 20.17 m para 0.5 psi (zona de amortiguamiento):

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.

(a)

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.

(b)

Figura IX-59 Radiación (a) y Sobrepresión (b).

Fuente: TEMA (2022)

La Figura IX-60 (a, b) muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario E.04, el cual muestra el radio de afectación para la zona de alto riesgo (radiación de 5.0 KW/m²) es de 112.31 m y para la zona de amortiguamiento de 1.4 KW/m² el radio potencial de afectación es de 172.63 m, en tanto que para explosión los radios de afectación son de 31.65 m a una sobrepresión de 1.0 psi (zona de alto riesgo) y de 53.20 m para 0.5 psi (zona de amortiguamiento):

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.

(a)

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.

(b)
Figura IX-60 Radiación (a) y Sobrepresión (b).
Fuente: TEMA (2022)

La Figura IX-61 (a, b) muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario E.05, el cual muestra el radio de afectación de 14.23 m para la zona de amortiguamiento con 1.4 KW/m²; en tanto que para explosión los radios de afectación son de 12.18 m a una sobrepresión de 1.0 psi (zona de alto riesgo) y de 14.35 m para 0.5 psi (zona de amortiguamiento):

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.

(a)

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.

(b)

Figura IX-61 Radiación (a) y Sobrepresión (b).

Fuente: TEMA (2022)

La Figura IX-62 (a, b) muestra los resultados obtenidos para radios por radiación térmica del escenario E.06, el cual muestra el radio de afectación para la zona de alto riesgo (radiación de 5.0 KW/m²) es de 52.88 m y para la zona de amortiguamiento de 1.4 KW/m² el radio potencial de afectación es de 79.64 m; en tanto que para explosión los radios de afectación son de 20.16 m a una sobrepresión de 1.0 psi (zona de alto riesgo) y de 30.92 m para 0.6 psi (zona de amortiguamiento):

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.

(a)

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.

(b)
Figura IX-62 Radiación (a) y Sobrepresión (b).
Fuente: TEMA (2022)

Con base a las figuras anteriores en las cuales se hizo la sobre posición de los radios de afectación de los escenarios de riesgo; no se presenta ninguna incidencia con áreas de interés ecológico o de relevancia ecológica. Por lo que los eventos de riesgo evaluados sólo tendrían afectaciones dentro del predio del proyecto sin afectar al Sistema Ambiental.

A manera de resumen, La cartografía consultada del estudio se presenta en el Anexo 4.

IX.1.7 REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.

Una vez realizado el análisis cuantitativo de riesgo mediante el análisis frecuencial, corresponde determinar el posicionamiento real de los riesgos identificados, toda vez que para el análisis cualitativo llevado a cabo mediante la metodología y What If?, se clasificaran los riesgos para los distintos receptores, a partir del riesgo inherente, es decir sin considerar las protecciones o salvaguardas con que cuenta el proyecto para prevenir y mitigar los riesgos.

En la Tabla IX-68 se presenta el reposicionamiento de los riesgos considerando la frecuencia de los eventos en el análisis frecuencial.

De acuerdo con los resultados del análisis de consecuencias mostrado en el apartado IX.1.4.3.2 específicamente en las tablas de resultados y los diagramas de pétalos mostrados en el apartado IX.1.5 podemos comparar con la Tabla IX-38 en donde se obtiene una categoría de consecuencia C4, C3 y C2 para los cuatro receptores de riesgo (Personal, Población, Medio ambiente y Producción/Instalación), esto aplica de acuerdo con la redacción de escenarios para golpe externo (ruptura catastrófica y parcial del 20 %) y fugas por corrosión en líneas de desfogue.

La frecuencia obtenida para el reposicionamiento está dada de acuerdo con el apartado IX.1.4.3.1, donde para los escenarios simulados se tiene una frecuencia que van desde 2.99×10^{-05} a 3.60×10^{-09} , esto comparándolo con la Tabla IX-37 tenemos una categoría de frecuencia Extremadamente Raro (F1), esto aplica de acuerdo con la redacción de escenarios planteados en este estudio, aun así, entendemos que la frecuencia de estos eventos es genérica.

Una vez entendido lo anterior, se determinó el reposicionamiento de los escenarios en un nivel de riesgo bajo (tolerable) resultados del análisis cualitativo, así como de los escenarios tomados para las simulaciones, por lo cual quedaron como se indica en la siguiente tabla.

Tabla IX-68 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo (Escenarios Simulados).

Ponderación realizada por el Grupo Multidisciplinario						Reposicionamiento Análisis Cuantitativo											
Sin Protecciones (Riego Inherente)				Con Protecciones (Riesgo Residual)		Personal			Población			Medio Ambiente			Producción / Instalación		
Escenario	Descripción del escenario	MR	Clasificación del Riesgo	MR	Clasificación del Riesgo												
						F	C	NR	F	C	NR	F	C	NR	F	C	NR
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.																	

Tabla IX-68 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo (Escenarios Simulados).

Ponderación realizada por el Grupo Multidisciplinario						Reposicionamiento Análisis Cuantitativo											
Sin Protecciones (Riego Inherente)				Con Protecciones (Riesgo Residual)		Personal			Población			Medio Ambiente			Producción / Instalación		
Escenario	Descripción del escenario	MR	Clasificación del Riesgo	MR	Clasificación del Riesgo												
						F	C	NR	F	C	NR	F	C	NR	F	C	NR
Características del proyecto (secreto industrial), información protegida bajo los Art. 113 fracción II de la LFTAIP y 116 tercer párrafo de la LGTAIP.																	

IX.1.8 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

IX.1.8.1 Sistema de Seguridad.

El sistema de seguridad con el que se cuenta dada la etapa del proyecto rack de tuberías de desfogue es el Plan de Respuesta a Emergencia, además del cumplimiento normativo de construcción tanto de rack de tuberías como de las dos mochetas para el cruce del rack.

IX.1.8.2 Medidas Preventivas

Como medida preventiva tenemos el diseño del rack de tuberías conforme a la normativa vigente y a los estudios de suelo realizados. Además, es necesario poner énfasis en los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, en los procedimientos de capacitación del personal operativo de las instalaciones que conforman el Rack de Tuberías para Desfogue, así como contar con los programas de Prevención de Accidentes y con los Programas de Protección Civil que sean requeridos por las autoridades respectivas.

IX.1.8.3 Recomendaciones Técnico-Operativas.

El diseño de una instalación nunca resulta ser absolutamente seguro y/o completamente a prueba de errores humanos. La complejidad de las operaciones a llevar a cabo, la variedad de condiciones de trabajo, la adaptación a las condiciones de las materias primas y el siempre posible acontecimiento de un fallo no previsto son factores que hacen de la correcta operación un factor tan importante como el diseño inicial.

No se puede asegurar que una instalación bien diseñada y construida con la mejor tecnología existente no pueda sufrir un accidente grave debido a un fallo de comunicación, a una operación de arranque realizada de manera incorrecta, a un control insuficiente sobre las modificaciones o procedimientos de mantenimientos inadecuados, etc.

Para controlar los procesos se recurre cada vez más a complejos sistemas automáticos de control, el manejo de estos requiere operarios calificados y entrenados. Los programas de formación y adiestramiento y las simulaciones dinámicas del funcionamiento son cada vez más elementos vitales para lograr un alto grado de seguridad.

Como parte del proyecto denominado: “**Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI**”, no se encontraron recomendaciones en el análisis cualitativo y cuantitativo ya que los escenarios de riesgo caen dentro de la región de **Riesgo Tolerable**.

IX.1.9 CONCLUSIONES.

El presente Estudio de Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH), se ha elaborado conforme a la Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos de la ASEA con apoyo de las Guías Operativas para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN Clave GO-SS-TC-0002-2020 segunda versión, en donde debe desarrollarse un análisis preliminar de riesgo, análisis cualitativo de riesgo, análisis cuantitativo de riesgo y análisis de consecuencias. El Análisis Preliminar de Riesgo consistió en realizar una revisión general del proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**, mediante el histórico de accidentes, esto en la sección IX.1.4.1.2 donde se presenta análisis histórico de accidentes en desfogues en instalaciones similares a la de este proyecto.

El Análisis Cualitativo de Riesgo fue realizado por un Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgo (GMAER) para la identificación de peligros mediante la metodología What if? (¿Qué Pasa Sí?). El GMAER decidió aplicar la Metodología What If? para analizar las operaciones rutinarias, las no rutinarias, factores externos y siniestro externo.

Adicionalmente como parte del Análisis Cuantitativo de riesgo, se realizó un análisis frecuencial, se determinó que todos los escenarios (evento final) resultaron ser de probabilidad muy baja (del orden de 2.99×10^{-05} a 3.60×10^{-09}), encontrándose que todos los eventos se clasifican como riesgo Tolerable, derivado de esto no se consideró necesario la adición de medidas de reducción adicionales a las emitidas en el desarrollo del análisis What if, por lo que se considera que el proyecto del Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue será una instalación segura, pero hay que llevar a cabo el cumplimiento de los estándares y normas de diseño presentados en la ingeniería de diseño y una vez en la puesta en marcha y operación se lleven a cabo los programas de capacitación y de mantenimiento preventivo respectivos.

Sin embargo, se decidió determinar las posibles afectaciones por eventos que involucren pérdida de contención, cumpliendo con la Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos de la ASEA. Para determinar la magnitud consecuencias de los eventos de riesgo seleccionados se utilizó el programa de simulación Phast 8.4, considerando para la alimentación a este simulador (inputs) las condiciones de proceso de cada sistema de las instalaciones superficiales, así como de las diferentes condiciones ambientales que se presentan en la región donde se ubican las instalaciones para el Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue.

Para la elaboración del presente ARSH, se utilizó la información del Rack de Tuberías para Desfogue en etapa ingeniería básica, esta información comprende entre otros:

Los Diagramas de Flujo, los diagramas de tubería e instrumentación (DTÍ's), la información descriptiva del proceso y bases de diseño, así como de los planos de localización para cada una de las instalaciones superficiales que conforman el puente y rack estudiado.

Es necesario poner énfasis en los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, en los procedimientos de capacitación del personal operativo de las instalaciones que conforman el Rack de Tuberías para Desfogue, así como contar con los programas de Prevención de Accidentes y con los Programas de Protección Civil que sean requeridos por las autoridades respectivas.

Con respecto al análisis cuantitativo se obtuvieron 06 escenarios los cuales se describen como 03 peor caso y 03 alterno. Dentro de este análisis se realizaron simulaciones con el software Phast en su versión 8.4, como resultado se obtuvieron diferentes radios de afectación de acuerdo con cada tipo de escenario.

Como observación y como se mencionó anteriormente se tiene tres (03) escenarios tipificados como peor caso, este escenario contempla la ruptura total de una línea de proceso, así que las afectaciones reflejadas en los diagramas de pétalos son catastróficas, como podemos observar en la Figura. IX-63 (Como ejemplo el El.02), la ruptura total de línea de 36" de desfogue del rack que pasa en el escurrimiento, tiene afectaciones de radiación térmica (Jet Fire) de alto riesgo con posible daño a equipos con radiaciones de 37.5 KW/m² con un radio de afectación de 76.89 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. IX-63 Escenario 02, ruptura total de línea de desfogue de alta.

Como se observó en un escenario evaluado como “Peor Caso” se pueden obtener afectaciones catastróficas tanto para las instalaciones como áreas cercanas, se tiene que tomar en cuenta que estos casos son una ruptura total (equipo o tubería), así que la probabilidad de que sucedan como se identificó en nuestro análisis frecuencial es muy baja, muy improbable.

Por otra parte, como un caso alternativo tenemos el escenario El.03, referente a un golpe externo (ruptura parcial) en línea de desfogue de baja del rack que pasa en el escurrimiento, presentando afectaciones de radiación térmica (Jet Fire) de alto riesgo con posible daño al personal operativo, a las instalaciones y no afecta a predios vecinos. (12.5 KW/m²) con un radio de afectación de 16.53 metros.

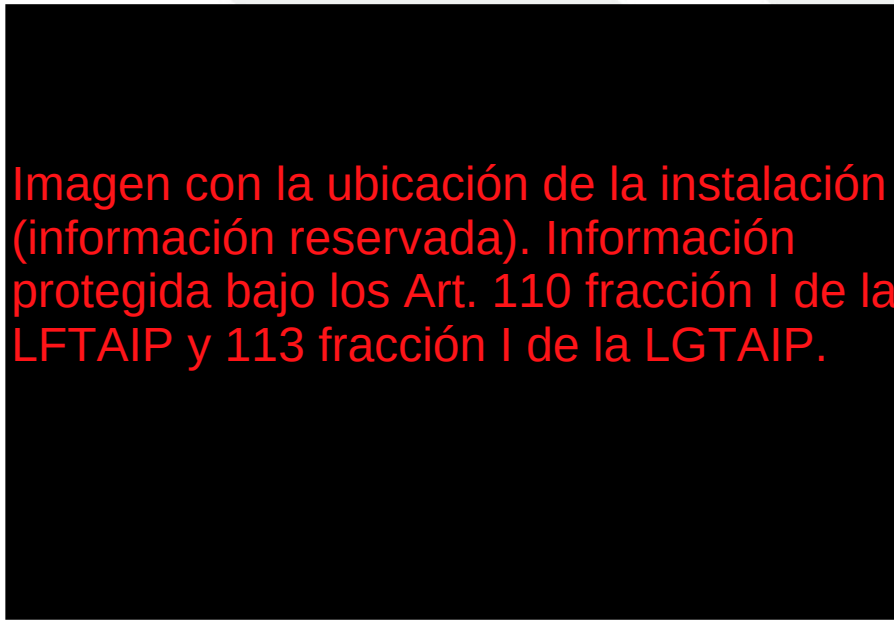


Imagen con la ubicación de la instalación (información reservada). Información protegida bajo los Art. 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP.

Figura. IX-64 Escenario 03, ruptura parcial de línea de desfogue de baja

Hay que mencionar que, para todos los escenarios descritos, si logran alcanzar las dimensiones descritas lo único con lo que cuenta el proyecto como medida de control es: Plan de Respuesta a Emergencia, pero hay que llevar a cabo el cumplimiento de los estándares y normas de diseño presentados en la ingeniería de diseño, básica y de detalle.

En cuanto a posibles afectaciones o interacciones de riesgos al Sistema Ambiental, se efectuó la sobre posición de los radios de afectación de los escenarios de riesgo; no se presenta ninguna incidencia con áreas de interés ecológico o de relevancia ecológica. Por lo que los eventos de riesgo evaluados sólo tendrían afectaciones dentro del predio del proyecto sin afectar al Sistema Ambiental.

IX.1.10 RESUMEN EJECUTIVO.

El Informe Técnico del Estudio de Riesgo se presenta en el Anexo 9

El Informe Resumen Ejecutivo e Técnico del Análisis de Riesgos realizado se encuentra en el anexo 11.

IX.2 ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN (LOPA).

Cualquier proyecto y/o instalación debe ser segura desde su concepción y cada modificación que ésta sufra, deberá considerarse en el diseño del proceso la eliminación de riesgos de forma inherente, como ejemplo, la reducción de los niveles de inventarios de materiales peligrosos a través de la construcción de contenedores limitados en su capacidad, lo suficientemente grandes para satisfacer la demanda interna y lo suficientemente pequeños para no sufrir graves consecuencias por un derrame, una fuga o un incendio. Esta capa debe contar en todo momento de inspecciones y mantenimientos, cada uno con sus respectivos programas.

El proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**, contará con varias capas de protección como son:

1. Diseño seguro de proceso.
2. Los sistemas de control y alarmas.
3. Las alarmas de los procesos críticos e intervención del operador.
4. Los sistemas de Seguridad Activos.
5. Los sistemas de Seguridad Pasivos.
6. Sistemas de mitigación (pasivos y Activos).

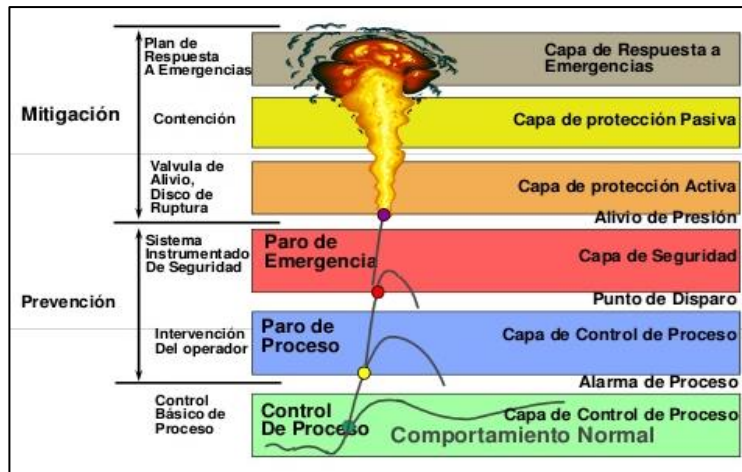


Figura. IX-65 Capas de Protección de Prevención y Mitigación.

7. El Plan de Respuesta a Emergencias.

- Selección y evaluación de simulacros.
- Inspecciones y pruebas.
- Factores Humanos.
- Controles administrativos.

La siguiente imagen muestra las diferentes capas de protección que son apegadas para el presente proyecto.

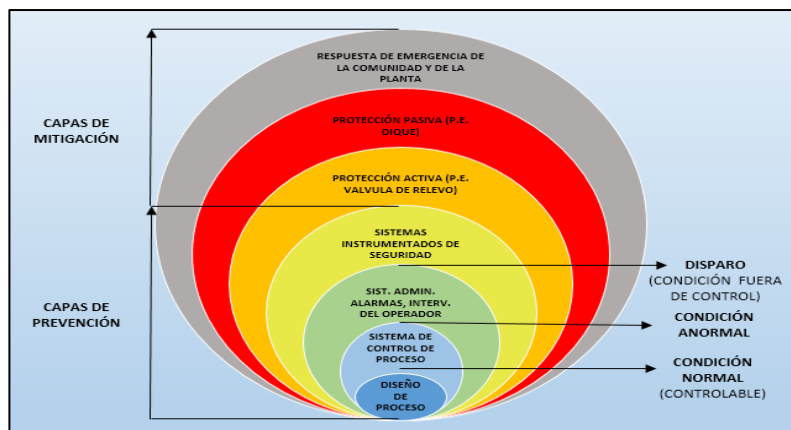


Figura. IX-66 Capas de Protección del Sistema.

En la actualidad para el proyecto denominado: **“Construcción de Puente Vehicular y Rack de Tuberías para Desfogue en Batería de Separación IXACHI”**. No se encontró ningún requerimiento para la determinación del SIL Objetivo y de Verificación del SIL (Nivel de Integridad

de Seguridad o NIS) de los sistemas Instrumentados de Seguridad, esto de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis cualitativo (What if) y análisis cuantitativo (frecuencial).

IX.3 REFERENCIAS.

- Directrices para evaluación cuantitativa de los riesgos (Guideline for quantitative risk assessment) "Purple Book" CPR, part one.
- Enrique González Ferradás, Francisco José Ruiz Boada, Agustín Miñana Aznar, Joaquín Navarro Gómez, José Ruiz Gimeno, Jesús Martínez Alonso. "Zonas de Planificación para Accidentes Graves de Tipo Térmico" Departamento de Ingeniería Química Universidad de Murcia.
- Fink, D.G., "Standard Handbook for Electrical Engineers", 10th Ed., p. 26-13 (1968)
- Guía Técnica, Métodos Cuantitativos para el análisis de riesgos, Protección Civil España, 1994.
- Guías Operativas para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN. Clave GO-SS-TC-0002-2020 segunda versión, diciembre de 2020.
- Human Reliability Handbook.
- IEC-61882 "Guía de Aplicación para Estudios de Peligro y Operabilidad"
- J.M. Santamaría, P.A. Braña Aisa "Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química", Fundación Mapfre. Miller, M.J. "Reliability of Fire Protection", Chemical Engineering Progress, 70 (4):62 (April 1974)
- Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Tomo 1, J.M. Storch de Gracia.
- "OREDA" Offshore Reliability Data, 2ª. Edition.
- Process sensor, Control and safety equipment.
- OREDA-2015.Williams, Jeremy C., "Incorporating Human Performance Variability in Process Safety Assessment", (Publication source unknown)

IX.4 PERSONAL QUE PARTICIPO EN LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO.

En la siguiente tabla se muestra el personal que participó en la elaboración del estudio Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH).

Tabla IX-69 Relación del Personal Participante en la Elaboración del Estudio.

Participantes	Cargo	Firma
Nombres de personas físicas. Información protegida bajo los artículos 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.	D.T. del Proyecto	
	Coordinador del Proyecto	
	Ingeniero de Proyectos Líder Hazop	
	Ingeniero de proyecto Especialista ARSH	
	Ingeniero de proyecto Especialista Consecuencias	
	Ingeniero de proyecto Especialista Diagramas	

En el Anexo 10 se presenta el Currículo Vitae del personal que elaboró el presente estudio.

IX.5 ANEXOS.

- | | |
|-----------|--|
| Anexo 1. | Planos. |
| Anexo 2. | Diagrama Estructural del Rack y Fotografías. |
| Anexo 3. | Hojas de Datos de Seguridad. |
| Anexo 4. | Cartografía Consultada. |
| Anexo 5. | Hojas de Trabajo y Acta GMAER |
| Anexo 6 | Análisis Frecuencial |
| Anexo 7. | Resultados Análisis de Consecuencias. |
| Anexo 8. | Diagramas de Pétalos. |
| Anexo 9 | Informe Técnico del Estudio de Riesgo. |
| Anexo 10 | CV Personal |
| Anexo 11. | Resumen Ejecutivo del ARSH |