PUNTA PARAÍSO
BEACH & LAGOON

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD PARTICULAR

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Ósmosis Inversa para el Condominio Maestro Punta Paraíso

PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO.

ÍNDICE

I DATOS GENERALES DEL PROYECTO, PROMOVENTE Y DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. ... 10

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO ... 10
- Nombre del Proyecto ... 10
- Ubicación del Proyecto ... 10

I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE. ... 11
- Nombre o Razón Social. ... 11
- Registro Federal de Contribuyentes. ... 11
- Datos del Representante Legal. ... 11
- Direcciones del Promovente para oír y recibir notificaciones. ... 11
- Responsable de la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental ... 11
-
-
-

I.3 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS RELEVANTES ... 12

II DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. ... 1

II.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS RELEVANTES ... 1
II.2 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO ... 1
II.3 DURACIÓN DEL PROYECTO. ... 3
II.4 CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES. ... 3
II.5 NATURALEZA DEL PROYECTO. ... 7
II.6 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ... 7
1. Criterios generales de depuración. ... 8
2. NOM-001-SEMARNAT-2021. Especificaciones. ... 9
3. Caudales de tratamiento ... 12
4. Características del influente a tratar ... 14
5. Equipos ... 16
6. Descripción de los equipos ... 17
7. Desbaste de gruesos ... 17
8. Puente desengrasador ... 17
9. Tamiz rotatorio ... 18
10. Bombas de regulación ... 19
11. Agitadores de cámara anóxica ... 20
12. Bombas de recirculación interna ... 20
13. Bombas de recirculación externa y decantación ... 20
14. Canal de cloración y desinfección ... 20
15. Sopladores y reactor biológico. ... 21
16. Descripción del Proceso de Tratamiento ... 22
- Tratamiento Primario ... 22
- Tratamiento secundario ... 23
- Tratamiento terciario ... 24
- Precipitación de fósforo y fosfatos ... 26

17. Filtro prensa, espesador de lodos y digestor aerobio. ... 31

18. Utilización del efluente 36
19. Excedentes de efluente 36
20. Biosólidos resultantes. Uso y tratamiento. 39
II.7 SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA 40
1. Caracteristicas generales del sistema de osmosis inversa 40
2. Descripción del Proceso de Osmosis inversa para Agua de Mar 41
3. Captación de agua de pozo 42
4. Filtración 42
5. Pretratamiento (Dosificación antiescalante) 43
6. Microfiltración 43
7. Modulo de Osmosis Inversa 43
II.8 DISEÑO DE POZOS 45
- Diseño pozos de rechazo y de descarga de aguas residuales tratadas 45
- Diseño pozos de aprovechamiento 46
- Ubicación de los Pozos de aprovechamiento y Rechazo y Descarga 46

III VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO 48

III.1 INTRODUCCIÓN 48
III.2 VINCULACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 52
III.3 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET) 52
1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) 53
2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe 56
3. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL-SOL) 82
III.4 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. 95
1. Reserva de la Biosfera Golfo de México y Caribe Mexicano. 95
- Área de aplicación del ANP de la Reserva de la Biosfera Golfo de México y Caribe Mexicano. 96

2. Subzona de Uso Público Playa del Carmen y Tulum-Sian Ka'an. 97
III.5 NORMAS OFICIALES MEXICANAS 98
III.6 LEYES 109
1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). 109
2. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento 115
3. Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (LGPGIR) 119
4. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. 124
III.7 REGLAMENTOS 125
5. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental 125
6. Reglamento Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 125
7. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales 126

IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. 128

IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO. 129
IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA). 132
IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SA. 136

IV.4 MEDIO ABIÓTICO 140
1. Fisiografía. *140*
2. Clima *141*
- Tipo de clima 141
- Precipitación media. 142
- Temperatura. 142
- Humedad relativa. 143
- Velocidad y dirección del viento. 143
- Balance hídrico (evaporación y evapotranspiración). 144
- Posibilidad de fenómenos meteorológicos. 144

3. Suelo *145*
4. Geología *147*
- Modelo geológico 152
- Geología del Subsuelo 156
- Modelo hidrogeológico conceptual 158

5. Hidrología *163*
- Hidrología superficial. 163
- Hidrología subterránea 163
- Análisis hidrológico 165

6. Topografía, cenotes y cuevas. *169*
IV.5 MEDIO BIÓTICO. 170
1. Flora del sistema ambiental. *170*
- Identificación del ecosistema según la clasificación del INEGI. 171
- Tipo de vegetación. 172
- Análisis del ecosistema conformado por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 179
  - Estrato arbóreo. 179
  - Estrato arbustivo. 181
  - Estrato herbáceo. 183
  - Función de acumulación de especies. 184
- Análisis de diversidad de la vegetación para los diferentes tipos de vegetación existentes en el sistema ambiental. 185
- Resultados de los valores obtenidos de Importancia Ecológica en el Sistema de la unidad de análisis ambiental (VIR). 187
- Análisis de los valores obtenidos de Importancia Ecológica de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 187
- Valor de diversidad florística (H') de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 193
- Descripción de la vegetación del predio: 197
- Composición Florística (Riqueza Específica) en el predio. 198
- Resultados de los valores obtenidos de Importancia Ecológica en el predio (VIR). 202
- Valor de diversidad florística (H') de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 207

2. Fauna del sistema ambiental. *211*
- Descripción del método de muestreo de la fauna del sistema ambiental. 212
- Resultados del muestreo de fauna del sistema ambiental. 213
- Caracterización de la fauna del predio en estudio. 221
- Descripción del método de muestreo. 221

- Resultados del muestreo de fauna. 223

3. Medio socioeconómico. 228

- Demografía. 229
- Características socioeconómicas. 231
- Actividades Económicas. 231
- Infraestructura social y de comunicaciones. 231

4. Paisaje 232

5. Diagnóstico ambiental. 236

V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 238

V.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 238

1. identificación de actividades generadoras de impactos ambientales 238

V.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES 239

V.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 241

V.4 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES 242

VI MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES. . 249

VI.1 MEDIDAS GENERALES. 250

2. Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales a generarse por la presencia del personal de obra. 250

- Concientización ambiental de los trabajadores. 251
- Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales a generarse por la adquisición, traslado y almacenamiento de materiales de construcción. 252
- Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales provocados por la generación de residuos sólidos. 252
- Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales provocados por la generación de residuos peligrosos. 254

VI.2 MEDIDAS ESPECIFICAS PARA CADA ETAPA 256

1. Etapa de preparación del sitio 256

2. Etapa de construcción. 260

3. Etapa de operación. 266

VI.3 MONITOREO AMBIENTAL. 271

1. Preparación del sitio. 271

2. Construcción 272

3. Operación 273

VII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES 275

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO 275

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO SIN MEDIDAS DE MITIGACION 275

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO CON MEDIDAS DE MITIGACION 276

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-1 Coordenadas de localización de las plantas de OI y PTAR 1
Tabla II-2 Programa General de Trabajo 4
Tabla II-3 Límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Promedio mensual. 9
Tabla II-4Datos técnicos generales del Proyecto 13
Tabla II-5 Dotación de agua Potable 13
Tabla II-6 Caudales de agua residual de ambas fases 13
Tabla II-7 Características del efluente a tratar en la PTAR 14
Tabla II-8 Tabla de caudales 14
Tabla II-9 Equipos a utilizar en las 2 fases 16
Tabla II-10 Tiempos de retención 26
Tabla II-11 Parámetros de Calidad del agua a tratar 36
Tabla III-1 Normas Oficiales Mexicanas que aplican directamente al proyecto 98
Tabla III-2 Normas Oficiales Mexicanas que aplican al proyecto. 101
Tabla IV-1. Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el sistema ambiental. 132
Tabla IV-2 Columna geológica de la Península de Yucatán 148
Tabla IV-3. Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el sistema ambiental. 156
Tabla IV-4. Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el sistema ambiental. 157
Tabla IV-5. Historico Precipitaciones. 167
Tabla IV-6 Ajuste de distribución de probabilidad PPM (mm) 168
Tabla IV-7 Superficie y uso de suelo y vegetación que prevalecen en la unidad de análisis del sistema ambiental. 172
Tabla IV-8 Coordenadas en UTM de los sitios de muestreo empleados durante el levantamiento de datos en campo en el Sistema de la unidad de análisis ambiental. DATUM: WGS-84, México. 177
Tabla IV-9 Riqueza florística registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección. 178
Tabla IV-10 Riqueza florística estrato arbóreo registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección. 180
Tabla IV-11 Participación por familia botánica en la riqueza específica del estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 181

Tabla IV-12 Riqueza florística estrato arbustivo registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección. 181
Tabla IV-13 Participación por familia botánica en la riqueza específica del estrato arbustivo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 183
Tabla IV-14 Riqueza florística estrato herbáceo registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección. 183
Tabla IV-15 Participación por familia botánica en la riqueza específica del estrato herbáceo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 184
Tabla IV-16 Coordenadas en UTM de los sitios de muestreo empleados durante el levantamiento de datos en campo dentro del predio. Datum WGS-84 México. 188
Tabla IV-17 Valores de importancia del estrato arbóreo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbóreas registradas en el predio en estudio del sistema ambiental. 189
Tabla IV-18 Valores de importancia del estrato arbustivo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbustivas registradas en el SA. 191
Tabla IV-19 Valor de Importancia Relativa (VIR). Estrato herbáceo del sistema ambiental. 192
Tabla IV-20 Diversidad (H'), equidad de las especies por estrato. Estrato herbáceo. 195
Tabla IV-21 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbustivo. 195
Tabla IV-22 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbóreo. 196
Tabla IV-23 Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el predio del Proyecto. 197
Tabla IV-24 Listado taxonómico de las especies registradas en el predio, así como la familia a la cual pertenecen y su forma biológica. 199
Tabla IV-25 Número de individuos por hectárea de cada especie según el estrato. 200
Tabla IV-26 Valores promedio del número de individuos por hectárea, altura total y DAP por grupo diamétrico de la vegetación de duna costera (matorral costero). 202
Tabla IV-27 Coordenadas en UTM de los sitios de muestreo empleados durante el levantamiento de datos en campo dentro del predio. Datum WGS-84 México. 203
Tabla IV-28 Valores de importancia del estrato arbóreo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbóreas registradas en el predio en estudio. 204
Tabla IV-29 Valores de importancia del estrato arbustivo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbustivas registradas en el predio. 206
Tabla IV-30 Valor de Importancia Relativa (VIR). Estrato herbáceo del predio. 207
Tabla IV-31 Diversidad (H'), equidad de las especies por estrato. Estrato herbáceo. 209
Tabla IV-32 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbustivo. 209
Tabla IV-33 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbóreo. 210

Tabla IV-34 Especies predominantes en el sitio de estudio. 214
Tabla IV-35 Concentrado de las especies de fauna identificadas en campo del SA. 216
Tabla IV-36 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Mamíferos..... 218
Tabla IV-37 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Aves..... 218
Tabla IV-38 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Reptiles. 219
Tabla IV-39 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Anfibios. 220
Tabla IV-40. Concentrado de las especies de fauna identificadas en el predio. 223
Tabla IV-41 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Mamíferos..... 226
Tabla IV-42 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Aves..... 226
Tabla IV-43 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Reptiles. 227
Tabla IV-44 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Anfibios. 227
Tabla V-1 Actividades para el desarrollo de la PTAR. 239
Tabla V-2 Factores ambientales. 239
Tabla V-3 Indicadores por factor ambiental. 240
Tabla V-4 Impactos ambientales identificados para el proyecto..... 241
Tabla V-5 Matriz de interacción de impactos por etapa y actividad. V-244
Tabla V-6 Matriz de valoración de impactos ambientales..... V-245
Tabla V-7 Valor de importancia de los Impactos ambientales..... 247

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen I-1.- Ubicación del predio del Proyecto..... **¡Error! Marcador no definido.**
Imagen II-1.- Ubicación del del Proyecto 2
Imagen II-1 Puente desengrasador desarenador longitudinal 18
Imagen II-2 Imagen y esquema de funcionamiento de un rototamiz 19
Imagen II-3 Tratamiento Primario..... 23
Imagen II-4 Filtro prensa similar al propuesto 34
Imagen II-5 Tren de tratamiento..... 35
Imagen II-6 Diseño del pozo de rechazo de aguas tratadas..... 37
Imagen II-7 Tipo y dimensiones del brocal. 38
Imagen II-8 Represantación del sistema de osmosis y osmosis inversa..... 40
Imagen II-9 Bomba sumergible 42
Imagen II-10 Sistema de filtración de arena..... 42
Imagen II-11 Ssitema de dosificación antescalante 43
Imagen II-12 Ejemplo de Microfiltro 43
Imagen II-13 Proceso Osmosis Inversa..... 44
Imagen II-13 Ubicación de Pozos de Aprovechamiento 47

Imagen IV-1 Ubicación del predio, delimitación del área de influencia y descripción del sistema ambiental. 131
Imagen IV-2 Ubicación del sistema natural fragmentado por el desarrollo suburbano y turístico costero. 139
Imagen IV-3 Tipo de clima que se presenta en el Sistema Ambiental 141
Imagen IV-4 Precipitación mensual máxima y total registrada por la estación meteorológica Playa del Carmen. 142
Imagen IV-5 Temperaturas máximas, medias y mínimas reportadas por la estación Meteorológicas Playa del Carmen. 143
Imagen IV-6 Tipos de suelos presentes en el área de estudio. 146
Imagen IV-7 Geología de la península de Yucatán 148
Imagen IV-8 Mapa geológico de la costa Nor-Oriental de la Península de Yucatán 154
Imagen IV-9 Mapa geológico local de la zona de estudio. 155
Imagen IV-10 Correlación litológica entre los sondeos perforados. 157
Imagen IV-11 Corte estratigráfico 2 generalizado obtenido con 3 perforaciones, en estos se indica la distancia a partir del pozo PM-4 158
Imagen IV-12 Modelo conceptual hidrogeológico de los acuíferos cársticos costeros en la Península de Yucatán 159
Imagen IV-13 Perfiles de salinidad en pozos dentro del predio 161
Imagen IV-14 Configuración de la profundidad del nivel estático (febrero 2021) 162
Imagen IV-15 Geohidrología y flujo del agua en el área del sistema ambiental y alrededor del Proyecto. 165
Imagen IV-16 Precipitación máxima 166
Imagen IV-17 Precipitación máxima 168
Imagen IV-18 Ubicación del predio, delimitación del área de influencia y descripción del sistema ambiental como la unidad de análisis en el plano de la serie VI del INEGI. 172
Imagen IV-19 Distribución espacial de los sitios de muestreo para la diversidad de flora en el sistema de la unidad de análisis ambiental. 177
Imagen IV-20 Curva de acumulación de especies registradas en el muestreo. 185
Imagen IV-21 Distribución de las 2 unidades de muestreo para avaluar la diversidad florística del sistema ambiental para la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia en color Azul. 188
Imagen IV-22 Valor de importancia del estrato arbóreo. Se representan las especies que componen el estrato arbóreo de acuerdo a su valor de importancia. 190
Imagen IV-23 Valor de importancia de las especies presentes en el estrato arbustivo. La especie *Bursera simaruba* presentó mayor valor de importancia (59.98). 192

Imagen IV-24 Valores de importancia de las especies herbáceas. Se muestran gráficamente los valores de importancia de las especies herbáceas registradas en el SA de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 193
Imagen IV-25 Distribución de los tipos de vegetación que se encontraron en el predio.. 198
Imagen IV-26 Distribución de las 2 unidades de muestreo para evaluar la diversidad florística del predio para la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia. 203
Imagen IV-27 Valor de importancia del estrato arbóreo. Se representan las especies que componen el estrato arbóreo de acuerdo a su valor de importancia. 205
Imagen IV-28 Valor de importancia de las especies presentes en el estrato arbustivo. La especie *Acacia gaumeri* presentó mayor valor de importancia (61.66). 207
Imagen IV-29 Transectos de muestreo de fauna silvestre de la Unidad Ambiental, en color verde. 212
Imagen IV-30 Número de individuos muestreados presentes en el ecosistema. 215
Imagen IV-31 Abundancia por tipo de grupo registrados en la unidad de análisis. 217
Imagen IV-32 Transectos de muestreo de fauna en el predio en color Azul. 222
Imagen IV-33 Abundancia por grupo de faunas registradas en el sitio de estudio. 224
Imagen IV-34 Abundancia por especie de fauna registrada en el sitio de estudio. 225
Imagen IV-35 Pirámide poblacional por rangos de edad del municipio de Solidaridad, Quintana Roo. 230
Imagen IV-36 Nacimientos de niños vivos vs niños fallecidos en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo. 230

I DATOS GENERALES DEL PROYECTO, PROMOVENTE Y DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

- **Nombre del Proyecto**

"*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Condominio Maestro Playa Paraíso*"[1]

- **Ubicación del Proyecto**

El Proyecto se pretende en el Lote 044-1, Manzana 021 en la localidad de Paamul, Quintana Roo.

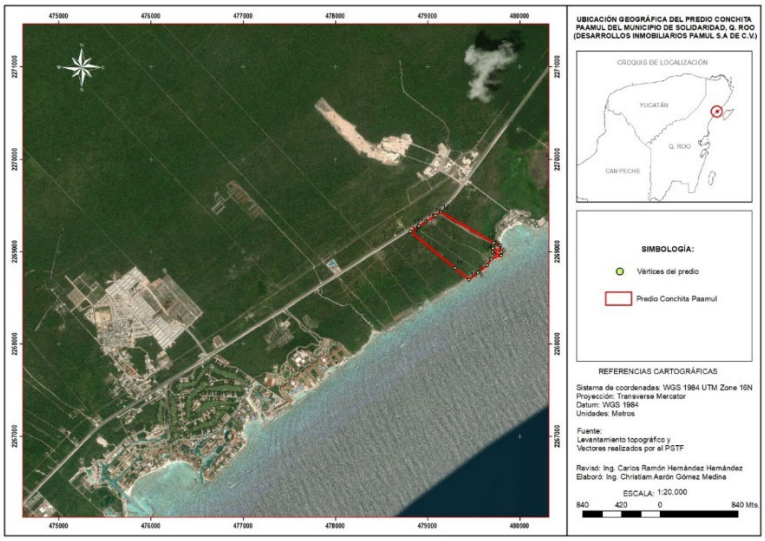


Imagen I-1.- Ubicación del predio del Proyecto.

[1] El Plan Maestro del Proyecto Punta Paraíso fue autorizado, en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través de la resolución 04/SGA/0638/2023, de fecha 27 de marzo de 2023.

I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE.

- **Nombre o Razón Social.**

- **Registro Federal de Contribuyentes.**

- **Datos del Representante Legal.**

- **Direcciones del Promovente para oír y recibir notificaciones.**
- **Responsable de la Elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental**

I.3 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS RELEVANTES.

I.- En cumplimiento a las disposiciones normativas de la evaluación del impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el apoderado legal del 009, Manzana 027 del predio conocido como "Conchita Paamul" localizado sobre la Carretera Federal 307 Cancún - Tulum km 85, localidad Paamul, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo para ser sometido al procedimiento de evaluación en materia de impacto ambiental y en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, a través del Trámite Unificado de Cambio de Uso de Suelo Forestal en su Modalidad 8

II DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

II.1 ANTECEDENTES TÉCNICOS RELEVANTES

Por razones técnico administrativas, en el DTU-B preparado para el proyecto *Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo,* se decidió que el procedimiento de evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales fuera realizado por separado. Esto se indicó de manera reiterada en el DTU-B de referencia como se muestra a continuación:

II.2 UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO

Se especifica y se manifiesta expresamente que el área de servicios (AC-01) corresponde al espacio considerado para la localización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de ósmosis inversa (OI) para la potabilización las cuales no se sujetan al Procedimiento de Evaluación en Materia del Impacto Ambiental y sí al de Cambio de Uso de Suelo En Terrenos Forestales en las siguientes coordenadas:

Tabla II-1 Coordenadas de localización de las plantas de OI y PTAR

Coordenadas UTM, Datum WGS 84				
Vértice	***PTAR***		***Ósmosis inversa***	
	X	*Y*	*X*	*Y*
1	478875.4081	2269220.058	478917.6517	2269185.421
2	478909.2961	2269192.278	478929.5358	2269175.645
3	478902.3173	2269183.733	478924.1852	2269169.152
4	478895.0155	2269174.885	478912.2875	2269178.927
5	478882.8969	2269184.827	478917.6517	2269185.421
6	478883.4679	2269185.52		
7	478872.4881	2269194.521		
8	478875.3367	2269197.982		
9	478865.3928	2269206.155		
10	478864.571	2269206.833		
11	478870.3567	2269213.899		
12	478875.4081	2269220.058		

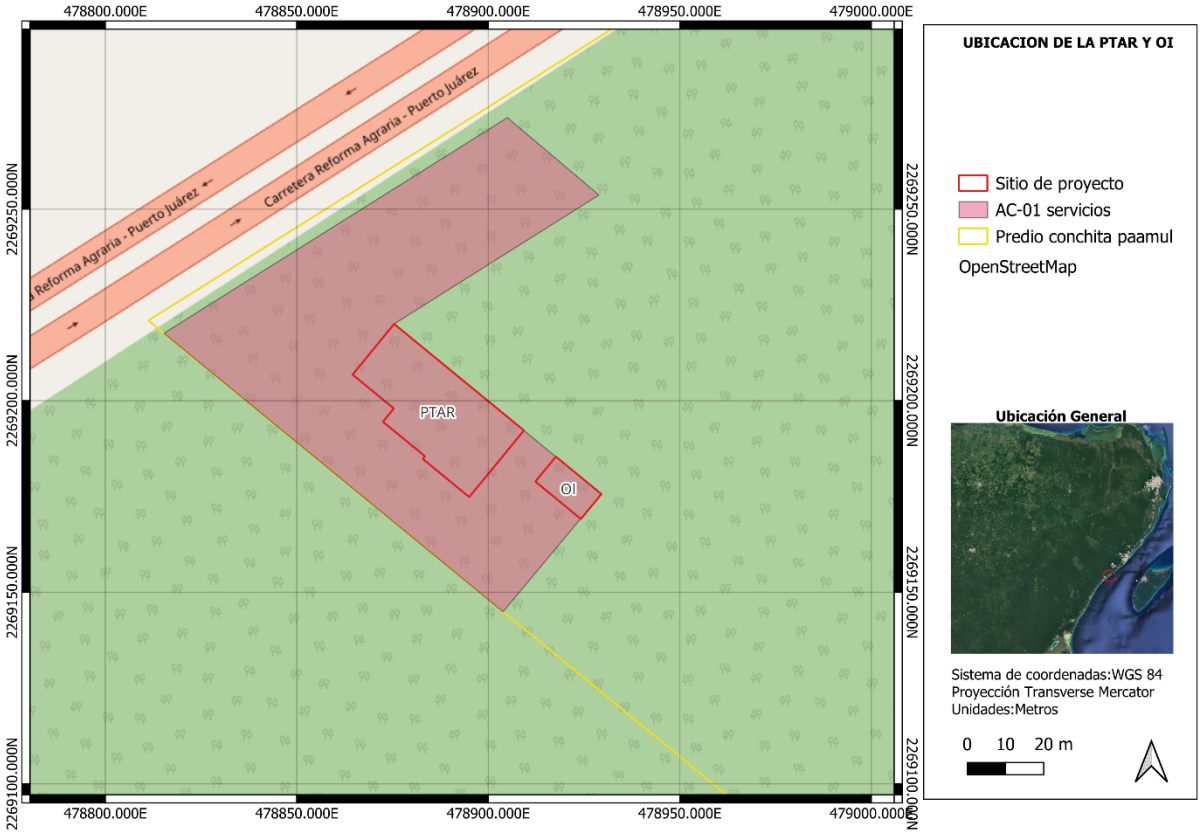


Imagen II-1.- Ubicación del del Proyecto

Para el Área de Servicios AC-1 que en esta MIA-P nos ocupa, se solicitó y autorizó el cambio de uso de suelo. Este polígono tiene una superficie de 3,690.040 m², le fue asignado un Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS) del 21.68% que equivale a 800 m² estableciéndose una superficie de conservación de 2,890.040 m². No se solicitó ni se considera densidad inmobiliaria. Es en estos 800 m² sobre los cuales se desplantará loa infraestructura sanitaria que se presenta a evaluación (Página II-12 del DTU).

La incorporación de una PTAR al Condominio Maestro *Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo,* aunque se cuenta con una factibilidad para la dotación de este servicio y sus correspondientes puntos de conexión emitida por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) mediante el documento N° de Circular: CAPA-DS/DPY/0056/2018, la promovente solucionará este aspecto operativo del Proyecto a su costo ya que corresponde a la concepción preconcebida la que prevé una red de drenaje sanitario.

Adicionalmente, se tiene que la Condicionante 9 de la resolución 04/SGA/0638/2023 mandata lo siguiente:

> *9. De acuerdo con la información presentada en el DTU-B y la Información Adicional, se contará con el servicio de una empresa especializada y autorizada para el acopio y retiro de las aguas residuales durante la etapa de preparación de sitio y construcción. En este sentido, el manejo de las aguas residuales durante la etapa de operación del proyecto, quedará sujeto a la obtención de la autorización de una planta de tratamiento de aguas residuales, para la cual se realizará las gestiones correspondientes.*
>
> *• En virtud de lo anterior, la promovente queda sujeta a que en un plazo no mayor a 3 (tres) meses, contados a partir del día siguiente de la recepción del presente oficio resolutivo y previo al inicio de las obras y actividades del proyecto, presente ante esta Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la solicitud de autorización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales correspondiente, la cual deberá contar con los procesos de tratamiento respectivos y necesarios para atender la totalidad del aporte de las aguas residuales generadas en la etapa de operación. Los procesos de tratamiento deberán contar de al menos, nivel terciario. La propuesta que remita la promovente deberá garantizar en todo momento el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes al uso del efluente a generarse.*

Es en el contexto anteriormente expuesto que se determina la elaboración de esta Manifestación de Impacto Ambiental, en modalidad Particular a efecto de dar el soporte técnico y jurídico para la implementación funcional de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

II.3 DURACIÓN DEL PROYECTO.

En el contexto operativo del proyecto inmobiliario, la planta de tratamiento de aguas residuales será permanente y, al estar asociada a la vida útil del proyecto, se estima una vida útil en operación y mantenimiento de 30 años.

II.4 CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES.

A continuación, se presenta el Programa General de Trabajo que considera las diferentes etapas del Proyecto:

Tabla II-2 Programa General de Trabajo

CONCEPTO	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO																													
	SEMESTRE 1 (meses)						SEMESTRE 2 (meses)						AÑO 2 (bimestres)						AÑO 3 (bimestres)						AÑO 4 (bimestres)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Actividades sucesivas planificadas una vez que se cuente con todos los permisos																														
Preparación del sitio																														
Notificación de inicio de actividades																														
Delimitación topográfica del área del Proyecto																														
Capacitación a los trabajadores																														
Identificación de las plantas susceptibles al rescate. (Según PIMA autorizado)																														
Rescate y alejamiento de fauna. (Según PIMA autorizado)																														
Establecimiento, acondicionamiento y mantenimiento del vivero temporal.																														

CONCEPTO	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO																													
	SEMESTRE 1 (meses)						SEMESTRE 2 (meses)						AÑO 2 (bimestres)						AÑO 3 (bimestres)						AÑO 4 (bimestres)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
(Según PIMA autorizado)																														
Ejecución del Cambio de Uso de Suelo autorizado. (Según autorización)																														
Desmonte																														
Despalme																														
Manejo de las especies vegetales para su conservación dentro del vivero. (Según PIMA autorizado)																														
Almacenamiento y triturado de material vegetal																														
Retirado del material vegetal resultante del desmonte.																														
Nivelación y compactación																														
Etapa de construcción																														
Edificación de la obra civil PTAR FASE 1																														

CONCEPTO	PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO																													
	SEMESTRE 1 (meses)						SEMESTRE 2 (meses)						AÑO 2 (bimestres)						AÑO 3 (bimestres)						AÑO 4 (bimestres)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Excavación del pozo																														
Instalaciones hidráulicas																														
Montaje de la línea de depuración																														
Instalación de sistemas, instrumentos y consolas de control.																														
Limpieza de la obra terminada																														
Inicio de operaciones de la PTAR																														
Etapa de operación y mantenimiento																														
Edificación de la PTAR FASE 2																														
Finalización de la PTAR FASE 2																														
Puesta en operación de la PTAR FASE 2																														
Mantenimiento de la PTAR																														

II.5 NATURALEZA DEL PROYECTO.

La propuesta de depuración sanitaria que se somete a evaluación a través de esta MIA-P, implica la construcción, instalación, operación y mantenimiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y de ósmosis inversa (OI) para el Condominio Maestro *Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo.* La resolución favorable para el plan maestro fue notificada al promovente el día 28 de marzo de 2023, recibiéndose el oficio original No. 04/SGA/0638/2023 folio 1353, de fecha 27 de marzo de 2023 medio por el cual se autorizó, de manera condicionada, el desarrollo del Proyecto deferido.

II.6 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de tratamiento de aguas residuales planteado constituye una obra complementaria que servirá para tratar las aguas servidas generadas en las unidades habitacionales y amenidades.

Se plantea una estación depuradora escalable, en dos etapas, de acuerdo con los avances del proyecto y la carga de usuarios.

La primera fase parte del diseño para tratar un caudal promedio de 500 m^3/día (6,26 lps), la segunda fase permitirá tratar hasta 1,000 m^3/día (11,57 lps).

En el contexto de la Condicionante 9 de la resolución 04/SGA/0638/2023, se mandata un sistema de tratamiento terciario de las aguas servidas, esta particularidad corresponde a la etapa más avanzada y completa del proceso de tratamiento de aguas residuales. Se aplica después del tratamiento primario y secundario y tiene como objetivo eliminar los contaminantes restantes que pudieran no haber sido removidos en las etapas anteriores.

El tratamiento terciario utiliza una variedad de tecnologías y procesos para lograr una eliminación más completa de los contaminantes, incluyendo sustancias orgánicas, nutrientes, patógenos y compuestos químicos. Algunos de los métodos comunes utilizados en el tratamiento terciario incluyen:

Filtración avanzada: se utilizan medios de filtración como arena, carbón activado o membranas para eliminar partículas finas, materia orgánica disuelta y algunos compuestos químicos.

Desinfección: se utilizan agentes químicos o procesos físicos para destruir o inactivar los microorganismos patógenos restantes, como bacterias, virus y protozoos. Los métodos de

desinfección comunes incluyen la cloración, la irradiación ultravioleta y la desinfección por ozono.

Eliminación de nutrientes: en esta etapa, se remueven los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, que pueden contribuir al crecimiento excesivo de algas y causar problemas ambientales en los cuerpos de agua receptores. Los métodos utilizados pueden incluir la desnitrificación, la eliminación de fósforo mediante la adición de productos químicos y procesos de precipitación.

Tratamiento de compuestos específicos: en algunos casos, puede ser necesario aplicar técnicas adicionales para eliminar contaminantes específicos, como productos químicos tóxicos o compuestos orgánicos persistentes. Estos métodos pueden incluir la adsorción en carbón activado, la oxidación avanzada o la descomposición biológica específica.

El tratamiento terciario de aguas residuales es particularmente importante en áreas donde los efluentes tratados se reutilizan para fines como riego agrícola, recarga de acuíferos o que se reusen en servicios al público.

Este nivel de tratamiento es deseable en situaciones en las que los cuerpos de agua receptores son especialmente sensibles ya que implican los estándares de calidad del agua más exigentes.

1. **Criterios generales de depuración.**

La planta deberá de conseguir una eliminación de contaminantes tal que se cumplan los parámetros exigidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público*.

Es la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 la que precisamente establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reutilicen en servicios al público por lo que ésta fue la normativa para la elección de la planta de tiramiento de aguas residuales. El objetivo y campo de aplicación de esta NOM es establecer los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y uso. En el caso de que el servicio al público se realice por terceros, éstos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua tratada hasta su nuevo uso o entrega, incluyendo la conducción o transporte de la misma. Esta regulación establece los siguientes límites permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas:

Tabla II-3 Límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Promedio mensual.

Tipo de reuso del agua	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO_5 mg/l	SST mg/l
Servicios al público con contacto directo	240	≥1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1,000	≤5	15	30	30

La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

El agua residual tratada reusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola.

Por otra parte, en el entendido de que no todas las aguas tratadas podrán ser reutilizadas en riego, se plantea la inyección de los excedentes a pozo profundo para lo cual resulta obligatorio realizar un tratamiento de aguas servidas que garantice la calidad del agua del cuerpo receptor.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Su objetivo y campo de aplicación es establecer los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Con respecto a los límites máximos permisibles para el caso que aquí nos ocupa se presentan los parámetros y cuerpos receptores de las Tablas 2, 3 y 4 de la NOM-001-SEMARNAT-2021. Se indican bajo un sombreado aquellos que son más rigurosos.

2. NOM-001-SEMARNAT-2021. Especificaciones

4. Especificaciones

4.1. La concentración de parámetros básicos, así como de contaminantes patógenos y parasitarios, metales y cianuros para las descargas de aguas residuales a cuerpos

receptores, no debe exceder el valor indicado como límite permisible de acuerdo al tipo de cuerpo receptor en las Tablas 1 y 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

En caso de que existan condiciones particulares de descarga emitidas conforme a una Declaratoria de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales publicada en el Diario Oficial de la Federación o que conforme a la Ley la Comisión haya establecido en los permisos de descarga con límites, parámetros adicionales o específicos en comparación con los previstos en esta Norma Oficial Mexicana, los parámetros y límites permisibles que se deberán cumplir serán los que establezcan las citadas condiciones particulares de descarga.

Los responsables de la descarga deberán comprobar de manera ordinaria en términos de lo dispuesto en el numeral 6.2, el cumplimiento de los límites permisibles establecidos para Promedio Diario y Promedio Mensual en las Tablas 1 y 2 según corresponda al tipo de cuerpo receptor. El valor instantáneo será verificado ya sea por la Comisión o la Procuraduría.

Límites Permisibles

Parámetros (*) (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
Sólidos Suspendidos Totales	60	72	84	20	24	28	20	24	28	30	36	42	100	120	140	20	24	28
Demanda Química de Oxígeno	150	180	210	100	120	140	85	100	120	60	72	84	150	180	210	60	72	84
Carbono Orgánico Total*	38	45	53	25	30	35	21	25	30	15	18	21	38	45	53	15	18	21
Nitrógeno Total	25	30	35	15	25	30	25	30	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	25	30
Fósforo Total	15	18	21	5	10	15	15	18	21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5	10	15
Huevos de Helmintos (huevos/litro)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1								
Escherichia coli, (NMP/100 ml)	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	250	500	600	50	100	200
Enterococos fecales* (NMP/100 ml)	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	250	400	500	50	100	200
pH (UpH)	6-9																	
Color verdadero	Longitud de onda									Coeficiente de absorción espectral máximo								
	436 nm									7,0 m -1								
	525 nm									5,0 m -1								
	620 nm									3,0 m -1								
Toxicidad aguda (UT)	2 a los 15 minutos de exposición																	

N.A: No Aplica
P.M: Promedio Mensual
P.D: Promedio Diario
V.I: Valor Instantáneo
NMP: Número más probable
UpH: Unidades de pH
UT: Unidades de Toxicidad
* Si Cloruros es menor a 1000 mg/L se analiza y reporta DQO.
* Si Cloruros es mayor o igual a 1000 mg/L se analiza y reporta COT.
* Si la conductividad eléctrica menor a 3500 µS/cm se analiza y reporta *E. coli*.
* Si la conductividad eléctrica es mayor o igual a 3500 µS/cm se analiza y reporta Enterococos fecales.
Las determinaciones de Conductividad eléctrica y de Cloruros no requieren la acreditación y aprobación de la entidad correspondiente.

Límites Permisibles para Metales y Cianuros

Parámetros (miligramos por litro)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas			Suelo								
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos			Cárstico		
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.
Arsénico	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2
Cadmio	0,2	0,3	0,4	0,1	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,05	0,075	0,1	0,1	0,15	0,2	0,05	0,075	0,1
Cianuro	1	2	3	1	1,5	2	2	2,50	3	2	2,5	3	1	1,50	2	1	1,5	2
Cobre	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Cromo	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1
Mercurio	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0,01	0,01	0,015	0,02	0,005	0,008	0 01	0,005	0,008	0,01	0,005	0,008	0,01
Níquel	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Plomo	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	0,5	0,75	1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
Zinc	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Parámetros medidos de manera total	P.M: Promedio Mensual P.D: Promedio Diario V.I: Valor Instantáneo																	

En este contexto normativo, la planta que se presenta a evaluación operará al caudal nominal durante 24 h/día de manera continuada durante 7 días/semana y el efluente tratado deberá cumplir con los límites de vertido exigidos según la NOM-001-SEMARNAT-2021 para SUELO CÁRSTICO.

Las acciones que serán ejecutadas por el operador estarán reducidas a:

- Ajustes de los parámetros de operación
- Vigilancia de los volúmenes de reactivos
- Vigilancia de las alarmas y eventos registrados
- Mantenimiento de los equipos que conforman la instalación
- Limpieza de reja manual de gruesos
- Retiro de grasas
- Retiro de lodos

3. Caudales de tratamiento

La planta estará preparada para tratar el caudal medio, siendo capaz de absorber y laminar en el tanque de laminación, el caudal máximo se estima que serán producidos en dos momentos del día, durante dos horas, es decir, durante 4 horas al día. Este caudal máximo a laminar será de 32,82 lps de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla II-4Datos técnicos generales del Proyecto

DATOS DE PROYECTO		
No. DE VIVIENDAS	586	VIVIENDA
DENSIDAD	4	HAB/VIVIENDA
POBLACIÓN DEL PROYECTO	2,344	HABITANTES
DOTACIÓN RESIDENCIAL	400	lts/HAB/DIA
SUPERFICIE COMERCIAL	3,293.80	M^2
DOTACIÓN COMERCIAL	6	lts/m2
CASA CLUB	16,830.90	M^2
DOTACIÓN	6	lts/M^2/DIA
APORTACIÓN (80% DOTACIÓN)	173.6	Lt/HAB/DIA
SISTEMA DE ALCANTARILLADO	SEPARADO	
SISTEMA DE ELIMINACIÓN	GRAVEDAD	
SITIO DE VERTIDO	POZO PROFUNDO	
FORMULAS EMPLEADAS:	HARMON Y MANNING	
VELOCIDADES		
MÍNIMA	0.30 M/SEG	
MÁXIMA	3.00 M/SEG	
GASTOS		
MÍNIMO	2.88	L.P.S
MEDIO	5.76	L.P.S
MÁXIMO INSTANTÁNEO	21.88	L.P.S
MÁXIMO EXTRAORDINARIO	32.82	L.P.S

Tabla II-5 Dotación de agua Potable

DOTACIÓN DE AGUA POTABLE		
Total de volumen	**Valor**	**Unidad**
Residencial	937,600	lts/día
Comercial	19,488	lts/día
Casa Club	101,039	lts/día
Total consumo agua potable	1,058,078.20	lts/día
Gasto de Agua residual 80% según manual CNA	846,462.56	lts/día

Tabla II-6 Caudales de agua residual de ambas fases

JUSTIFICACIÓN DE CAUDALES AGUA RESIDUAL					
Requerimiento			**Caudal adoptado**		
Fase	**Valor**	**Unidad**	**Fase**	**Valor**	**Unidad**

Primera Fase	423	m^3/día	Primera Fase	500	m^3/día
Segunda Fase	423	m^3/día	Primera Fase	500	m^3/día
Total de tratamiento	846	m^3/día	Producción de agua potable	1000	m^3/día

Nota: El cálculo de aguas residuales realizado según Manual de Diseño de CNA corresponde al 80% del cálculo de dotación de agua potable

4. Características del influente a tratar

Las características de las aguas a tratar o influentes esperados son de tipo residual urbano de origen doméstico. Debido a la existencia de restaurantes es probable que el agua tenga cargas puntuales de aceites y grasas comestibles, se estiman los siguientes:

Tabla II-7 Características del efluente a tratar en la PTAR

CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE A TRATAR		
Parámetros	Unidades	Valor
T	ºC	25
DBO	mg/l	450
NT	mg/l	40
PT	mg/l	20
Grasas y aceites	mg/l	39
pH		7 +/- 0.5
Coliformes fecales	NMP/100 ml	100,000

La planta se ha diseñado para ser construida en dos fases, de forma que el equipamiento y caudales de diseño de las dos fases sean iguales:

Tabla II-8 Tabla de caudales

Caudal promedio de diseño	**l/s**	**m^3/día**	**m^3/h**
Fase 1	5,76	500	21
Fase 2 (futuro)	11,52 (5,76 + 5,76)	1.000 (500 + 500)	42 (21 + 21)

Las fases serán construidas de forma independiente, pero tendrán elementos comunes, como reservas de equipos críticos y tratamiento de lodos.

Los caudales de tratamiento serán los siguientes:

- Rototamiz

Líneas 1

Caudal de diseño 42 m^3/h

- Tratamiento biológico

Líneas 1 por fase

Caudal de diseño 21 m^3/h

La línea general de la planta de tratamiento de aguas residuales consistirá en las siguientes etapas:

Línea de agua:

Pretratamiento

• Desbaste de gruesos

• Desengrasado

Laminación

• Agitación y bombeo

• Tamizado fino

Depuración Biológica por aireación prolongada

• Compuesto por reactor biológico convencional, con cámara de aireación y un decantador secundario posterior para la clarificación del agua.

• Además, se dotará al reactor biológico de un sistema de eliminación de nitrógeno compuesto por cámara anóxica y recirculación interna.

• Reducción del fósforo mediante dosificación de coagulante.

Desinfección del agua tratada biológicamente

• Desinfección del agua tratada mediante dosificación de hipoclorito sódico.

Línea de lodos

• Purga de los fangos generados en exceso mediante bombeo.

• Espesamiento y Almacenamiento de los fangos.

• Digestor aerobio de fangos.

• Bombeo de los fangos a deshidratación.

• Deshidratación mediante filtro prensa.

• Sistema de preparación de floculante para acondicionamiento de fangos previamente a su espesamiento y deshidratación.

5. Equipos

En la siguiente tabla se especifica los equipos incluidos para la Fase 1, así como los equipos adicionales a instalar en la Fase 2:

Tabla II-9 Equipos a utilizar en las 2 fases

NÚMERO DE EQUIPOS	FASE 1	FASE 2
LÍNEA DE AGUA		
PRETRATAMIENTO (caudal punta)		
Reja de desbaste manual	1	No necesario
Puente desengrasado	1	No necesario
LAMINACIÓN (caudal medio)		
Agitador sumergible	2	No necesario
Bomba de laminación	1 + 1 en reserva	1
Rototamiz	1	No necesario
BIOLÓGICO (caudal medio)		
Agitador sumergible (cámara anóxica)	1	1
Soplante de aireación	1 + 1 en reserva	1
Parrilla de aireación (cámara aerobia)	1	1
Bomba de recirculación interna	1	1
Internos decantador	1	1
Bomba de recirculación externa y purga	1	1
DOSIFICACIONES		
Dosificación de coagulante	1	1
Dosificación de hipoclorito	1	No necesario
LÍNEA DE LODOS		
TRATAMIENTO DE LODOS		
Soplante de aireación	1	No necesario

NÚMERO DE EQUIPOS	FASE 1	FASE 2
Parrilla de aireación (digestor aerobio)	1	1
Bomba a deshidratación	1	No necesario
Filtro prensa	1	1
Dosificación de polielectrolito	1	No necesario
ELECTRICIDAD		
Centro de Control de Motores (CCM)	1	1

6. Descripción de los equipos

A continuación, se describen los equipos a instalar propuestos:

7. Desbaste de gruesos

Los efluentes bombeados llegarán a la balsa de homogenización y laminación. Previamente en el canal de llegada a esta balsa se instalará una reja de desbaste de gruesos de limpieza manual.

Las características de la reja serán las siguientes:

Manual, luz de paso: 20 mm, de acero inoxidable.

8. Puente desengrasador

Se ha previsto un canal separador de grasas en obra civil en el cual se instalará un puente desengrasador longitudinal, consistente en un mecanismo de barrido. En la parte superior de los muros laterales del canal se instalarán las ruedas, sobre las que se desplazará el puente metálico, bajo el cual se tienen unos brazos para barrer la superficie. El desplazamiento del carro se realiza por mediación de un motorreductor eléctrico.

Dimensiones de la cuba: 2 m ancho x 13 m largo. Incluye el puente rodante, carro de desplazamiento, accionamiento de traslación del puente, carril de rodadura, sistema de barrido y evacuación de flotantes. Opera mediante un motorreductor eléctrico de traslación y motor eléctrico de elevación de rasquetas ambos de 0.25 kW

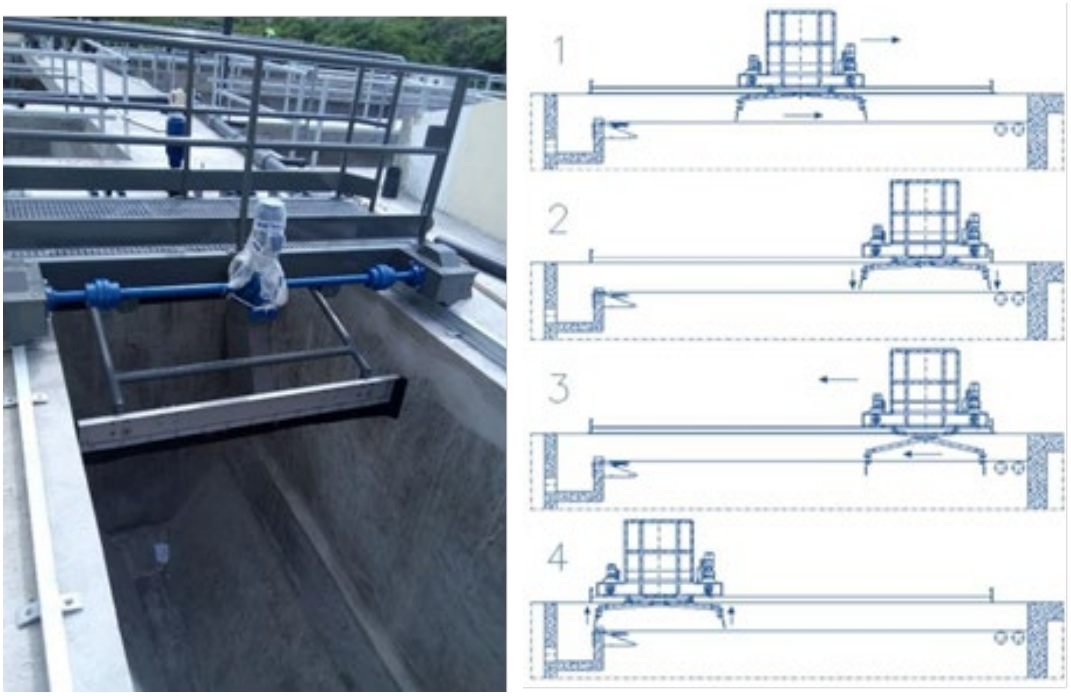


Imagen II-2 Puente desengrasador desarenador longitudinal

Las grasas retiradas serán dirigidas a un contenedor de almacenamiento que será retirado periódicamente.

9. Tamiz rotatorio

Tras el bombeo de laminación se instalará un equipo de tamizado fino para la retención de los sólidos de más de 2 mm. El sistema consistirá en un tamiz rotativo, calculado para el caudal medio de la segunda fase ya que el caudal punta será laminado en el tanque de laminación.

El líquido a filtrar entra en el tamiz rotativo y se distribuye uniformemente a lo largo de todo el cilindro filtrante que gira a baja velocidad. Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie del mismo y son conducidas hacia el rascador que es la pieza diseñada para separarlas y depositarlas sobre una bandeja inclinada para su caída por gravedad.

El líquido que pasa a través de las rendijas del cilindro filtrante es conducido hacia la salida que estará en la parte inferior o posterior del cuerpo que puede variar según las necesidades y espacio de diseño.

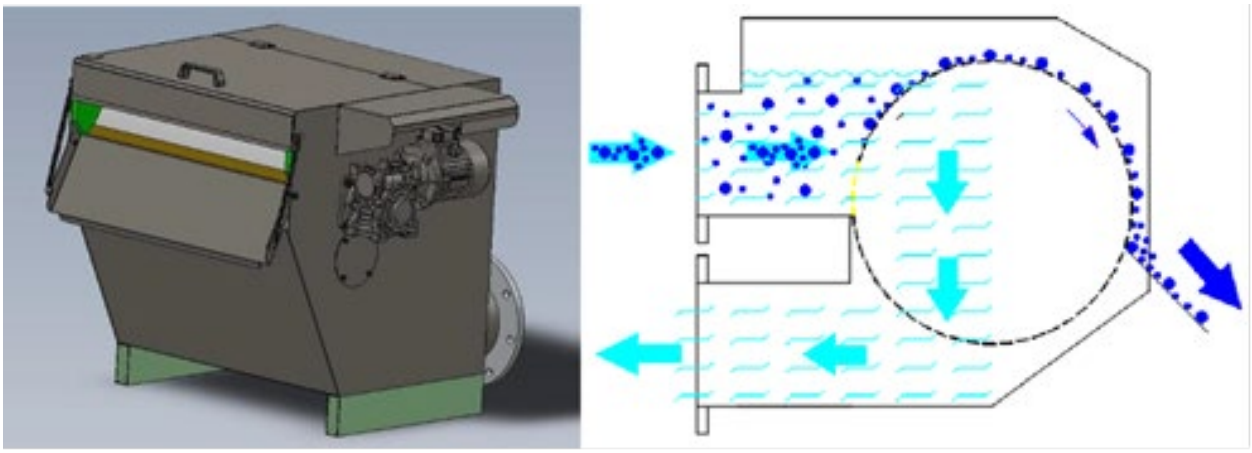


Imagen II-3 Imagen y esquema de funcionamiento de un rototamiz

Las características del rototamiz serán las siguientes:

Caudal unitario: 42 m^3/h, Posición de montaje: sobre superficie, Luz de paso: 2 mm, Material: Acero inoxidable AISI 304, Potencia eléctrica requerida: 0,25 kW

El agua en este paso de tratamiento es enviada, por gravedad, al tratamiento biológico. Los sólidos se almacenan en contenedor.

10. Bombas de regulación

Tras este pretratamiento antes indicado, el agua será almacenada en el tanque de laminación, desde el cual se bombeará a caudal medio de tratamiento, hacia el desbaste de finos, desengrase y reactor biológico. Las características del tanque de laminación serán las siguientes:

Volumen: 700 m^3, tiempo de retención a caudal medio: 16 h

En este tanque de homogeneización, se instalarán dos bombas sumergibles, que enviarán el agua laminada al caudal medio al tratamiento. Se contará con una unidad en funcionamiento y otra en reserva. También se instalarán agitadores sumergibles que aseguren una homogeneización del agua antes del tratamiento biológico, serán de tipo sumergible, de acero inoxidable que agitarán deposiciones de sólidos y evitarán la formación de películas superficiales.

El caudal de bombeo será de 21 m^3/h, a una presión de 8 mca (metros columna agua) equivalente a 0.78451 Bar. Las bombas serán sumergibles con rodete vórtex ya que son las apropiadas para la elevación de aguas residuales y líquidos que contengan materias sólidas y/o fibrosas. La rotación del impulsor produce un flujo que crea un vórtice en la carcasa de la

bomba que aspira la materia sin contacto con el impulsor, lo que minimiza la posibilidad de bloqueo. La potencia unitaria requerida será de 1,5 kW.

11. Agitadores de cámara anóxica

En la cámara anóxica, en la que se producirá la desnitrificación, se instalará un agitador sumergible, que asegure una mezcla perfecta del agua en su interior. Será de tipo sumergible, de acero inoxidable requiriendo una potencia de 1,8 kW

12. Bombas de recirculación interna

Estas bombas realizarán un bombeo de circulación interna desde la zona aerobia hacia la zona anóxica, con el objeto de maximizar la desnitrificación. Serán de tipo rodete vórtex, requiriendo una potencia instalada de 1,5 kW. El caudal calculado es de 21 m^3/h.

13. Bombas de recirculación externa y decantación

Se instalará un clarificador secundario por fase (construido en obra civil) capaz de operar al caudal de diseño. Se instalarán campanas de reparto y canales de recogida de agua tratada, el material interno de decantador será de acero al carbono.

En esta etapa de tratamiento se realiza un bombeo de recirculación externa de lodos activos desde el decantador a la cabecera (zona anóxica), utilizando bombas sumergibles, de rodete vórtex con objeto de mantener la concentración de microorganismos del reactor constante. Este bombeo se empleará también para la purga de los lodos hacia el espesador. Es un procedimiento que implica bombeo de recirculación externa y pozos de bombeo del decantador. Se calculó un caudal de 21 m^3/h a una presión de 6 mca (0.588383 Bar). La potencia eléctrica instalada será de 1.5 kW.

A la salida del clarificador secundario, el agua será enviada al canal de cloración, donde se realizará la dosificación de hipoclorito sódico para asegurar la desinfección.

14. Canal de cloración y desinfección

El sistema considera, como parte de tratamiento, un canal de cloración que mantenga un tiempo de contacto y promueva la mezcla del cloro que se dosifica para la desinfección.

Pese a que no se conocen los datos de concentración de coliformes fecales en el agua de entrada a la planta, y puesto que su concentración en el agua de vertido sí está limitada, será necesario realizar una desinfección del agua clarificada mediante adición de cloro para asegurar su calidad.

15. Sopladores y reactor biológico

Sopladores.

Se conoce que en todas las aguas residuales existen una serie de bacterias y microorganismos que, en presencia de suficiente oxígeno, además de nutrientes, transforman los complejos compuestos de tipo orgánico en otros más sencillos de tipo inorgánico. Este fenómeno se denomina aerobio, y los elementos que del mismo se obtienen quedan reducidos a sales inorgánicas, anhídrido carbónico y agua.

Así, en este caso se ha optado por la instalación de un tratamiento biológico de aireación continua, formado por dos líneas en paralelo (una línea para la fase 1 y una línea para la fase 2). La línea estará formada por el propio reactor biológico y un clarificador secundario donde el agua tratada será separada de los lodos activos.

Para eliminar el nitrógeno del efluente, es necesario dotar de zonas anóxicas, en obra civil, en las que se recirculará una parte del efluente de salida del reactor aerobio, con objeto de que los microorganismos eliminen el oxígeno de los nitratos (desnitrificación), y liberando el nitrógeno a la atmósfera.

Se dispondrá de dos reactores independientes en paralelo y únicamente se dotará uno de ellos con equipos.

Se instalarán dos soplantes de aireación de la cámara aeróbica, uno en operación y otro en reserva. Para la Fase 2 se instalará un tercero. Este arreglo aportará un caudal de 520 Nm^3/h, a una presión de 5.2 mca (0.052 Bar), los soplantes serán de tipo émbolo rotativo o canal lateral con una potencia unitaria de 18.5 Kw. Las válvulas de aislamiento y tubería de impulsión serán de acero al carbono.

Reactor biológico

Se plantea un reactor biológico para la fase inicial y uno adicional al momento de la ampliación de la PTAR.

El caudal de tratamiento calculado final es de 42 m^3/h (Reactor 1 = 21 m^3/h + Reactor 2 = 21 m^3/h), la altura mínima del agua durante el proceso será de 4.2 m.

El volumen unitario calculados es de 550 m^3 establecido de la siguiente manera: Cámara anóxica: 110 m^3 y cámara aerobia: 440 m^3, el volumen total de los dos reactores será de 1,100 m^3.

En la cámara aerobia, para favorecer las reacciones aerobias, se instalará un sistema de inyección de aire mediante parrillas de aireación y soplantes cuyo objeto es la distribución del aire. Se colocarán dos (2) soplantes (uno en funcionamiento y uno en reserva) que aportarán el caudal suficiente de oxígeno al sistema.

La aireación se hará con burbuja fina teniéndose 52 difusores por parrilla de PVC.

Para la segunda fase se replicará esta instalación.

Este sistema será dotado con un analizador de oxígeno disuelto colocado en el reactor aerobio de la Fase 1 siendo necesario instalar un segundo analizador en el reactor aerobio de la Fase 2.

16. Descripción del Proceso de Tratamiento

- **Tratamiento Primario**

1.- El agua residual bruta primero pasará por unas rejillas de cribado grueso y un canal desengrasador equipado con un mecanismo desengrasador que permitirá retirar de manera constante los sólidos mayores a 25 mm y las grasas presentes en la corriente.

2.- El caudal libre de sólidos y grasas llegará al tanque de regulación en donde se amortiguarán los caudales punta y se homogeneizará la composición del agua.

3.- Se instalarán bombas de regulación que mandarán el agua a un caudal constante hacia la siguiente etapa de tratamiento.



Imagen II-4 Tratamiento Primario

- **Tratamiento secundario**

1.- Una vez pretratada el agua, pasará hacia el tratamiento biológico secundario, el cual estará compuesto por dos etapas de depuración, una etapa Anóxica (sin aireación) y una etapa Aerobia (con aireación).

El agua residual pretratada se mezclará en los reactores biológicos con los lodos activados presentes, formando así un Licor Mezclado de Solidos Suspendidos (LMSS).

a) En la Etapa Anóxica ocurrirá el proceso de desnitrificación, en donde un tipo de bacterias llamadas “desnitrificantes” reducirán químicamente los nitratos (NO3) y nitritos (NO2) provenientes de la fase aerobia (recirculación interna de lodos activados). Los nitratos y nitritos serán reducidos a nitrógeno elemental (N2) que será desprendido hacia la atmósfera. El tanque anóxico será equipado con un agitador sumergible que mantendrá en suspensión los sólidos suspendidos.





b) En la Etapa de Aerobia las bacterias presentes realizaran el proceso de oxidación química de la materia orgánica biodegradable disuelta y también llevaran a cabo las reacciones de nitrificación (formación de nitratos y nitritos) a partir de la materia amoniacal presente. Una bomba de recirculación interna permitirá recircular los lodos nitrificados hacia la etapa anóxica.


Difusores de aireación


Soplador de aire

- **Tratamiento terciario**

El tratamiento terciario en el contexto del tratamiento de aguas residuales se refiere a una etapa adicional después de los tratamientos primario y secundario. Su objetivo principal es eliminar los contaminantes restantes para que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad requeridos antes de su descarga o reutilización. Una de las opciones más utilizadas para el tratamiento terciario es la desinfección final con hipoclorito de sodio.

El hipoclorito de sodio es un compuesto químico utilizado ampliamente como desinfectante debido a sus propiedades oxidantes y capacidad para eliminar microorganismos. La dosificación adecuada de hipoclorito de sodio depende de varios factores, como la concentración inicial de cloro en el agua, el tiempo de contacto requerido, el tipo y grado de contaminación microbiana.

Los pasos generales para la dosificación de hipoclorito de sodio en el tratamiento terciario son los siguientes:

Medición del cloro residual: Antes de agregar hipoclorito de sodio, es importante medir el cloro residual en el agua tratada. Esto ayuda a determinar la dosis adecuada de hipoclorito de sodio requerida para lograr los niveles deseados de desinfección.

Cálculo de la dosis: Una vez que se conoce el cloro residual, se puede calcular la dosis necesaria de hipoclorito de sodio. Esto implica considerar factores como la concentración de cloro deseada, el volumen de agua a tratar y la eficiencia de desinfección del hipoclorito de sodio en particular.

Preparación de la solución: Se diluye el hipoclorito de sodio en agua para obtener la concentración deseada.

Aplicación: La dosis calculada se agrega al agua tratada en un punto apropiado del proceso de tratamiento. Esto puede ser antes o después de un tanque de contacto, dependiendo de los requisitos específicos del sistema de tratamiento.

Mezcla adecuada: Una vez agregado el hipoclorito de sodio, es esencial asegurarse de que se mezcle adecuadamente con el agua. Esto puede requerir una agitación o tiempo de contacto adicional para garantizar una distribución uniforme y una desinfección efectiva.

La planta de tratamiento que se somete a evaluación contará con un canal de cloración que asegurará un tiempo de contacto mayor suficiente para asegurar una desinfección del agua eficaz.


Sedimentador Clarificador


Canal de cloración

Las características del sistema de dosificación de hipoclorito sódico implican, para las dos Fases, un tanque de almacenamiento de polietileno con capacidad de 500 l para contener el hipoclorito sódico con boya medidora de volumen y sensor de bajo nivel. El hipoclorito será bombeado al canal de cloración mediante una bomba electromagnética dosificadora con un caudal de 4l/h. Las válvulas y tuberías de esta instalación serán de PVC.

Tabla II-10 Tiempos de retención

Tiempo de retención previsto para una PTAR de 1,000 m3/dia		
Parámetros	**Valor**	**Unidades**
Volumen Cárcamo de homogeneización	513.00	m^3
Tiempo de residencia en Carcamo	12.32	horas
Cámara anóxica línea A	114.80	m^3
Cámara anóxica línea B	114.80	m^3
Tratamiento biológico línea A	453.60	m^3
Tratamiento biológico línea B	453.60	m^3
Sedimentador	84.64	m^3
Canal de Cloración	240.00	m^3
Total tratamiento	1,461.44	m^3
Tiempo de residencia en tratamiento	35	horas
Tiempo total de retención	47.32	horas

- **Precipitación de fósforo y fosfatos**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales que no realizan una eliminación adecuada de fosfatos pueden tener efectos medioambientales significativos. Aquí se presentan algunas de las afectaciones medioambientales asociadas con los fosfatos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas:

Eutrofización: Los fosfatos son un nutriente clave para el crecimiento de algas y otras plantas acuáticas. Si los fosfatos no se eliminan adecuadamente en el proceso de tratamiento de aguas residuales, pueden ingresar a los cuerpos de agua receptores en concentraciones elevadas. Esto puede resultar en un aumento descontrolado de la población de algas, lo que conduce a la eutrofización. La eutrofización puede provocar la proliferación de algas, la disminución de oxígeno disuelto en el agua y la muerte de organismos acuáticos, lo que altera el equilibrio natural de los ecosistemas acuáticos.

Desequilibrios en los ciclos biogeoquímicos: Los fosfatos descontrolados provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden afectar los ciclos biogeoquímicos naturales de los cuerpos de agua. El exceso de fosfatos puede alterar los ciclos de nutrientes, como el ciclo del fósforo, y provocar desequilibrios en los ecosistemas acuáticos. Estos desequilibrios pueden tener impactos negativos en la diversidad biológica y la productividad de los ecosistemas acuáticos.

Toxicidad para organismos acuáticos: Los altos niveles de fosfatos pueden resultar tóxicos para los organismos acuáticos, incluyendo peces, invertebrados y plantas acuáticas. La exposición prolongada a concentraciones elevadas de fosfatos puede afectar la salud y la reproducción de los organismos acuáticos, y en casos extremos, puede resultar en la muerte de los mismos. Esto puede tener un impacto negativo en la estructura y función de los ecosistemas acuáticos.

Contaminación del agua potable: Si los fosfatos de las plantas de tratamiento de aguas residuales no se eliminan adecuadamente, pueden ingresar a las fuentes de agua potable. Los altos niveles de fosfatos en el agua potable pueden tener efectos adversos para la salud humana, como la formación de compuestos químicos tóxicos o carcinógenos, y pueden requerir tratamientos adicionales costosos para garantizar la seguridad del agua potable.

Para minimizar estas afectaciones medioambientales, es importante que las plantas de tratamiento de aguas residuales implementen procesos terciarios para la eliminación de fosfatos efectivos.

En este contexto, la PTAR que se somete a evaluación a través de esta MIA-P, considera la precipitación de fósforo y fosfatos para eliminar eficientemente estos nutrientes del agua tratada. La precipitación de fósforo y fosfatos se basa en la formación de precipitados insolubles de fosfato de metal, los cuales pueden ser removidos mediante procesos de sedimentación, filtración u otros métodos de separación sólido-líquido.

Los pasos generales involucrados en la precipitación de fósforo y fosfatos en el tratamiento terciario de aguas residuales son los siguientes:

Ajuste del pH: Es posible que sea necesario ajustar el pH del agua residual para favorecer la formación de precipitados de fosfato. Por lo general, se requiere un pH ligeramente alcalino, generalmente entre 8 y 10, para promover una buena precipitación.

Adición de coagulante: Se añade un coagulante al agua residual para formar flóculos y facilitar la formación de precipitados de fosfato. Los coagulantes comúnmente utilizados son sales de hierro, como el sulfato de hierro (alumbre de hierro) o el cloruro férrico, y sales de aluminio, como el sulfato de aluminio. Estos coagulantes liberan iones metálicos cargados positivamente, que reaccionan con los fosfatos presentes en el agua residual.

Mezcla y agitación: Una vez agregado el coagulante, se mezcla y agita el agua para asegurar una distribución uniforme del coagulante y una buena mezcla con los contaminantes presentes.

Formación de precipitados: Los iones metálicos del coagulante reaccionan con los fosfatos disueltos en el agua residual para formar precipitados insolubles de fosfato de metal. Estos precipitados pueden incluir fosfato férrico ($FePO_4$) o fosfato de aluminio ($AlPO_4$), dependiendo del tipo de coagulante utilizado.

Sedimentación o filtración: Una vez formados los precipitados de fosfato, el agua residual se somete a un proceso de sedimentación o filtración para separar los precipitados del agua. En la sedimentación, los precipitados se asentarán en el tanque de sedimentación.

Es importante tener en cuenta que la precipitación de fósforo y fosfatos en el tratamiento terciario de aguas residuales puede variar según las condiciones locales.

Dosificación de coagulante

El coagulante se almacenará en un tanque de poliuretano con capacidad de 1,000 l, el cual estará dotado de un flotador y sensor de bajo nivel, siendo dosificado hacia la balsa de laminación mediante una bomba electromagnética a un caudal de 10 l/h. Las válvulas y ductos de este sistema serán de PVC.

Este paso de tratamiento es ambientalmente relevante ya que la relación entre el fósforo presente en las aguas residuales deficientemente tratadas y la eutroficación marina se basa en la disponibilidad de este elemento como nutriente para el crecimiento de algas y plantas acuáticas.

El fósforo es un nutriente esencial para los organismos vivos y desempeña un papel importante en los procesos biológicos, incluyendo la síntesis de ADN, la producción de energía y el crecimiento celular.

Cuando las aguas residuales que contienen fósforo son liberadas en cuerpos de agua marinos sin un tratamiento adecuado, el fósforo se disuelve en el agua en forma de iones fosfato (PO_4^{3-}). Estos iones fosfato son fácilmente disponibles y son absorbidos por las algas y las plantas acuáticas presentes en el agua.

La disponibilidad de fósforo en concentraciones adecuadas puede limitar el crecimiento de las algas y plantas acuáticas en el entorno marino. Sin embargo, cuando hay un exceso de fósforo debido a las aguas residuales, se crea un ambiente propicio para un crecimiento descontrolado de algas y plantas acuáticas. Este crecimiento masivo de algas en el agua marina se conoce como proliferación de algas o floraciones de algas que pueden afectar a las colonias de coral.

A medida que las algas y las plantas acuáticas se reproducen y crecen en grandes cantidades, se forma una biomasa densa en la superficie del agua o en las capas cercanas a la superficie. Esta proliferación de algas puede tener varios efectos perjudiciales de los cuales destacan por su importancia los siguientes:

Consumo de oxígeno: Durante el proceso de descomposición de las algas muertas, las bacterias y microorganismos que descomponen la materia orgánica consumen oxígeno disuelto en el agua. Esto puede llevar a la hipoxia, una disminución en los niveles de oxígeno en el agua marina, lo que afecta negativamente a los organismos marinos que dependen del oxígeno para sobrevivir.

Bloqueo de la luz solar: Las floraciones de algas densas pueden bloquear la entrada de luz solar al agua marina, reduciendo la cantidad de luz disponible para las plantas y organismos fotosintéticos en las capas más bajas del agua. Esto puede afectar su capacidad para llevar a cabo la fotosíntesis y reducir su crecimiento y supervivencia.

Cambios en la comunidad y pérdida de biodiversidad: Las floraciones de algas pueden cambiar la composición de la comunidad marina al favorecer el crecimiento de ciertas especies de algas en detrimento de otras. Esto puede llevar a una disminución en la diversidad de especies y a cambios en la estructura y función del ecosistema marino.

El fósforo presente en las aguas residuales marinas puede contribuir a la eutroficación marina al proporcionar un exceso de fósforo disponible como nutriente para el crecimiento de algas y plantas acuáticas. Esta proliferación de algas puede resultar en la disminución del oxígeno disuelto, el bloqueo de la luz solar y cambios en la comunidad marina, lo que afecta la salud y la biodiversidad del ecosistema marino. Es fundamental implementar medidas adecuadas de tratamiento de aguas residuales para controlar los niveles de fósforo y prevenir la eutroficación marina.

Filtro con malla con bomba: Adicionalmente, se instalará otro componente al sistema terciario de tratamiento consistente en una malla que asegura el cumplimiento con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público para el uso de agua para riego.*

Los filtros con malla son una de las tecnologías utilizadas en el tratamiento terciario de aguas residuales para remover partículas suspendidas y sólidos finos. Estos filtros consisten en una estructura con una malla o tela fina que actúa como medio de filtración. El funcionamiento de

los filtros con malla se basa en el tamizado y la retención de partículas sólidas de mayor tamaño que el tamaño de abertura de la malla.

El proceso de funcionamiento implica lo siguiente:

Entrada del agua residual: El agua residual ingresa al filtro con malla a través de una entrada diseñada para distribuir uniformemente el flujo de agua.

Tamizado y retención de sólidos: A medida que el agua residual fluye a través del filtro con malla, las partículas sólidas de mayor tamaño quedan atrapadas en la superficie de la malla. La malla tiene aberturas de tamaño controlado que permiten el paso del agua, pero retienen los sólidos.

Formación de la torta de filtración: Este componente del tren de tratamiento corresponde a un sólido o semisólido compactado que queda después del proceso de deshidratación por filtración a presión, ocurre a medida que los sólidos se acumulan en la superficie de la malla, se forma una capa o "torta" de filtración. Esta capa actúa como un medio adicional de retención de partículas, ya que las partículas más pequeñas quedan, a su vez, atrapadas en los intersticios.

Lavado y limpieza: Con el tiempo, la torta de filtración acumulada en la malla reduce la eficiencia del filtrado. Para mantener el rendimiento del filtro, se requiere un proceso de limpieza o lavado. Esto puede implicar la inversión del flujo de agua o la aplicación de un flujo de agua a contracorriente para desalojar y remover el acumulado, para ello también se utilizan cepillos u otros dispositivos para ayudar a desprender los sólidos adheridos a la malla.

Salida del agua tratada: Después de pasar por el proceso de filtración, el agua tratada que ha pasado a través del filtro con malla se dirige hacia la salida del sistema, lista para su posterior uso o descarga.

Los filtros con malla son efectivos para remover partículas suspendidas, sedimentos finos y sólidos en el rango de micras. Son ampliamente utilizados en el tratamiento terciario de aguas residuales para mejorar la calidad del agua tratada antes de su reutilización o descarga. La selección adecuada del tamaño de malla y el diseño del filtro son aspectos importantes para garantizar una eficiente remoción de sólidos y mantener un buen rendimiento del sistema de filtración.

La PTAR que se presenta a través de esta MIA-P será dotada de un sistema de mallas por Fase, es decir que cada uno de los módulos contará con esta instalación. Se plante un sistema para

un caudal de 21 m^3/h impulsado por una bomba sumergible tipo rodete vórtex con una potencia unitaria de 7.5 Kw.

La malla será de tipo autolimpiante fabricada en fundición con una luz cd paso de 200 micras con cuerpo y base de poliamida reforzada con fibra de vidrio y malla de acero inoxidable.

17. Filtro prensa, espesador de lodos y digestor aerobio.

Desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, el papel que desempeñan el filtro prensa, el espesador de lodos y el digestor aerobio en una planta de tratamiento de aguas residuales son diferenciados en estructura y función.

Filtro prensa: El filtro prensa es un dispositivo utilizado para la deshidratación de lodos generados en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Su función principal es separar el agua del lodo, reduciendo su contenido de humedad y volúmenes para facilitar su disposición final. El filtro prensa consta de una serie de placas y marcos que contienen una tela filtrante. Los lodos se bombean en el filtro prensa y, a medida que pasan a través de las placas, la tela filtrante retiene las partículas sólidas mientras que el agua es liberada. Esto resulta en la formación de tortas de lodo seco que se pueden manejar y desechar más fácilmente.

Espesador de lodos: El espesador de lodos es un equipo utilizado para aumentar la concentración de sólidos en los lodos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales. Su objetivo es reducir el volumen de los lodos, minimizando los costos de transporte y disposición final. El espesador de lodos funciona mediante la sedimentación de los sólidos suspendidos en los lodos. Los lodos se introducen en el espesador y se les proporciona un tiempo de retención suficiente para que las partículas sólidas se sedimenten por gravedad. Luego, los lodos espesados se retiran del fondo del espesador, mientras que el agua clarificada se recoge en la parte superior y se puede devolver al proceso de tratamiento o descargarse después de una adecuada desinfección.

Digestor aerobio: El digestor aerobio es un sistema utilizado para la descomposición y estabilización biológica de los lodos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales. Su objetivo principal es reducir el contenido de materia orgánica y patógenos en los lodos antes de su disposición final. El digestor aerobio proporciona un ambiente aeróbico controlado, donde se promueve la actividad microbiana para la descomposición de la materia orgánica presente en los lodos. Durante este proceso de digestión aerobia, los microorganismos consumen la materia orgánica, liberando dióxido de carbono y otros productos estables. El digestor aerobio también permite controlar y optimizar los parámetros

de temperatura, oxígeno y tiempo de retención para garantizar una digestión efectiva y segura de los lodos.

En conjunto, el filtro prensa, el espesador de lodos y el digestor aerobio desempeñan un papel crucial en el tratamiento y manejo de los lodos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales. Estas tecnologías permiten una adecuada deshidratación, concentración y estabilización de los lodos, lo que facilita su disposición final de manera más eficiente y sostenible, reduciendo los impactos ambientales y los costos asociados.

En el contexto de la PTAR que se presenta, el espesador de lodos cumplirá una doble función, aumentar la concentración de lodos y a su vez, servir de almacenamiento de estos hasta que sean enviados al sistema de deshidratación.

Se platea un espesador para las dos fases con un volumen de 50 m^3 realizado en obra civil y desde el cual los lodos pasarán, por gravedad, al digestor aerobio. Este proceso tiene por objeto desactivar los lodos en exceso por medio de digestión aerobia asistida por un soplador y una parrilla de aireación para su óptimo prensado.

El equipamiento de esta etapa del tratamiento se basa en un soplante con un caudal de 260 Nm^3/h instalado en el digestor a una presión de 5 mca (0.0980 Bar) impulsado por un émbolo rotativo o canal lateral con una potencia unitaria de 7.5 Kw fabricado en acero al carbono. Se instalará una parrilla con difusores porosos con el objeto de favorecer y maximizar la digestión.

La parrilla de aireación será de PVC con difusores de plato, implicando 26 unidades para las dos fases de la PTAR.

Los lodos digeridos se alimentarán a la deshidratación mediante una bomba neumática, para las dos Fases, con un caudal de 6 m^3/h, con una presión máxima de alimentación de 61.18 mca (6 Bar), la tubería y válvulas serán de PVC

Dosificación de polielectrolitos

La dosificación de polielectrolitos en el tratamiento de aguas residuales ha sido utilizada durante décadas en la industria del tratamiento de aguas. Sin embargo, el desarrollo y la aplicación de polielectrolitos más eficientes y específicos para diferentes aplicaciones han evolucionado con el tiempo.

En las últimas décadas, ha habido avances significativos en la investigación y el desarrollo de polielectrolitos más efectivos, más selectivos y menos tóxicos. Estos avances han mejorado la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales, permitiendo una mayor

clarificación, floculación y coagulación de las partículas suspendidas y las sustancias orgánicas presentes en el agua.

Además, la dosificación de polielectrolitos se ha beneficiado del progreso en la tecnología de dosificación automatizada y controlada. Los sistemas modernos de dosificación de polielectrolitos permiten una administración más precisa y controlada de los polímeros, lo que optimiza su efectividad y minimiza el riesgo de sobredosificación.

La dosificación de polielectrolitos es una práctica común en el tratamiento de aguas residuales y consiste en la adición controlada de compuestos químicos al proceso de tratamiento. Los polielectrolitos son polímeros con carga eléctrica que se disuelven en agua y se utilizan para mejorar el rendimiento y la eficiencia de varios procesos de tratamiento.

Existen dos tipos principales de polielectrolitos utilizados en el tratamiento de aguas residuales: polielectrolitos catiónicos y polielectrolitos aniónicos.

Polielectrolitos catiónicos: Estos polímeros tienen carga positiva y se utilizan principalmente para la neutralización y la floculación de partículas cargadas negativamente en el agua residual. Al ser agregados al agua residual, los polielectrolitos catiónicos se adhieren a las partículas suspendidas y coloidales cargadas negativamente, formando agregados más grandes y pesados llamados flóculos. Estos flóculos son más fáciles de separar del agua, lo que facilita la clarificación y la eliminación de sólidos suspendidos durante el proceso de sedimentación o filtración.

Polielectrolitos aniónicos: Estos polímeros tienen carga negativa y se utilizan principalmente para la coagulación de partículas y la eliminación de sustancias orgánicas disueltas en el agua residual. Los polielectrolitos aniónicos actúan neutralizando las cargas positivas presentes en las partículas y las sustancias orgánicas, lo que provoca su aglomeración y formación de flóculos. Estos flóculos también se pueden separar más fácilmente durante los procesos de sedimentación o filtración.

La dosificación de polielectrolitos se realiza mediante un sistema de dosificación controlada que permite agregar la cantidad precisa de polielectrolito al agua residual en función de la carga y las características del agua a tratar. La dosificación óptima de polielectrolitos se determina a través de pruebas de laboratorio y ensayos piloto para asegurar la máxima eficiencia en la floculación, coagulación o clarificación del agua.

Es importante destacar que la dosificación de polielectrolitos debe realizarse de manera cuidadosa y controlada, se debe tener en cuenta la selección adecuada del tipo de polielectrolito y su dosificación para evitar la sobredosificación.

La dosificación de polielectrolitos en el tratamiento de aguas residuales permite mejorar la clarificación, la floculación y la coagulación del agua al facilitar la formación de flóculos y la separación de partículas suspendidas y sustancias orgánicas, ayuda a mejorar la eficiencia de los procesos de tratamiento y a obtener un agua residual de mayor calidad antes de su reutilización o descarga.

La PTAR que se presenta incluye, para alcanzar la mejor depuración, la dosificación de un polielectrolito, el cual conseguirá que se formen flóculos de mayor tamaño que a la entrada, facilitando su separación de la fase líquida.

El sistema de dosificación de del polielectrolito implica la instalación de un tanque de polietileno de alta densidad (PEAD) con un volumen de 500 l dotado de embudo, agitador y boya sensor de bajo nivel. El sistema dosificador es de tipo tornillo (helicoidal) con caudal de 400 l/h y sistema de inyección en línea. La tubería y válvulas serán de PVC.

Filtro prensa

Para la deshidratación de los lodos, se utilizará un filtro prensa en el cual os fangos se concentrarán por encima del 28%.

Las etapas del prensado consisten en cargar el fango, presurizar el equipo para la correcta filtración, despresurizar el filtro, apertura del paquete filtrante, descarga de las tortas, e inicio del nuevo ciclo.

Para las dos Fases se tendrá una unidad pensante con filtro semiautomático con cilindros oleo-hidráulico. Se tendrán 30 placas de 800 mm x 800 mm. Los lodos deshidratados caerán directamente sobre un contenedor metálico extracción.



Imagen II-5 Filtro prensa similar al propuesto

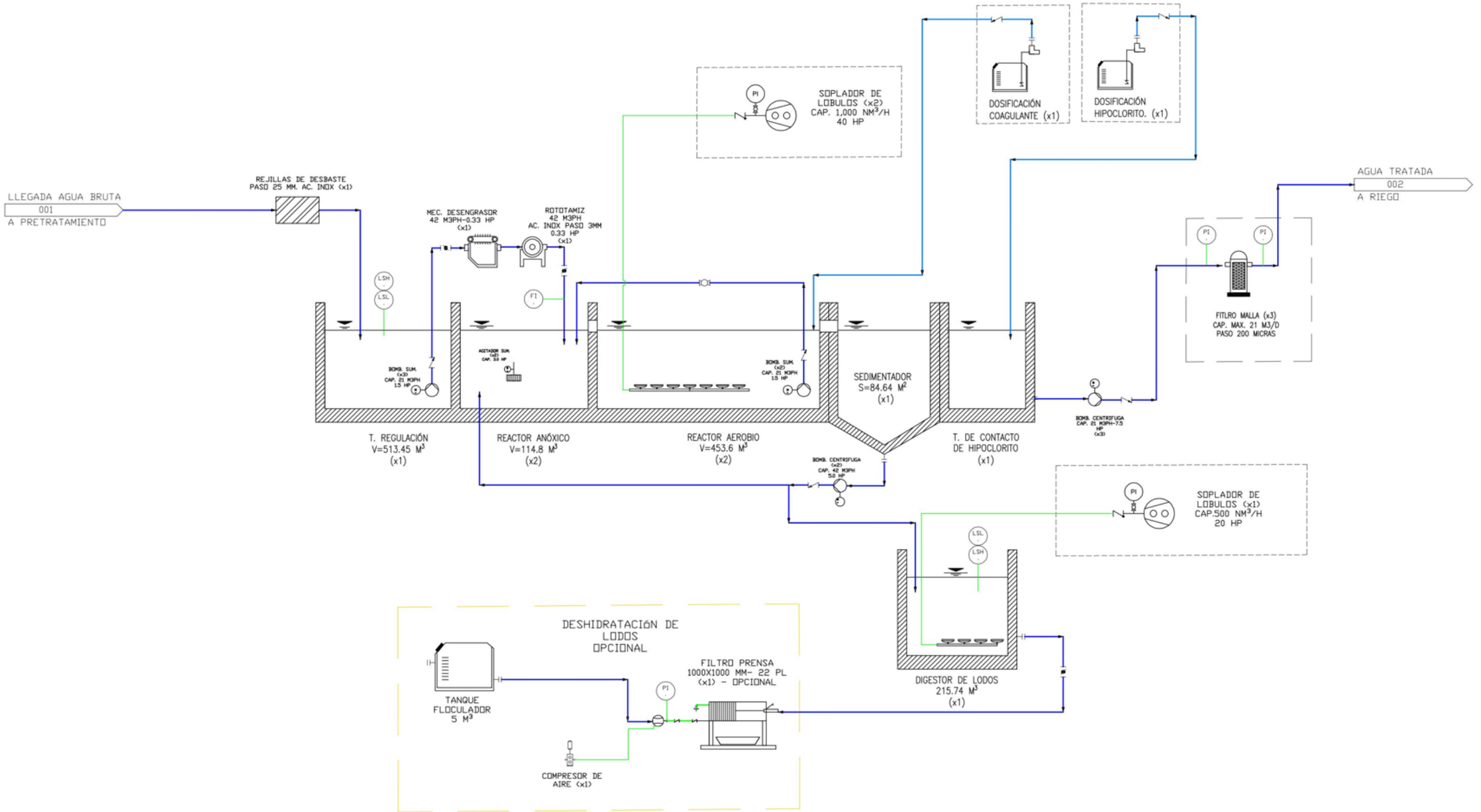


Imagen II-6 Tren de tratamiento

18. Utilización del efluente

El efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario, como la que aquí se presenta, en la que el influente ha pasado por etapas de tratamiento avanzado, presenta un grado significativamente alto de calidad y puede tener diversas aplicaciones y usos beneficiosos. En principio el efluente será utilizado para el riego de áreas verdes (el volumen de agua de riego será definido por la superficie de riego por una dotación de 2.5 lts/m^2) ya que el proceso planteado elimina una amplia gama de contaminantes haciéndola adecuada para el riego sin riesgos ambientales o de salud con lo que además se reduce la dependencia de fuentes de agua colaborando a conservar este recurso.

Tabla II-11 Parámetros de Calidad del agua a tratar

Calidad estimada del agua tratada		
Parámetros	Unidades	Valor
T	ºC	27
DBO	mg/l	<60
NT	mg/l	<15
PT	mg/l	<5
Grasas y aceites	mg/l	<15
pH		7 +/- 0.5
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 50

19. Excedentes de efluente

En caso de que se tengan excedentes, estos serán enviados a un pozo profundo de inyección.

Este pozo de rechazo se perforará a una profundidad de 100 m para evitar cualquier contacto o contaminación del manto de agua dulce y salobre con la cámara de absorción entre los 60 m y 100 m. La construcción considera el vertimiento por gravedad, es decir únicamente aquellos que no se utilicen para el riego.

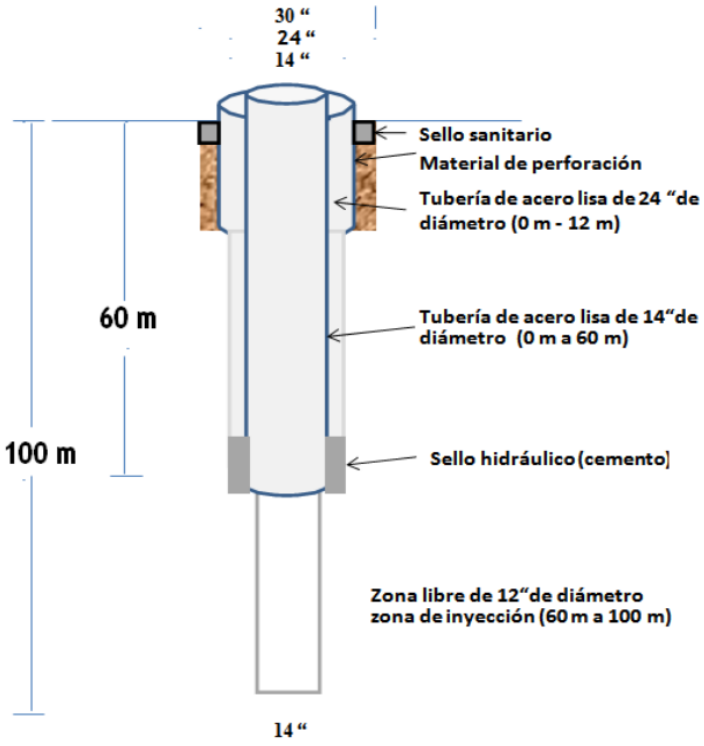


Imagen II-7 Diseño del pozo de rechazo de aguas tratadas

El procedimiento de perforación parte de las especificaciones de la NOM-003-CONAGUA-1996 de fecha 3 de febrero de 1997 que indica que:

1. Previo a la perforación la herramienta y tubería de perforación se deben desinfectar con aplicando proporcionalmente al volumen de agua contenido en el pozo el desinfectante removiendo antes grasas, aceites y sólidos. Garantizar que el cloro activo sea de 200 mg/L como mínimo.

2. Los fluidos de perforación como el agua y la bentonita estarán libres de substancias que degraden las características químicas del agua subterránea.

3. El agua debe estar libre de patógenos y poseer un pH entre 6 y 10, lo antes para que no inhiban las propiedades del fluido y no degraden el agua del subsuelo.

4. Una vez concluidos los trabajos de construcción del pozo, se deben de retirar los residuos de lodo y materiales sobrantes.

5. Una vez abierto se efectuará un monitoreo de calidad de agua para determinar el pH, conductividad eléctrica, sulfatos, nitratos, cloruros, dureza total, calcio, sodio, potasio, sólidos

disueltos totales y bacterias coliformes fecales. Este procedimiento deberá de realizarse cada tres años o de acuerdo con las especificaciones de la concesión.

6. Para evitar la contaminación del agua, el pozo contará con protección sanitaria, esto es, el espacio anular entre las paredes de la formación y el ademe, así como la terminal superior del pozo, son las áreas que presentan mayor riesgo de contaminación, por lo que aplicará proporcionalmente al volumen de agua contenido en el pozo el desinfectante necesario para que el cloro activo sea de 200 mg/l como mínimo, para evitar cualquier riesgo de contaminación. En continuación a la colocación del sello en el espacio anular que queda entre el ademe y la perforación; se construirá un contra ademe para evitar la infiltración de agua superficial que pudiera estar contaminada.

El brocal sobresaldrá 0.50 M del terreno natural de acuerdo a la figura siguiente:

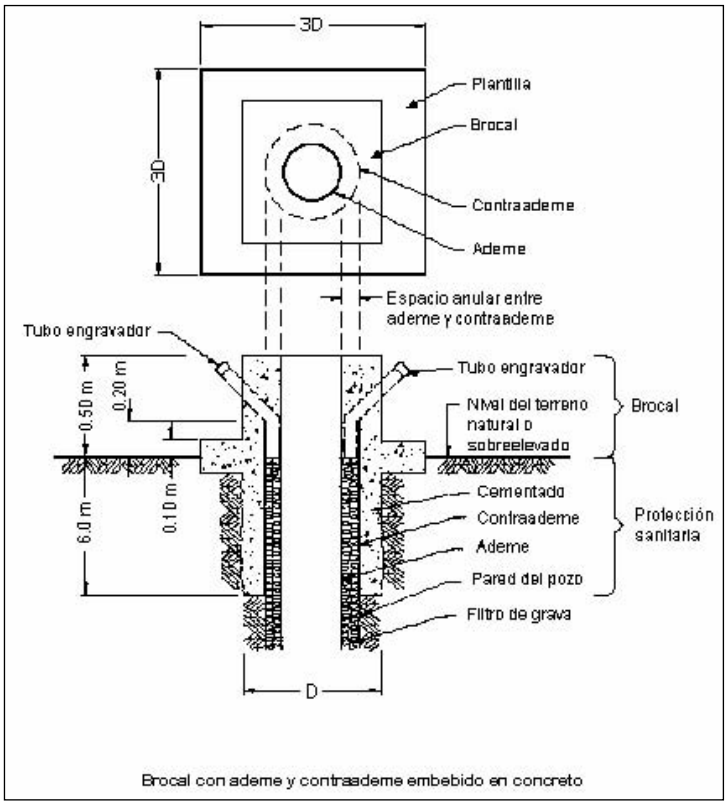


Imagen II-8 Tipo y dimensiones del brocal.

En cuanto a la forma exterior, éste será la de un prisma cuadrangular cuyos lados tendrán una longitud igual al diámetro total superficial de la perforación, con una altura de 0.50 m a partir del nivel del terreno natural o sobre elevado. En el momento de la construcción del brocal, se colocarán dos tubos para la instalación del filtro granular.

La plantilla y la parte superficial de la cimentación del contra ademe, deben formar, estructuralmente, un solo cuerpo. La superficie de la plantilla alrededor del pozo se construirá con una pendiente del 2% de tal modo que el agua, u otro fluido, que escurra se aleje y no invada el pozo. La forma exterior de la losa será cuadrada, teniendo una longitud mínima por lado de 3 (tres) veces el diámetro total de la perforación. El espesor total de la losa será de 0.15 m, de los cuales los 0.05 m inferiores estarán por debajo del nivel del terreno natural o sobre elevado, previo desplante y apisonamiento de este último.

La propuesta de construcción y operación del pozo se establece en un umbral de impacto ambiental regulado ya que será la Comisión Nacional del Agua, en aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-003-CONAGUA-1996 para la construcción del pozo, NOM-003-SEMARNAT-1996 para la calidad del efluente y NOM-001-SEMARNAT-2021 para el vertimiento, la instancia que determinará en la concesión, los límites y condiciones del aprovechamiento garantizando con su valoración el aprovechamiento sustentable del acuífero y dictando, de acuerdo a los procedimientos que regulan este bien nacional, los pagos por el servicio.

El pozo se ajustará a las especificaciones normativas y su realización se basa en la Norma Oficial Mexicana específica para el caso.

20. Biosólidos resultantes. Uso y tratamiento.

Derivado del tratamiento descrito para las aguas residuales, se esperan biosólidos de alta calidad y por debajo de los máximos permisibles determinados por la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, *Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final*.

Se ha previsto la deshidratación de los lodos mediante un filtro prensa, el residuo seco se dispondrá a un recolector autorizado con lo que se concluye el proceso de depuración.

II.7 SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA

1. Características generales del sistema de osmosis inversa

Para entender el proceso de la ósmosis inversa primero hay que definir que la ósmosis; la ósmosis es un fenómeno en el que las moléculas se mueven pasando a través de una membrana semipermeable porosa, de una región de menor concentración a otra de mayor concentración, siendo el objetivo de la membrana el igualar las concentraciones de ambos lados.

Un ejemplo para ello es, cuando se ponen en contacto dos soluciones de diferentes concentraciones de un determinado soluto (por ejemplo, sales), se genera un flujo de solvente (por ejemplo, agua) desde la solución más diluida a la más concentrada, hasta igualar las concentraciones de ambas, a esta afluencia de partículas hacia la zona de menor concentración es conocida como presión osmótica.

En la ósmosis inversa se usa una presión superior a la presión osmótica, consiguiendo un efecto contrario. Cuanto mayor sea la presión aplicada, el flujo de permeado aumenta de forma proporcional. Los factores que afectan al proceso de filtración por la membrana son:

- La calidad del agua de entrada
- Los parámetros de operación de la planta (presión y grado de conversión).
- Polarización de la concentración.

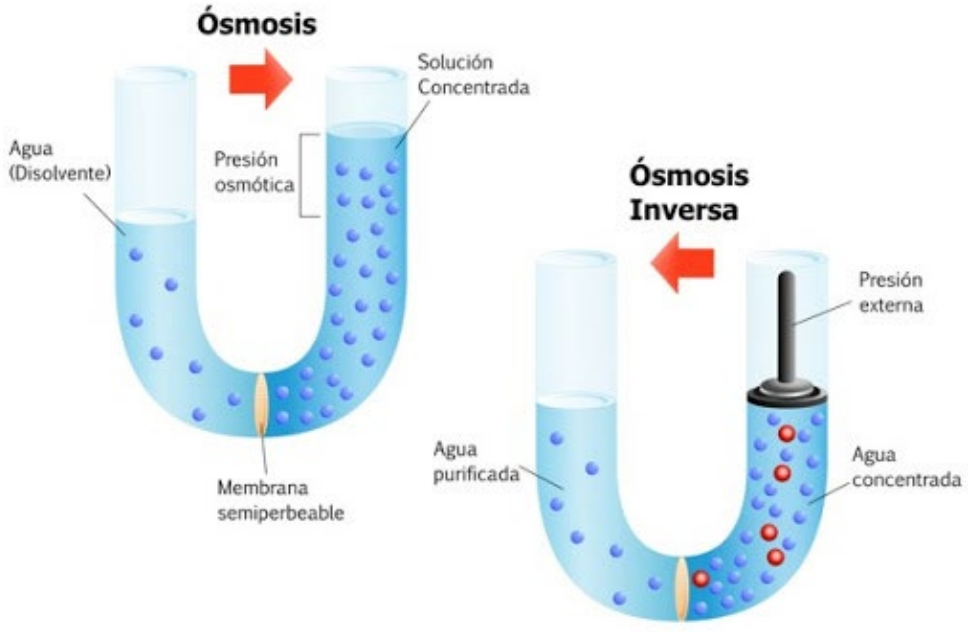


Imagen II-9 Represantación del sistema de osmosis y osmosis inversa

Aplicaciones de la ósmosis inversa.

La ósmosis inversa es aplicable a todos los casos en los que se pretende una desmineralización o una concentración de iones o de moléculas orgánicas. Sin embargo, actualmente existen dos aplicaciones esenciales:

a).- Abastecimiento de agua potable o de aguas industriales.- En localidades en las que, como recursos naturales, sólo se dispone de aguas salobres. Como se ha indicado anteriormente, algunas membranas garantizan una eliminación de más del 98.5 % de los iones monovalentes. Por lo tanto, se obtiene agua potable en un solo paso de desalinización, con lo cual la ósmosis inversa puede competir con los procedimientos de destilación. Por otra parte, las instalaciones de ósmosis son mucho más sencillas y ofrecen mayor facilidad de explotación. El consumo eléctrico es de unos 8 kWh por metro cúbico.

b).- Producción de agua de elevada calidad.- Como las aguas de calderas, aguas ultrapuras de las industrias electrónica, farmacéutica, nuclear así como las de laboratorios u hospitales. En este caso, se utilizan las propiedades de las membranas para eliminar no sólo las sales disueltas, sino también las moléculas orgánicas de masa molar superior a 70 g/mol aproximadamente, y, con mayor motivo, los elementos particulares más finos, tales como los virus. En casos frecuentes de tratamiento de aguas de superficie, la ósmosis inversa retiene igualmente gran número de contaminantes que escapan a la auto-depuración de los ríos. Pueden obtenerse con ella aguas de gran calidad, completando la cadena con un intercambio de iones en lechos mezclados, que elimina las últimas trazas de sales que hayan atravesado la membrana.

2. Descripción del Proceso de Osmosis inversa para Agua de Mar

Para el presente proyecto, éste que consta de 2 fases de implementación, se ha diseñado un sistema de crecimiento progresivo, donde se tiene en cuenta las necesidades tanto actuales como futuras.

En una primera Fase se ha determina la instalación de dos equipos de Osmosis de 315 m^3/día. Que se irán complementando, con módulos adicionales según el crecimiento del desarrollo urbanístico, hasta llegar al volumen total de la demanda de todo el desarrollo.

El esquema de montaje más sencillo consiste en un montaje en paralelo. Todos los módulos trabajan en las mismas condiciones de presión y de conversión. Este sistema se emplea en la mayoría de las unidades de pequeña capacidad. Mediante un filtro de cartuchos, que protege a la vez a la bomba de alta presión y a las membranas, se evita la entrada de materias en suspensión. Dos manómetros, situados a la entrada y a la salida de los módulos, permiten

controlar permanentemente la pérdida de carga en el interior del sistema. Dos caudalímetros (M), en el agua tratada y en el efluente, indican la conversión, la cual se ajusta por medio de dos válvulas de regulación.

3. Captación de agua de pozo

Se instalará en cada pozo de captación una bomba sumergible tipo lápiz, conectadas mediante un sistema de mangueras de alta presión hacia cabezal del pozo, con el fin de facilitar su extracción.



Imagen II-10 Bomba sumergible

4. Filtración

El agua extraída del pozo de captación será conducida hacia los **filtros de arena** que servirán para eliminar los sólidos suspendidos mayores a 20 micras.



Imagen II-11 Sistema de filtración de arena

5. Pretratamiento (Dosificación antiescalante)

Los pretratamientos consisten en eliminar o en secuestrar ya sea el anión o el catión del compuesto cuya precipitación ha de evitarse, en este caso será empleada la dosificación antiescalante con la finalidad de acondicionar el agua para disminuir su potencial de incrustación una vez que entre al proceso de ósmosis inversa.



Imagen II-12 Ssitema de dosificación antescalante

6. Microfiltración

La corriente será conducida hacia los microfiltros de seguridad, en donde se filtrarán los sólidos suspendidos mayores a 5 micras. El objetivo de la microfiltración de seguridad es proteger al sistema de ósmosis inversa (bombas y membranas) por atascamiento de solidos suspendidos aun presentes.



Imagen II-13 Ejemplo de Microfiltro

7. Módulo de Osmosis Inversa

La corriente de agua prefiltrada y acondicionada, entrará al módulo de Ósmosis Inversa, en donde la corriente de baja presión será impulsada a través de las membranas por una Bomba de Alta Presión (BAP). Como consecuencia de este proceso se generarán dos corrientes de salida, una de Permeado y la de Rechazo.

La producción de la primera etapa es recogida por un grupo de bombeo y tratada nuevamente. El rechazo de la segunda etapa, poco concentrado, se recircula a la entrada de la instalación, por lo que realiza una ligera dilución del agua de alimentación. La ósmosis es, por esencia, un proceso de concentración. Por lo tanto, es necesario asegurarse de que ninguno de los solutos precipita en el rechazo, puesto que, de ser así, podrían producirse fenómenos de incrustaciones rápidas del sistema.

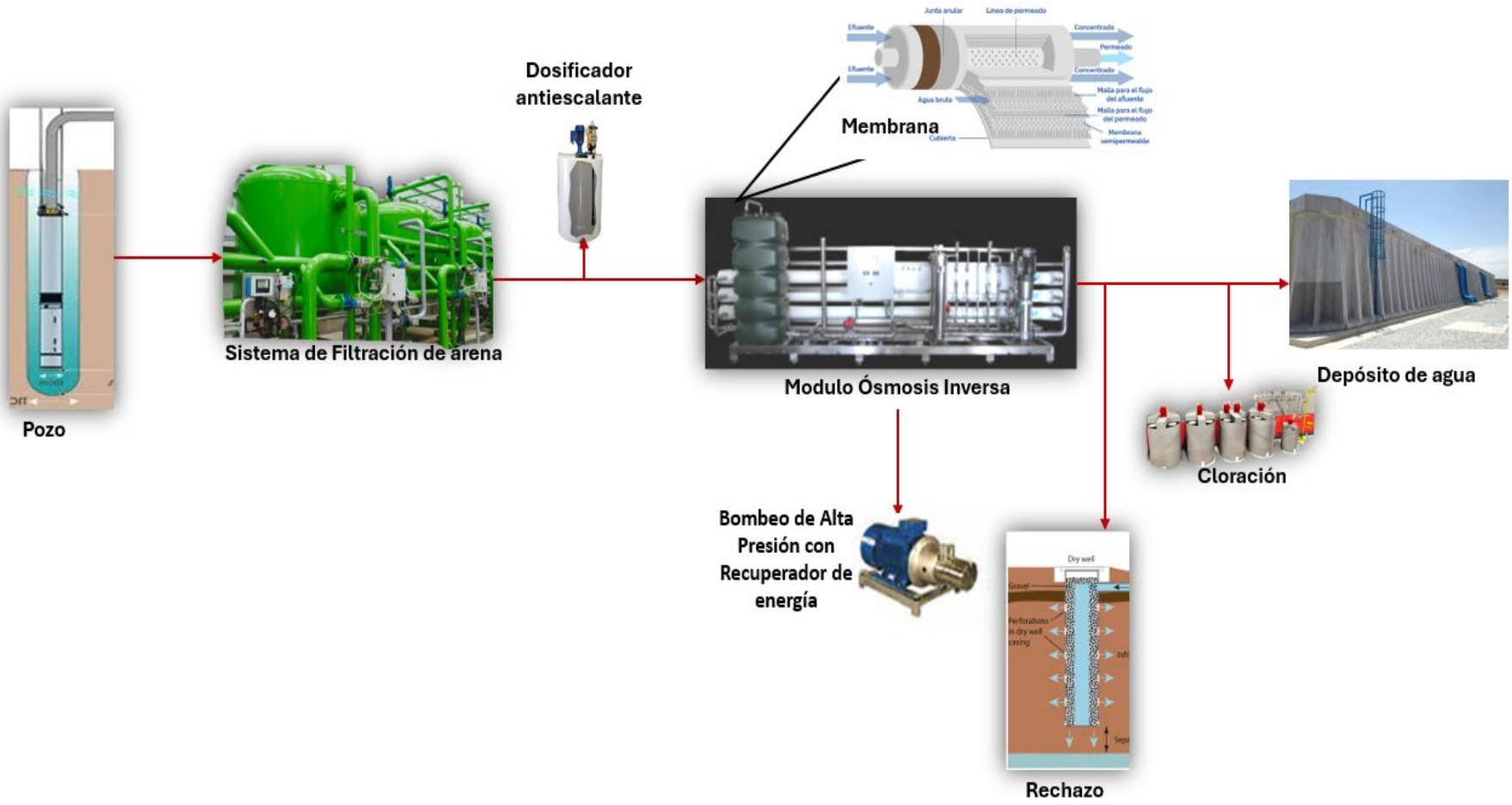


Imagen II-14 Proceso Osmosis Inversa

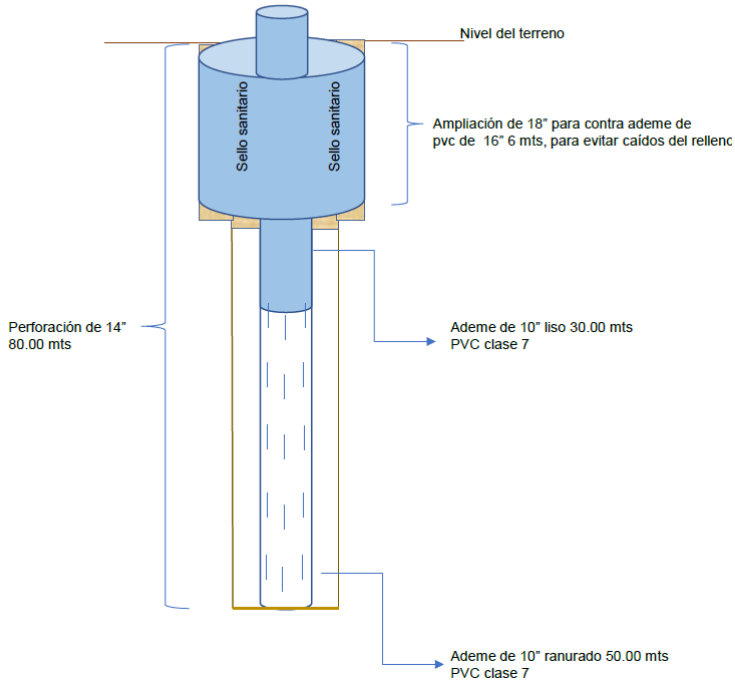
II.8 DISEÑO DE POZOS

- **Diseño pozos de rechazo y de descarga de aguas residuales tratadas**

El criterio principal para la definición del diseño de los pozos de inyección de la planta de ósmosis inversa y/o PTAR, es que el efluente sea descargado en el manto de agua salina con concentraciones de arriba de los 35,000 ppm de STD.

Según los resultados de los geofísicos y las unidades encontradas y los valores resistivos y el perfil de calidad del agua y la consulta a bibliografía de la zona de estudio expuestos en apartados anteriores, a partir de los 30-40 m de profundidad el agua del acuífero contiene más de 25000 mg/l de sólidos totales disueltos. La presencia de agua con esta salinidad se manifiesta como una opción favorable para la inyección profunda del agua de rechazo del sistema de ósmosis y de la PTAR. Por lo anterior y tomando un criterio precautorio se propone el diseño de los pozos para rechazo de agua de la planta ósmosis y para la PTAR, a una profundidad total de 80 m aislando los primeros 30 m para evitar cualquier contacto y/o contaminación del manto de agua dulce y/o salobre con la cámara de absorción entre los 8 m y 40 m.

Diseño pozo Rechazo y PTAR



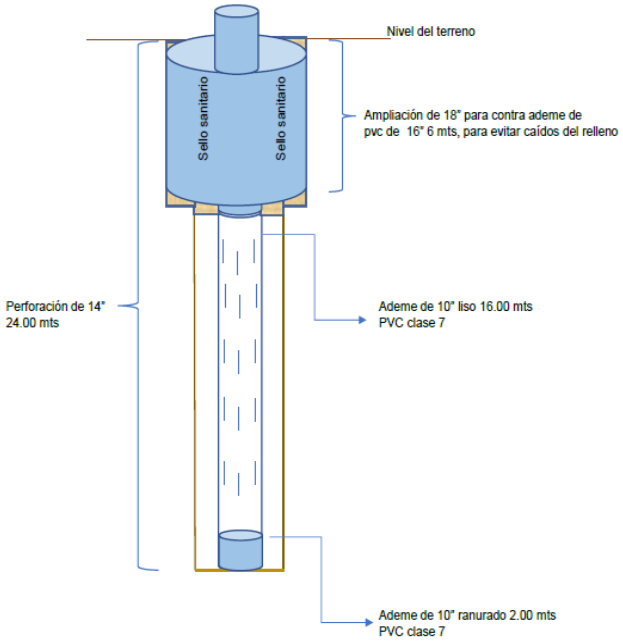
- **Diseño pozos de aprovechamiento**

El criterio para los pozos de aprovechamiento conforme a la normativa y según los resultados de los valores de los Sólidos Totales Disueltos, se conforma de la siguiente manera: existe en el acuífero un espesor de agua salobre a partir de los 2.38 m aproximadamente y hasta los 22.00 m de profundidad por lo que considerando esto y las características físicas de los materiales del subsuelo definidas en la Prospección Geofísica y Prospección del Subsuelo por Métodos

Directos, en donde se identificaron los tramos del acuífero con más posibilidades de ser explotados con volúmenes importantes de agua y considerando que estos tramos están a partir de los 3 m hasta los 15 a 16 m en donde aparece la caliza arrecifal, estas estructuras se manifiestan indirectamente en el sondeo eléctrico vertical con valores entre 60 y 100 Ohm*m.

Estas condiciones de permeabilidad se mantienen hasta los 25 m aproximadamente. Por lo anterior se propone que los pozos de extracción tengan una profundidad total de 24 m, de los cuales los primeros 6 m deberán estar entubados con tubería lisa, y los siguientes 16 m con tubería ranurada y los últimos 2 m con tubería lisa con tapón de concreto al fondo del pozo para obtener extracciones con valores entre los 12000 y 20000 ppm de STD para determinar el diseño del sistema de ósmosis.

Diseño pozo Aprovechamiento



- **Ubicación de los Pozos de aprovechamiento y Rechazo y Descarga**

A continuación, se muestra la ubicación de los pozos de aprovechamiento y descarga

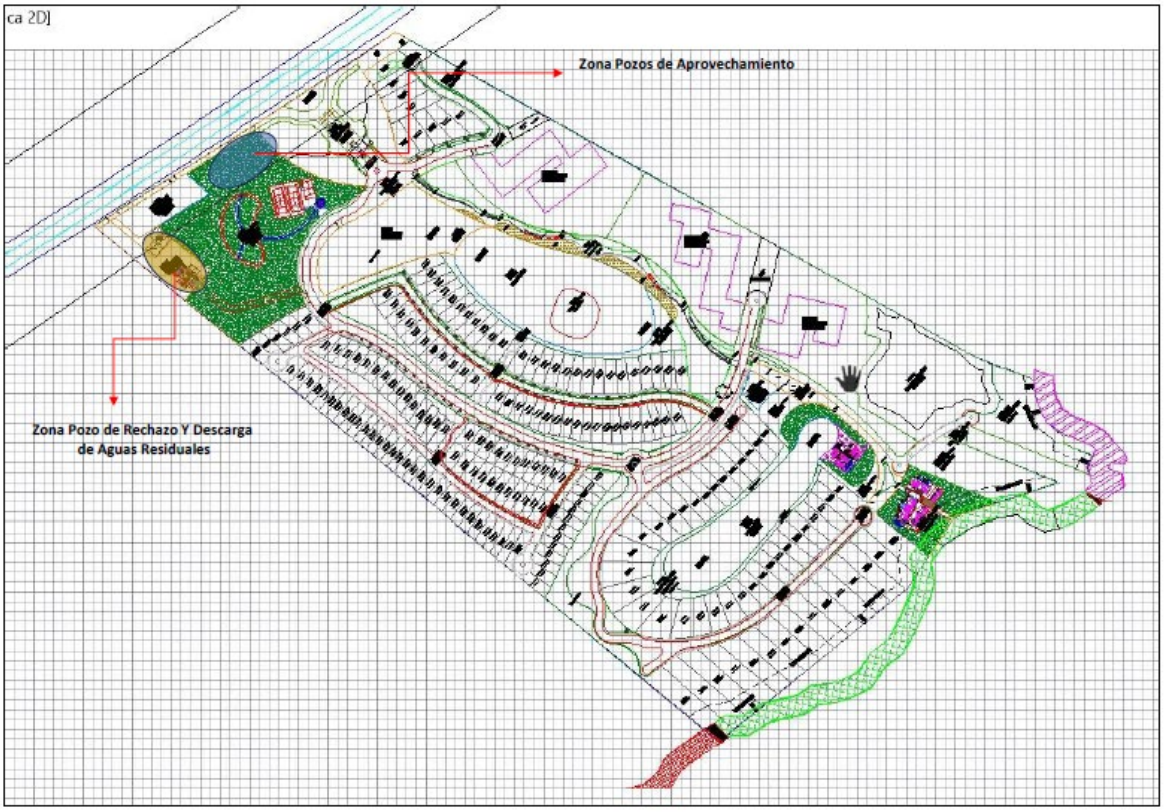


Imagen II-15 Ubicación de Pozos de Aprovechamiento

III VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO

III.1 INTRODUCCIÓN

En México, la regulación de las plantas de tratamiento de aguas residuales se encuentra establecida en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y en la Norma Oficial Mexicana (NOM) correspondiente.

La LGEEPA, que es la principal legislación ambiental en México, establece los lineamientos generales para la protección y preservación del equilibrio ecológico y el ambiente. En el caso de las aguas residuales, la LGEEPA establece la obligación de realizar su tratamiento antes de su disposición final. Además, establece que la Federación, los estados y los municipios son responsables de promover y coordinar la construcción y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

La NOM-001-SEMARNAT-1996 fue la norma que estableció los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Esta norma fijó, hasta el 11 de marzo de 2021, los parámetros que deben cumplir las plantas de tratamiento para asegurar que las aguas residuales procesadas cumplan con los estándares de calidad establecidos teniendo así una actualización a la Norma Oficial, la NOM-001-SEMARNAT-2021 sustituye a la versión anterior y es la que se encuentra actualmente vigente.

La NOM-001-SEMARNAT-2021 incluye una actualización de los contaminantes y los límites máximos permisibles establecidos. Esto implica que los valores y parámetros para determinados contaminantes cambiaron en comparación con la versión anterior. La actualización se basa en nuevos estudios científicos y en la necesidad de proteger mejor los cuerpos de agua receptores.

Las disposiciones técnicas de la NOM-001-SEMARNAT-2021 abarcan diversos aspectos relacionados con el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales. A continuación, se presentan algunas de las principales disposiciones técnicas contenidas en esta norma:

- Diseño y capacidad de tratamiento: La norma establece los criterios y parámetros para el diseño de las plantas de tratamiento, considerando la capacidad de tratamiento requerida en función de la carga de aguas residuales a tratar. Esto implica la selección

de tecnologías adecuadas y el dimensionamiento de los diferentes procesos de tratamiento.

- Procesos de tratamiento: La NOM-001-SEMARNAT-2021 establece los procesos de tratamiento que deben incluirse en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Esto puede incluir procesos físicos, químicos y biológicos, como la sedimentación, la coagulación-floculación, la filtración, la desinfección y la remoción de nutrientes.
- Requisitos de eficiencia de remoción: La norma establece los requisitos de eficiencia de remoción de contaminantes para cada proceso de tratamiento. Estos requisitos indican el porcentaje mínimo de remoción que debe alcanzarse para cada contaminante específico, asegurando que las aguas residuales tratadas cumplan con los límites máximos permisibles establecidos.
- Control de olores y emisiones: La norma incluye disposiciones relacionadas con el control de olores y emisiones generadas durante el proceso de tratamiento de aguas residuales. Esto implica la implementación de tecnologías o medidas para minimizar la liberación de olores y gases contaminantes al ambiente.
- Gestión de lodos: La NOM-001-SEMARNAT-2021 establece los requisitos para la gestión adecuada de los lodos generados en las plantas de tratamiento. Esto puede incluir la disposición final de los lodos, su estabilización, deshidratación, manejo y transporte seguro.
- Monitoreo y reporte: La norma establece los requisitos para el monitoreo regular de las descargas de aguas residuales tratadas, incluyendo los parámetros a medir, la frecuencia de muestreo y los procedimientos de análisis. También establece los requisitos para el reporte de los resultados y la documentación necesaria para demostrar el cumplimiento de los límites máximos permisibles.
- Además de estas regulaciones generales, existen otras normativas específicas dependiendo del tipo de planta de tratamiento. Por ejemplo, la NOM-003-SEMARNAT-1997 establece los requisitos y especificaciones técnicas para el diseño, construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para el servicio público.

- Las plantas de tratamiento de aguas residuales deben cumplir con los requisitos técnicos y normativos establecidos los cuales incluyen aspectos como la capacidad de tratamiento, los sistemas de captación y conducción de las aguas residuales, los procesos de tratamiento adecuados, el manejo de lodos y la disposición final de las aguas tratadas.

En este contexto y en cumplimiento con lo previsto por los Artículos 28 y 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), así como 11 y 12 de su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (REIA), en este Capítulo se presenta la vinculación de este Proyecto con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos en materia ambiental.

Resulta importante señalar que la presentación de esta MIA-P para la construcción, instalación, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales que se propone, obedece a lo indicado en la resolución **04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023**. del DTU-B del proyecto **"***Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo (**el proyecto**)*, mediante el que se impuso el cumplimiento de la **condicionante 9** tal como se indica a continuación:

> 9. *De acuerdo con la información presentada en el DTU-B y la Información Adicional, se contará con el servicio de una empresa especializada y autorizada para el acopio y retiro de las aguas residuales durante la etapa de preparación de sitio y construcción. En este sentido, el manejo de las aguas residuales durante la etapa de operación del proyecto, quedará sujeto a la obtención de la autorización de una planta de tratamiento de aguas residuales, para la cual se realizará las gestiones correspondientes.*
>
> *En virtud de lo anterior, la promovente queda sujeta a que en un plazo no mayor a 3 (tres) meses, contados a partir del día siguiente de la recepción del presente oficio resolutivo y previo al inicio de las obras y actividades del proyecto, presente ante esta Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la solicitud de*

> *autorización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales correspondiente, la cual deberá contar con los procesos de tratamiento respectivos y necesarios para atender la totalidad del aporte de las aguas residuales generadas en la etapa de operación. Los procesos de tratamiento deberán contar de al menos, nivel terciario. La propuesta que remita la promovente deberá garantizar en todo momento el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes al uso del efluente a generarse.*

Al tratar rigurosamente las aguas residuales antes de su disposición final, las plantas de tratamiento reducen la carga de contaminantes que podrían tener efectos negativos en la flora y fauna acuáticas. Esto contribuye a proteger la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos, permitiendo el mantenimiento de las poblaciones de especies y los procesos ecológicos que dependen del agua.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen como objetivo principal mejorar la calidad del agua. Al reducir la presencia de contaminantes, como materia orgánica, nutrientes o sustancias tóxicas, se promueve la recuperación y conservación de ecosistemas acuático, lo que incluye la protección de especies acuáticas sensibles, la prevención de la eutrofización (exceso de nutrientes) y la preservación de la calidad del agua para otros usos.

También contribuyen a la continuidad del ciclo del agua, permitiendo la recuperación y reutilización de aguas tratadas ya que, dependiendo del grado de tratamiento alcanzado, el efluente puede ser reutilizada en diferentes aplicaciones como riego, aseos y la propia recarga del acuífero reduciendo la presión sobre las fuentes de agua dulce.

Sin duda, la implementación y operación de una PTAR como la que se propone implica la mitigación del impacto ambiental ya que se reduce la carga contaminante de las aguas residuales con lo que se aminoran impactos ambientales adversos potencialmente generados por las actividades humanas teniendo como resultado la disminución de la contaminación de

suelos, aguas subterráneas y cuerpos de agua, lo cual beneficia la salud de los ecosistemas y de las comunidades que dependen de ellos.

III.2 VINCULACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

En el marco de referencia anterior, se expone, a continuación, la vinculación de la propuesta técnica de tratamiento de aguas servidas con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo.

En cuanto a la regulación del uso del suelo, resulta fundamental indicar que, como se ha indicado previamente, el Proyecto "LOTIFICACIÓN Y URBANIZACIÓN DEL LOTE 044-1 MANZANA 021, MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO", cuyo nombre comercial es Punta Paraíso, fue beneficiado con una resolución positiva en materia de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales 04/SCA/0638/2023, es decir que en lo referente al uso actual del suelo en el que se pretende esta infraestructura sanitaria la cual tiene por objeto la conservación de la calidad del agua corresponde al Área de Servicios AC-01 en la cual se tiene la posibilidad, de acuerdo con la resolución indicada, de edificar planta de tratamiento de aguas residuales. Se indicó, en el DTU presentado, que la construcción y operación de esta PTAR se sujetaría al Procedimiento de Evaluación en Materia del Impacto Ambiental por medio de una Manifestación de Impacto Ambiental correspondiente incluyendo una Planta de Osmosis Inversa, lo cual fue consignado y condicionado (Condicionante 9 de la resolución 04/SCA/0638/2023).

III.3 PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO (POET)

Los ordenamientos ecológicos, de acuerdo con lo establecido en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), artículo 3 fracción XXIV, son considerados un instrumento de política ambiental que tienen el objetivo de regular o definir el uso del suelo y las actividades productivas potenciales, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Debido a que este objetivo va ligado a uno de los objetivos del procedimiento evaluación de impacto ambiental, es obligatorio, e importante, considerar los criterios, lineamientos, estrategias y prohibiciones en ellos establecidos como parte del procedimiento de evaluación. Por lo anterior, en el presente apartado se realiza la vinculación de la naturaleza del proyecto con los ordenamientos ecológicos aplicables y vigentes en el área de desarrollo del proyecto.

A continuación, se presenta la vinculación jurídico-ambiental con los instrumentos de política ambiental y planeación urbana que ordenan la zona donde se ubica el proyecto.

1. Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT)

El acuerdo por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) se publicó en el DOF el 7 de septiembre de 2012, siendo de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y vincula las acciones y programas de la Administración Pública Federal y las entidades paraestatales en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática (SNPD) que a su vez es un proceso que permite disponer de mejores instrumentos en los ámbitos de acción global, sectorial, estatal y regional buscando que todos los sectores de la población, en primer instancia se involucren en la formulación del Plan Nacional de Desarrollo que genera cada nueva administración federal, vinculando a las dependencias y entidades estatales y municipales.

En el contexto medioambiental, el POEGT tiene por objetivo llevar a cabo la regionalización ecológica del territorio nacional y áreas sobre las que el Estado ejerce su soberanía, identificando zonas o áreas de atención prioritaria.

El instrumento en cuestión clasifica al país en 80 Regiones Ecológicas y 145 Unidades Ambientales Biofísicas (UAB) que han sido generadas, zonificadas y regionalizadas conforme a cuatro criterios: 1. Clima; 2. Relieve; 3. Vegetación y 4. Suelo.

Vinculación del Proyecto con el POEGT.

Estrategia	Vinculación
1) Conservación *in situ* de los ecosistemas y su biodiversidad	Esta Manifestación de Impacto Ambiental se presenta en un ámbito de regulación determinado por la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023. La presentación a evaluación de esta PTAR y OI y su eventual autorización, no implican impactos adversos potencialmente causales de afectaciones a ecosistemas y su biodiversidad distintos a lo ya valorados. El Proyecto corresponde a infraestructura cuyo objeto y funcionamiento evitan, precisamente, el desplazamiento de la a variedad de seres vivos que existen en el área de interés. El Proyecto Maestro autorizado adoptó estrategias ambientales y de diseño tanto del sembrado, distribución y características de sus componentes

<table>
<tr><th>Estrategia</th><th>Vinculación</th></tr>
<tr><td></td><td>suficientes para evitar la fragmentación de los sistemas y corredores de interconexión biológica.</td></tr>
<tr><td>2) Recuperación de especies en riesgo</td><td rowspan="2">El Programa Integral de Manejo Ambiental validado a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023 se tienen los objetivos programáticos para la protección de especies en riesgo, así como los lineamientos e indicadores de desempeño relacionados con el conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas existentes en el predio y su biodiversidad.</td></tr>
<tr><td>3) Conocimiento análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad</td></tr>
<tr><td>4) Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales.</td><td>NO APLICA. EL Proyecto no realizará estas actividades.</td></tr>
<tr><td>5) Aprovechamiento sustentable de suelos agrícolas y pecuarios.</td><td>NO APLICA. EL Proyecto no realizará estas actividades.</td></tr>
<tr><td>6) Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas.</td><td>NO APLICA. EL Proyecto no realizará estas actividades.</td></tr>
<tr><td>7) Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.</td><td>NO APLICA. EL Proyecto no realizará estas actividades.</td></tr>
<tr><td>8) Valoración de los servicios ambientales.</td><td>La valoración de los servicios ambientales se presentó en los Capítulos V y VI del DTU-B que derivó en la resolución favorable 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023. Es importante mencionar que la resolución citada determina el uso de suelo para el área de servicios (AC-01) que corresponde al espacio considerado para la localización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de Osmosis Inversa (OI) en las siguientes coordenadas:
<table>
<tr><th colspan="5">Coordenadas UTM, Datum WGS 84</th></tr>
<tr><th>Vértice</th><th colspan="2">PTAR</th><th colspan="2">Ósmosis inversa</th></tr>
<tr><th></th><th>X</th><th>Y</th><th>X</th><th>Y</th></tr>
<tr><td>1</td><td>478875.4081</td><td>2269220.058</td><td>478917.6517</td><td>2269185.421</td></tr>
<tr><td>2</td><td>478909.2961</td><td>2269192.278</td><td>478929.5358</td><td>2269175.645</td></tr>
<tr><td>3</td><td>478902.3173</td><td>2269183.733</td><td>478924.1852</td><td>2269169.152</td></tr>
<tr><td>4</td><td>478895.0155</td><td>2269174.885</td><td>478912.2875</td><td>2269178.927</td></tr>
<tr><td>5</td><td>478882.8969</td><td>2269184.827</td><td>478917.6517</td><td>2269185.421</td></tr>
<tr><td>6</td><td>478883.4679</td><td>2269185.52</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>478872.4881</td><td>2269194.521</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>478875.3367</td><td>2269197.982</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td>478865.3928</td><td>2269206.155</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>478864.571</td><td>2269206.833</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>478870.3567</td><td>2269213.899</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>478875.4081</td><td>2269220.058</td><td></td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>9) Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.</td><td>Esta es una acción principalmente enfocada a las autoridades que regulan acuíferos sobrexplotados. Sin embargo, el Proyecto Punta Paraíso atenderá la depuración de las aguas servidas a través de un sistema terciario de tratamiento lo que implica, de</td></tr>
</table>

Estrategia	Vinculación
	hecho, la posibilidad de reutilizar el agua con lo que se reduce el gasto sobre el acuífero. Además, para el aprovechamiento sustentable del agua se atienden y las estrategias previstas por la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Aguas y Alcantarillado del Estado, así como la Ley de Fomento a la Cultura Ciudadana del Agua de Quintana Roo.
10) Reglamentar para su protección, el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos.	NO APLICA, esto es una facultad de las autoridades ya que se trata de gestiones e instrumentaciones de política hídrica que son responsabilidad de las autoridades en esta materia.
11) Mantener en condiciones adecuadas de funcionamiento las presas administradas por CONAGUA.	NO APLICA, es responsabilidad de la CONAGUA.
12) Protección de los ecosistemas.	El Programa Integral de Manejo Ambiental, validado a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, define los objetivos programáticos para la protección de los ecosistemas.
13) Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes	NO APLICA. El Proyecto no utilizará este tipo de agentes.
14) Restauración de sistemas forestales y suelos agrícolas.	NO APLICA.
21) Rediseñar los instrumentos de política hacia el fomento productivo del turismo	NO APLICA por tratarse de una carga a ser cumplida por la Autoridad.
22) Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional.	NO APLICA. El Proyecto no es de naturaleza turística.
23) Sostener y diversificar la demanda turística doméstica e internacional con mejores relaciones consumo (gastos del turista)- beneficio (valor de la experiencia, empleos mejor remunerados y desarrollo regional)	
28) Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.	La presente MIA-P da cumplimiento a la estrategia de consolidación de la gestión hídrica. La planta de tratamiento de aguas residuales, de nivel III, permite la reutilización del agua favoreciendo la gestión integral del recurso.
36) Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza.	NO APLICA por la naturaleza del proyecto inmobiliario autorizado mediante oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023. Independientemente de lo anterior, la promovente podrá participar o promover acciones y programas

Estrategia	Vinculación
	altruistas sociales para el beneficio de poblaciones vulnerables en coordinación con autoridades.
37) Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas.	El Promovente está comprometido con la inclusión de los grupos indígenas de la región y brindará apoyo para su desarrollo económico al ser generador de empleos directos e indirectos.
42) Asegurar la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	NO APLICA al estar dirigido a las autoridades.
43) Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar Proyectos productivos. 44) Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	NO APLICAN al estar dirigidos a las autoridades.

2. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe

Este programa permite que el promovente obtenga la información necesaria para el aprovechamiento de los recursos naturales y el desarrollo de las actividades productivas bajo principios de sustentabilidad, que consideran la conservación de los bienes y servicios de los ecosistemas costeros y marinos, así como del desarrollo socioeconómico de la región en cuestión.

Para lograrlo, el documento expone una serie de lineamientos y estrategias definidas a partir de un diagnóstico ecológico, socioeconómico y de gobernanza que en su conjunto

están ubicados territorialmente en unidades de gestión ambiental y orientados a atender aspectos relacionados con el cambio climático, tecnologías limpias, especies invasoras, servicios básicos a las comunidades, planeación ambiental y territorial, manejo integral de residuos, del agua, vulnerabilidad y riesgos tanto al ambiente como a la población e infraestructura, conservación de ecosistemas entre otras.

La estructura de este Ordenamiento cuenta con criterios y acciones que constituyen los elementos más específicos y directos para inducir el estado deseado en las UDA. En el caso que nos ocupa, en virtud de que el Proyecto se llevará a cabo en la zona del Municipio del Solidaridad, en Quintana Roo le aplican los Criterios y Acciones para la Zona Costera Inmediata (ZCI) al Municipio de Solidaridad.

El Proyecto se ubica, para efectos de este ordenamiento, en su componente marítima dentro de la UGA-178, en tanto que en la terrestre queda dentro de la UGA-139.

UGA 139 COSTERA Solidaridad.

A esta UGA se le aplican las Acciones y Criterios Generales descritas en el anexo 4 del POEM además de las siguientes Acciones y Criterios Específicos para la misma.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
A001	Fortalecer los mecanismos para el control de la comercialización y uso de agroquímicos y pesticidas.	SAGARPA, SEMARNAT, Estados, Municipios.	El criterio vincula a las autoridades en el aspecto comercial de los plaguicidas, implementación de mecanismos de capacitación para el manejo de estos y se define la preferencia para el uso de insumos orgánicos, Se manifiesta que la PTAR y OI que se analiza no requiere y no utilizará agroquímicos y pesticidas en ninguna de sus fases. NO APLICAN.
A002	Instrumentar mecanismos de capacitación para el manejo adecuado de agroquímicos y pesticidas.	SAGARPA, SEMARNAT, Estados, Municipios.	
A003	Usar preferentemente fertilizantes orgánicos y abonos verdes en los procesos de fertilización del suelo de actividades agropecuarias y forestales.	SAGARPA, SEMARNAT, Estados, Municipios.	
A005	Fomentar la reducción de pérdida de agua durante los procesos de distribución de la misma.	Estados, Municipios.	Esto atañe a las autoridades del agua, sin embargo, el presente Proyecto de PTAR y OI promoverá políticas y acciones para el aprovechamiento eficiente del agua de reuso evitando su desperdicio por fugas y contaminación.
A006	Implementar programas para la captación de agua de lluvia y el uso de aguas grises.	SEMARNAT, SEDESOL, SECTUR, Estados, Municipios	La promovente asume la responsabilidad del tratamiento de aguas residuales y el uso de aguas servidas. El proyecto autorizado a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023 implica mantener la captación de agua pluvial en un 79.73% del total de la superficie del predio. En las

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
			áreas construidas, las aguas pluviales serán enviadas, por planos inclinados, a espacios que permitan su traslado natural al subsuelo y a sistemas de captación.
A007	Promover la constitución de áreas destinadas voluntariamente a la conservación o ANP en áreas aptas para la conservación o restauración de ecosistemas naturales.	SEMARNAT, SAGARPA, Estados, Municipios	Estas acciones de promoción atañen exclusivamente a las autoridades. NO APLICA
A008	Evitar las actividades humanas en las playas de anidación de tortugas marinas, salvo aquellas que estén autorizadas en los programas de conservación.	SEMAR, SEMARNAT, SECTUR, Estados y municipios.	NO APLICA por los alcances y naturaleza del proyecto. Las acciones relacionadas con playas de anidación de tortugas marinas fueron ya expuestas en el DTU que originó la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023.
A009	Fortalecer la inspección y vigilancia en las zonas de anidación y reproducción de las tortugas marinas.	SEMAR, SEMARNAT, Estados y municipios.	NO APLICA. Estas acciones corresponden exclusivamente a las autoridades indicadas.
A010	Fortalecer el apoyo económico de las actividades de conservación de las tortugas marinas.	SEMAR, SEMARNAT, Estados y municipios.	
A011	Establecer e impulsar programas de restauración y recuperación de la cobertura vegetal original para revertir el avance de la frontera agropecuaria.	SEMARNAT, SAGARPA, Estados, Municipios.	
A012	Promover la preservación de las dunas costeras y su vegetación natural, a	SEMARNAT, SECTUR, SAGARPA, Estados, Municipios.	NO APLICA. Dada la localización DEL Proyecto pretendida, en el área de servicios, (Lote AC-01) no se tiene colindancia ni proximidad con el cordón de

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	través de la ubicación de la infraestructura detrás del cordón de dunas frontales.		dunas frontales. La lotificación, geometría de proyecto y disposición de la infraestructura es la autorizada a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023.
A013	Establecer las medidas necesarias para evitar la introducción de especies potencialmente invasoras por actividades marítimas en los términos establecidos por los artículos 76 y 77 de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo.	SEMARNAT, SEMAR, SCT, Estados, Municipios	Este criterio atañe exclusivamente a las autoridades indicadas. NO APLICA.
A014	Instrumentar campañas de restauración, reforestación y recuperación de manglares y otros humedales en las zonas de mayor viabilidad ecológica.	SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios.	
A015	Promover e impulsar la reubicación de instalaciones que se encuentran sobre las dunas arenosas en la zona costera del ASO.	SEMARNAT, SECTUR, SAGARPA, Estados, Municipios.	No aplica ya que no se cuenta con instalaciones sobre duna costera, ni se afecta el ASO.
A016	Establecer corredores biológicos para conectar las ANP existentes o las áreas en buen estado de conservación dentro del ASO.	SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios.	El Proyecto no colinda con ANP. No obstante, bajo el diseño planificado y ya autorizado a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, se estima que la fauna podrá desplazarse al interior del predio y hacia las colindancias.
A017	Establecer e impulsar programas de restauración, reforestación y	SAGARPA, SEMARNAT, Estados, Municipios.	Este criterio atañe exclusivamente a las autoridades indicadas. NO APLICA.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	recuperación de zonas degradadas.		
A018	Promover acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerado en la Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre-Categoría de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).	SEMARNAT, Estados, Municipios.	Este criterio atañe a las autoridades indicadas. No obstante, en el marco del proyecto inmobiliario autorizado a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, se tiene validado el Programa Integral de Manejo Ambiental (PIMA) que es el instrumento de planificación que define los alcances del promovente respecto a las acciones de protección y recuperación de especies bajo algún régimen de protección considerado en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. El PIMA será aplicado durante las fases de preparación de sitio, construcción y operación que aquí se presenta.
A019	Los Programas de remediación que se implementen, deberán ser formulados y aprobados de conformidad con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y demás normatividad aplicable.	SEMARNAT, Estados, Municipios.	Estas acciones son encaminadas a las autoridades, sin embargo, de llegarse a presentar el poco probable caso de una contingencia de este tipo, el Proyecto se sujetaría a las disposiciones en cita.
A020	Promover el uso de tecnologías de manejo de la caña en verde para evitar la contaminación del aire producida en los periodos de zafra.	SEMARNAT, Estados, Municipios	No aplica al Proyecto por no tratarse de esa actividad económica.
A021	Fortalecer los mecanismos de control de emisiones y descargas para mejorar la calidad del	SEMARNAT, Estados.	Si bien se trata de acciones a cargo de las autoridades, el Proyecto no implica emisiones atmosféricas bajo regulación de fuente fija de competencia federal o estatal.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	aire, agua y suelos, particularmente en las zonas industriales y urbanas del ASO.		Para poder realizar la descarga de agua residual tratada, de manera previa se deberá realizar el trámite ante la CONAGUA para obtener las concesiones para descarga de aguas residuales (Trámite CONAGUA-01-001) atendiéndose, en todo momento, los límites y condiciones que determine la autoridad competente en el Título de concesión correspondiente.
A022	Fomentar programas de remediación y monitoreo de zonas y aguas costeras afectadas por hidrocarburos.	SEMARNAT, PEMEX, Estados, Municipios.	Este criterio atañe exclusivamente a las autoridades indicadas y en caso de afectaciones por hidrocarburos. NO APLICA.
A023	Fomentar la aplicación de medidas preventivas y correctivas de contaminación del suelo con base a riesgo ambiental, así como la aplicación de acciones inmediatas o de emergencia y tecnologías para la remediación in situ, en términos de la legislación aplicable.	SEMARNAT, Estados, Municipios.	En el poco probable de que se presentare un incidente de esta naturaleza en virtud de que los procesos relacionados con el Proyecto no implican el manejo de sustancias o materiales peligrosos. En el poco probable escenario de que se presente un incidente de esta naturaleza se adoptarían de inmediato medidas para recuperar las condiciones ambientales.
A024	Fomentar el uso de tecnologías para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y partículas al aire por parte de la industria y los automotores cuando ello sea técnicamente viable.	SEMARNAT, Estados.	Las acciones atañen a las autoridades, sin embargo, se destaca que el Proyecto no es de naturaleza industrial. Se exigirá que las unidades automotrices y maquinaria de proveedores y contratistas estén al corriente en su revista, verificación y cumplimiento con la normatividad aplicable en materia de emisiones de fuentes móviles.
A025	Promover la participación de las industrias en acciones tendientes a una	SEMAR, SEMARNAT, Estados, Municipios SEMARNAT, SEMAR, Estados, Municipios.	No aplican en virtud de que el Proyecto en cuestión no es de corte industrial.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	gestión adecuada de residuos peligrosos, con el objeto de prevenir la contaminación de suelos y fomentar su preservación.		
A026	Promover e impulsar el uso de tecnologías "Limpias" y "Ambientalmente amigables" en las industrias registradas en el ASO y su área de influencia. Fomentar que las industrias que se establezcan cuenten con las tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.		
A027	Mantener al mínimo posible la superficie ocupada por las instalaciones de infraestructura en las playas para evitar su perturbación.		Dada la localización del Proyecto con pretendida, en el área de servicios, (Lote AC-01) no se tiene colindancia ni proximidad inmediata con la línea de costa, playas o cordones dunares. Estos criterios no aplican.
A028	Promover las medidas necesarias para la instalación de infraestructura de ocupación permanente sobre el primero o segundo cordón de dunas eviten generar efectos negativos sobre estructura o función ecosistémica.	SEMARNAT, SEMAR, SCT, Estados, Municipios.	
A029	Promover la preservación del perfil de la costa y los patrones naturales de		

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	circulación de las corrientes alineadas a la costa, salvo cuando dichas modificaciones correspondan a Proyectos de infraestructura que tengan por objeto mitigar o remediar los efectos causados por alguna contingencia meteorológica o desastre natural.		
A030	Generar o adaptar tecnologías constructivas y de ingeniería que minimicen la afectación al perfil costero y a los patrones de circulación de aguas costeras.		
A031	Promover la preservación de las características naturales de las barras arenosas que limitan los sistemas laguneros costeros.		
A032	Promover el mantenimiento de las características naturales, físicas y químicas de playas y dunas costeras.		
A033	Fomentar el aprovechamiento de la energía eólica excepto cuando su infraestructura pueda afectar corredores de especies migratorias.	SENER, CFE, IP, Estados, Municipios.	Esta acción de fomento corresponde a las autoridades La promovente no considera la generación de energía eólica.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
A037	Promover generación energética por medio de energía solar.	SENER, CFE, IP, Estados, Municipios.	La acción corresponde a las autoridades, sin embargo, el Proyecto contempla la posibilidad de reconversiones, en el futuro, para pasar de las fuentes tradicionales a la solar fotovoltaica. Esto en la medida de las posibilidades tecnológicas y financieras.
A038	Impulsar el uso de los residuos agrícolas para la generación de energía y reducir los riesgos de incendios forestales en las regiones más secas.	SENER, CFE, IP, Estados, Municipios.	La acción corresponde exclusivamente a las autoridades.
A039	Promover la reducción del uso de agroquímicos sintéticos a favor del uso de mejoradores orgánicos.	SAGARPA, SEMARNAT, Estados, Municipios.	La acción corresponde exclusivamente a las autoridades indicadas. El Proyecto no utilizará agroquímicos.
A040	Impulsar la sustitución de las actividades de pesca extractiva por actividades de producción acuícola con especies nativas de la zona en la cual se aplica el programa y con tecnologías que no contaminen el ambiente y cuya infraestructura no afecte los sistemas naturales.	SEMARNAT, SAGARPA.	No es aplicable dada la naturaleza y actividad económica del Proyecto. La acción corresponde exclusivamente a las autoridades indicadas.
A044	Diversificar la base de especies en explotación comercial en las pesquerías.	SAGARPA, INAPESCA, Universidades.	No es aplicable dada la naturaleza y actividad económica del Proyecto.
A046	Incentivar el cumplimiento de los mecanismos existentes para controlar el vertido y disposición de residuos de embarcaciones, en las	SAGARPA, INAPESCA, SEMARNAT, SEMAR.	No aplica en virtud de que el proyecto no implica el uso de embarcaciones.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	porciones marinas tanto costeras como oceánicas.		
A050	Promover el desarrollo de Programas de Desarrollo Urbano y Programas de Conurbación con el fin de dotar de infraestructura de servicios a las comunidades rurales.	SEDESOL, Municipios, Estado.	Las acciones les corresponden a las autoridades indicadas.
A051	Promover la construcción de caminos rurales, de terracería o revestidos entre las localidades estratégicas para procesos de mejorar la comunicación.	SEDESOL, Municipios, Estado.	
A052	Promover el uso sostenible de la tierra/agricultura (cultivos, ganado, pastos y praderas, y bosques) y prácticas de manejo y tecnología que favorezcan la captura de carbono.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, SECOFI, SECTUR, IP, Estados y Municipios.	No aplica a la naturaleza y giro económico del Proyecto. Las acciones les corresponden a las autoridades indicadas.
A053	Desincentivar y evitar el desarrollo de actividades productivas extensivas.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, SECOFI, SECTUR, IP, Estados y Municipios.	Las acciones les corresponden a las autoridades indicadas.
A054	Promover la sustitución de tecnologías extensivas por sus correspondientes intensivas en las actividades acordes a la aptitud territorial, utilizando esquemas	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, SECOFI, SECTUR, IP, Estados y Municipios.	

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	de manejo y tecnología adecuada para minimizar el impacto ambiental.		
A055	Coordinar los programas de gobierno que apoyan a la producción para actuar sinérgicamente sobre el territorio y la población que lo ocupa.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SDESOL, SECOFI, SECTUR, IP, Estados y Municipios.	
A056	Identificar e implementar aquellos cultivos aptos a las condiciones ambientales cambiantes.	SAGARPA, CDI, SEMARNAT, SEDESOL, IP, Estados y Municipios.	
A057	Evitar el establecimiento de zonas urbanas de riesgo industrial, zonas de riesgo ante eventos naturales, zonas susceptibles de inundación y derrumbe, zonas de restauración ecológica, en humedales, dunas costeras y manglares.	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado.	Corresponde a la actividad de planeación y desarrollo de las autoridades de los tres órdenes de gobierno.
A058	Realizar campañas para reubicar a personas fuera de las zonas de riesgo.	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado.	Las acciones corresponden exclusivamente a las autoridades indicadas.
A059	Identificar, reforzar o dotar de equipamiento básico a las localidades estratégicas para la conservación y/o el desarrollo sustentable.	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado.	
A060	Establecer y mejorar sistemas de alerta temprana ante eventos	SEDESOL, SEGOB, Municipios, Estado.	

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	hidrometeorológicos extremos.		
A061	Mejorar las condiciones de las viviendas y de infraestructura social y comunitaria en las localidades de mayor marginación.	SEDESOL, Municipios, Estado.	
A062	Fortalecer y consolidar las capacidades organizativas y de infraestructura para el manejo adecuado y disposición final de residuos peligrosos y de manejo especial. Asegurar el Manejo Integral de los Residuos Peligrosos.	Sector Salud.	
A063	Instalar nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y optimizar las ya existentes.	Municipios.	
A064	Completar la conexión de todas las viviendas al sistema de colección de aguas residuales municipales y a las plantas de tratamiento.	Municipios, IP, Particulares.	Todas las viviendas y amenidades que utilicen agua tendrán conexión con la red sanitaria del proyecto Punta Paraíso con la PTAR que se presenta a través de esta MIA-P, cumpliéndose la disposición.
A065	Instrumentar programas de recuperación y mejoramiento de suelos mediante el uso de lodos inactivados de las plantas de tratamiento de aguas servidas municipales.	SEMARNAT, Municipios, IP.	En su momento, los lodos se manejarán conforme a las medidas establecidas en el Programa de Manejo Integral de Residuos. Se agrega al PIMA el programa específico para la gestión de lodos.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
A066	Incrementar la capacidad de tratamiento de las plantas para dar tratamiento terciario a los efluentes e inyectar aguas de mayor calidad al manto freático en apoyo, en su caso, a la restauración de humedales.	Municipios, IP, Particulares.	En lo que al Proyecto corresponde y en su capacidad y proporción de aportar soluciones al problema de la gestión hídrica, se presenta esta MIA-P para construir y operar una PTAR de tratamiento terciario, así como una Planta de Osmosis Inversa que ofrecerá una depuración eficiente permitiendo inyectar aguas de mayor calidad al manto freático como lo determina el criterio.
A067	Incrementar la capacidad de captación de aguas pluviales en las zonas urbanas y turísticas.	Municipios, IP, Particulares.	No es aplicable al Proyecto. En el marco del proyecto inmobiliario autorizado a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, se plantea la infraestructura útil para la captación de agua pluvial con fines de reúso y de reinyección al acuífero.
A068	Promover e impulsar el desarrollo e instrumentación de planes de manejo para residuos sólidos, peligrosos y de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.	SEDESOL, Municipios, IP, Particulares.	El Proyecto será un microgenerador de residuos peligrosos. En cada etapa se implementará el manejo de residuos, indicado en el PIMA (Programa de Manejo Ambiental) validado mediante oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023
A069	Promover el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos, peligrosos y de manejo especial para evitar su disposición al mar.	SEMAR, SEMARNAT, SEDESOL, Municipios, IP, Particulares.	Se cumple a través del subprograma de manejo de residuos, indicado en el PIMA (Programa de Manejo Ambiental) validado mediante oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023
A070	Realizar campañas de colecta y concentración de residuos sólidos en la zona costera para su disposición final.	SEDESOL, Municipios, IP, Particulares.	El Proyecto se alineará a las campañas que impulsen las autoridades responsables del cumplimiento de esta disposición.
A071	Diseñar e instrumentar acciones coordinadas	SECTUR, SEMARNAT, Estados, IP.	El Proyecto que aquí se presenta se trata de una PTAR y una Planta de Osmosis

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	entre sector turismo y sector conservación para reducir al mínimo la afectación de los ecosistemas en zonas turísticas y aprovechar al máximo el potencial turístico de los recursos. Impulsar y fortalecer las redes de turismo de la naturaleza (ecoturismo) en todas sus modalidades como una alternativa al desarrollo local respetando los criterios de sustentabilidad según la norma correspondiente.		Inversa para un proyecto habitacional suburbano, no es una propuesta de desarrollo de naturaleza turística. No es aplicable.
A072	Promover que la operación de desarrollos turísticos se haga con criterios de sustentabilidad ambiental y social, a través de certificaciones ambientales nacionales o internacionales, u otros mecanismos.	SECTUR, SEMARNAT, Estados, IP	El Proyecto que aquí se presenta se trata de una PTAR y una Planta de Osmosis Inversa para un proyecto habitacional suburbano, no es una propuesta de desarrollo de naturaleza turística. No es aplicable.
A077	La construcción, modernización y ampliación de la infraestructura aeroportuaria deberá minimizar la afectación de la estructura y función de los ecosistemas y sus bienes y servicios	SCT, SEMARNAT, Estados, IP.	No aplica al Proyecto por no tratarse de instalaciones aeroportuarias.

Clave	Acciones-Criterios	Principales responsables	Vinculación.
	ambientales, entre éstos, flujos hidrológicos, conectividad de ecosistemas, especies en riesgo, recarga de acuíferos y hábitats críticos.		

Vinculación del Proyecto con Criterios y Acciones Generales.

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
G001	Implementar tecnologías/prácticas de manejo para el uso eficiente del agua.	La presente PTAR eficientiza el uso y aprovechamiento del agua, con el tratamiento nivel terciario y su implementación tecnológica con lo anterior se valida el criterio.
G002	Promover el establecimiento del pago por servicios ambientales hídricos.	Esta es una acción que corresponderá implementar a las autoridades en la materia.
G003	Impulsar y apoyar la creación de UMA para evitar el comercio de especies de extracción y sustituirla por especies de producción.	No aplica al Proyecto ya que el Proyecto no contempla estas actividades.
G004	Instrumentar o en su caso reforzar las campañas de vigilancia y control de las actividades extractivas de flora y fauna silvestre, particularmente para las especies registradas en la NOM-SEMARNAT-059 y las especies de captura comercial.	Se cuenta con un Programa Integral de Manejo Ambiental, validado a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023 en el cual se programas acciones específicas para la protección de flora y fauna silvestres. El Proyecto no considera, en ninguna fase, la captura comercial de especies silvestres.
G005	Establecer bancos de germoplasma, conforme a la legislación aplicable.	No es aplicable. El establecimiento de bancos de germoplasma no es actividad ni está en el alcance del promovente ni del proyecto.
G006	Reducir la emisión de gases de efecto invernadero.	El diseño, orientación y materiales con que se construirá la PTAR permite la adopción futura de tecnologías de generación de electricidad fotovoltaica a mediano plazo.
G007	Fortalecer los programas económicos de apoyo para el establecimiento de metas voluntarias para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y comercio de Bonos de Carbono.	Estos son aspectos de economía ambiental que, como instrumentos de política, deben ser implementados por las autoridades de los tres órdenes de gobierno.

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
G008	El uso de Organismos Genéticamente Modificados debe realizarse conforme a la legislación vigente.	No aplica en virtud de que el Proyecto no contempla estas actividades.
G009	Planificar las acciones de construcción de infraestructura, en particular la de comunicaciones terrestres para evitar la fragmentación del hábitat.	No es aplicable. El Proyecto se trata de una PTAR y una Planta de Osmosis Inversa diseñada para dar servicio a un proyecto habitacional suburbano, no se trata de vías generales de comunicación. Dada la localización pretendida, en el área de servicios, (Lote AC-01) no se tiene la posibilidad de fragmentar hábitats.
G010	Instrumentar campañas y mecanismos para la reutilización de áreas agropecuarias para evitar su expansión hacia áreas naturales.	No aplica. Se trata de una PTAR y Planta de Osmosis Inversa diseñada para dar servicio a un proyecto habitacional suburbano ya autorizado a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023.
G011	Instrumentar medidas de control para minimizar las afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.	La PTAR que se presenta, con capacidad de proporcionar tratamiento terciario, corresponde, precisamente, a una medida que minimiza afectaciones producidas a los ecosistemas costeros por efecto de las actividades humanas.
G012	Impulsar la ubicación o reubicación de parques industriales en sitios ya perturbados o de escaso valor ambiental.	No aplica al Proyecto, se trata de gestiones que rebasan el ámbito del proyecto y la promovente.
G013	Evitar la introducción de especies potencialmente invasoras en o cerca de las coberturas vegetales nativas.	No es intención de la promovente utilizar, en ninguna fase del proyecto, especies potencialmente invasoras. No es aplicable.
G014	Promover la reforestación en los márgenes de los ríos.	Éstas deben de ser políticas públicas impulsadas por los tres órdenes de gobierno.
G015	Evitar el asentamiento de zonas industriales o humanas en los márgenes o zonas inmediatas a los cauces naturales de los ríos.	
G016	Reforestar las laderas de las montañas con vegetación oriunda de la región.	
G017	Desincentivar las actividades agrícolas en las zonas con pendientes mayores a 50%.	
G018	Recuperar la vegetación que consolide las márgenes de los cauces naturales en el ASO.	
GO19	Los planes o programas de desarrollo urbano del área sujeta a ordenamiento deberán tomar en cuenta el contenido de este Programa de Ordenamiento, incluyendo las	Esto debe ser acatado por las autoridades estatales y municipales correspondientes.

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
	disposiciones sobre riesgo frente a cambio climático en los asentamientos humanos.	
G020	Recuperar y mantener la vegetación natural en las riberas y zonas inundables asociadas a ellos.	Esto debe ser una política pública a impulsarse desde los programas de ordenamiento y de gestión de zonas federales.
G021	Promover las tecnologías productivas en sustitución de las extractivas.	Esta reconversión productiva debe de ser impulsada a través de políticas públicas.
G022	Promover el uso de tecnologías productivas intensivas en sustitución de las extensivas.	
G023	Implementar campañas de control de especies que pueden convertirse en plagas.	No es aplicable al ámbito del proyecto y el alcance se encuentra fuera de las atribuciones y alcances del promovente.
G024	Promover la realización de acciones de forestación y reforestación con restauración de suelos para incrementar el potencial de sumideros forestales de carbono, como medida de mitigación y adaptación de efectos de cambio climático.	Este criterio atañe a las autoridades responsables de la promoción de acciones de reforestación. No obstante, en el marco del proyecto inmobiliario autorizado a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, se tiene validado el Programa Integral de Manejo Ambiental (PIMA) que es el instrumento de planificación que define los alcances del promovente respecto a las acciones de reforestación. El PIMA será aplicado durante las fases de preparación de sitio, construcción y operación de la PTAR que aquí se presenta.
G025	Fomentar el uso de especies nativas que posean una alta tolerancia a parámetros ambientales cambiantes para las actividades productivas.	Este criterio atañe a las autoridades responsables de la promoción de acciones de reforestación. El Programa Integral de Manejo Ambiental (PIMA) que es el instrumento de planificación que define los alcances del promovente respecto al uso de especies ornamentales. El PIMA será aplicado durante las fases de preparación de sitio, construcción y operación del Proyecto
G026	Identificar las áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y promover su conservación (o rehabilitación).	No es aplicable a un proyecto como el que aquí se analiza y que corresponde a la edificación y operación de una PTAR mandatada por la condicionante 9 del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023. La identificación de áreas importantes para el mantenimiento de la conectividad ambiental en gradientes altitudinales y su promoción

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
		rebasan el ámbito de competencia del promovente y del proyecto.
G027	Promover el uso de combustibles de no origen fósil.	El Proyecto operará con energía eléctrica dotada por la Comisión Federal de Electricidad generada a partir de los estándares de esta paraestatal. Si la tecnología lo permite se planteará la migración, a mediano plazo, hacia la alimentación fotovoltaica de los sistemas. La promoción del uso de combustibles alternativos rebasa el ámbito de competencia del promovente y del proyecto.
G028	Promover el uso de energías renovables.	
G029	Promover un aprovechamiento sustentable de la energía.	
G030	Fomentar la producción y uso de equipos energéticamente más eficientes.	Este criterio atañe a las autoridades responsables del fomento tecnológico. En el ámbito del proyecto que aquí se presenta, se seleccionarán aquellos equipos y aparatos de mayor eficiencia que se tengan en el mercado mismos que generarán ahorros energéticos.
G031	Promover la sustitución de combustibles limpios, en los casos en que sea posible, por otros que emitan menos contaminantes que contribuyan al calentamiento global.	La promoción para la sustitución de combustibles por otros que emitan menos contaminantes es una atribución de la Secretaría de Energía a la cual le corresponde, entre otras, establecer, conducir y coordinar la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energéticas, el ahorro de energía y la protección del medio ambiente.
G032	Promover la generación y uso de energía a partir de hidrógeno.	
G033	Promover la investigación y desarrollo en tecnologías limpias.	
G034	Impulsar la reducción del consumo de energía de viviendas y edificaciones a través de la implementación de diseños bioclimáticos, el uso de nuevos materiales y de tecnologías limpias.	
G035	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones domésticas existentes.	No aplica ya que no existen aún estas instalaciones.
G036	Establecer medidas que incrementen la eficiencia energética de las instalaciones industriales existentes.	No aplica. El Proyecto no es de carácter industrial.
G037	Elaborar modelos (sistemas mundiales de zonificación agro-ecológica) que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción de cultivos; en diferentes condiciones de suelo, climáticas y del terreno.	No aplica por no ser esta actividad a la que se dedica el Proyecto.

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
G038	Evaluar la potencialidad del suelo para la captura de carbono.	La valoración estimada de captura de carbono, así como el balance con las medidas de mitigación adoptadas en el marco del Condominio Maestro Punta Paraíso fueron ya evaluadas. La PTAR se pretende en el área de servicios, (Lote AC-01) espacio al cual se ha otorgado el cambio de uso de suelo a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023.
G039	Promover y fortalecer la formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos locales en el ASO.	No aplican al Proyecto. La promoción, fomento, programación y actualizaciones de medidas de protección a especies marinas en riesgo, Programas de Desarrollo Urbano, participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental y formulación e instrumentación de los ordenamientos ecológicos, la inclusión de industrias en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes, construir y reforzar las cadenas productivas son atribuciones de los tres órdenes de gobierno. Estos criterios se orientan a la obligatoriedad de definir políticas públicas por lo que atañen a las autoridades.
G040	Fomentar la participación de las industrias en el Programa Nacional de Auditoría Ambiental.	
G041	Fomentar la elaboración de Programas de Desarrollo Urbano en los principales centros de población de los municipios.	
G042	Fomentar la inclusión de las industrias de todo tipo en el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) y promover el Sistema de Información de Sitios Contaminados en el marco del Programa Nacional de Restauración de Sitios Contaminados.	
G043	La SEMARNAT considerará el contenido aplicable de este Programa. En su participación para la actualización de la Carta Nacional Pesquera, lo considerará en las medidas tendientes a la protección de quelonios, mamíferos marinos, y especies bajo un estado especial de protección, que dicte de conformidad con la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.	
G044	Contribuir a la construcción y reforzamiento de las cadenas productivas y de comercialización interna y externa de las especies pesqueras.	
G045	Consolidar el servicio de transporte público en las localidades nodales.	
G046	Fomentar la ampliación o construcción de infraestructuras que liberen tránsito de paso, corredores congestionados y mejore el servicio de transporte.	
G047	Impulsar la diversificación de actividades productivas.	

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
G048	Instrumentar y apoyar campañas para la prevención ante la eventualidad de desastres naturales.	Se contará con las brigada, comité y plan interno de protección civil para el caso de alertas, emergencias y desastres como se explica y vincula con la Ley General de Protección Civil y la ley de misma materia para el Estado de Quintana Roo.
G049	Fortalecer la creación o consolidación de los comités de protección civil.	Se cumplirá, como se precisa en el punto inmediato anterior.
G050	Promover que las construcciones de las casas habitación sean resistentes a eventos hidrometeorológicos.	No es aplicable al no ser esta infraestructura una casa habitación.
G051	Realizar campañas de concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.	El Proyecto, en el contexto del Condominio Maestro autorizado a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023 cuenta con un Programa Integral de Manejo Ambiental validado y en el cual se tiene el Subprograma de Educación y Reglamento Ambiental mismo que implica la concientización sobre el manejo adecuado de residuos sólidos urbanos.
G052	Implementar campañas de limpieza, particularmente en asentamientos suburbanos y urbanos (descacharrización, limpieza de solares, separación de basura, etc.)	Se aplica. La Promovente verá que el órgano de administración condominal y los subcondominales promuevan e implementen programas vinculados con la descacharrización permanente, limpieza y separación de basura conforme a la legislación federal y estatal en materia de manejo integral de residuos.
G053	Instrumentar programas y mecanismos de reutilización de las aguas residuales tratadas.	El presente proyecto de PTAR, con tratamiento a nivel terciario, reutilizará el agua promoviendo su ahorro.
G054	Promover en el sector industrial la instalación y operación adecuada de plantas de tratamiento para sus descargas.	No aplica a este Proyecto por no ser de naturaleza industrial.
G055	La remoción parcial o total de vegetación forestal para el cambio de uso de suelo en terrenos forestales, o para el aprovechamiento de recursos maderables en terrenos forestales y preferentemente forestales, sólo podrá llevarse a cabo de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.	La remoción de vegetación y el consecuente cambio de uso de suelo en terrenos forestales para el espacio destinado a la PTAR y Planta de Osmosis Inversa en el área de servicios, (Lote AC-01) ha sido autorizados a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, esto de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y demás disposiciones jurídicas aplicables.

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
G056	Promover e impulsar la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos, peligrosos o de manejo especial de acuerdo a la normatividad vigente.	No aplica. La promoción e impulso para la construcción y adecuada operación de sitios de disposición final de residuos sólidos son atribuciones de los gobiernos federal, estatal y municipal.
G057	Promover los estudios sobre los problemas de salud relacionados con efectos del cambio climático.	Esta acción corresponde a las autoridades del sector salud.
G058	La gestión de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a lo establecido por la legislación vigente y los lineamientos de la CICOPLAFEST que resulten aplicables.	La Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (artículo 19) y su reglamento, consideran los lodos y mezclas de estos como residuos peligrosos. La Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, *Protección ambiental.-Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final* tiene por objeto posibilitar el aprovechamiento o disposición final protegiendo el medio ambiente y la salud humana. En este contexto se agrega al PIMA el Subprograma de gestión de lodos dándose cumplimiento a esta disposición.
G059	El desarrollo de infraestructura dentro de una ANP, deberá ser consistente con la legislación aplicable, el Programa de Manejo y el Decreto de creación correspondiente.	El Proyecto no se encuentra dentro de ANP alguna.
G060	Ubicar la construcción de infraestructura costera en sitios donde se minimice el impacto sobre vegetación acuática costera.	No aplica en virtud de que no se prevén obras para este proyecto sobre vegetación acuática costera. La PTAR se edificará en el área de servicios, (Lote AC-01) lo que ha sido autorizado a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023.
G061	La construcción de infraestructura se deberá realizar con procesos y materiales que minimice la contaminación del ambiente marino.	La infraestructura relativa a este Proyecto no implica intervenciones en ambientes marinos.
G062	Implementar procesos de mejora de la actividad agropecuaria y aplicar mejores prácticas de manejo.	No aplica ya que el Proyecto no es de esta actividad.
G063	Promover la elaboración de ordenamientos pesqueros y acuícolas a diferentes escalas y su vinculación con los ordenamientos ecológicos.	Ello debe ser a cargo de las autoridades competentes.

Clave	Acciones-Criterios	vinculación
G064	La construcción de carreteras, caminos, puentes o vías férreas deberá evitar modificaciones en el comportamiento hidrológico de los flujos subterráneos o superficiales o atender dichas modificaciones en caso de que sean inevitables.	No aplica ya que el Proyecto no desarrollará este tipo de infraestructura.
G065	La realización de obras y actividades en Áreas Naturales Protegidas deberá contar con la opinión de la Dirección del ANP o en su caso de la Dirección Regional que corresponda, conforme lo establecido en el Decreto y Programa de Manejo del área respectiva.	El Proyecto no se encuentra dentro de ANP alguna.

Vinculación del Proyecto con Criterios aplicables.

Clave	Criterios Generales para Solidaridad	Vinculación
SOL-G-1	La extracción de arena, los dragados, rellenos, excavaciones y cualquier obra o acción que genere sedimentos en suspensión, o modifique directa o indirectamente el contorno del litoral y el fondo marino, por su impacto en la zona de influencia, estarán sujetos en información que permita, en el proceso de evaluación del impacto ambiental, considerar los impactos sinérgicos potenciales de dichas obras o actividades.	No aplica ya que no se harán intervenciones que afecten el contorno litoral o el fondo marino.
SOL-G-2	Promover y fomentar que, en toda obra, durante las etapas de preparación de sitio, construcción y operación se aplicarán medidas adecuadas para el manejo de grasas, aceites, emisiones atmosféricas e hidrocarburos, que minimicen la afectación de los ecosistemas. En cuanto a los efectos de la emisión de energías como son vibración, ruido y energía lumínica provenientes de la maquinaria en uso, se acatarán las medidas de mitigación que establezca la autoridad competente.	Es vinculante con las actividades del Proyecto. La construcción de obras será conforme lo establecido en los Programas, Planes y legislación aplicable en la materia. Asimismo, se cumplirá con los más altos estándares en seguridad y calidad en materiales utilizados en la construcción de sus obras. Dichos materiales deberán cumplir con lo que exigen las normas oficiales mexicanas. En emisión de ruido, el promovente se compromete a no sobrepasar los límites máximos permisibles establecidos por las normas correspondientes.

Clave	Criterios Generales para Solidaridad	Vinculación
SOL-G-3	Para aquellos eventos temporales de carácter cultural, recreativo o deportivo que se realicen en la zona marina y que requieran de instalaciones o infraestructura temporales, deberán ubicarse a una distancia mínima de 100 metros de las formaciones arrecifales, y bajo la supervisión de la autoridad competente.	No se contempla el desarrollo de estas actividades durante la construcción y operación del Proyecto.
SOL-G-4	Evitar la instalación de infraestructura que afecte la dinámica del transporte litoral, incluyendo espigones, geotubos y cualquier barrera que obstruya o modifique los cauces principales del flujo y reflujo de marea para evitar el desbalance en los procesos costeros, con excepción de aquellos Proyectos para fines de conservación y restauración de playas que impliquen una solución de manejo integral costero.	El área de servicios, (Lote AC-01) derivado de la zonificación autorizada a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023 no se encuentra en la franja litoral. No es aplicable.
SOL-G-5	Las descargas de aguas residuales de cualquier tipo al mar o a las aguas interiores de recintos portuarios deberán cumplir estrictamente con la normatividad aplicable y con los términos de los permisos que para tales efectos se emitan.	La PTAR capta el total de las aguas residuales servidas del Proyecto de vivienda, para su tratamiento. No se pretenden descargas al mar.
SOL-G-6	Evitar el uso de explosivos que puedan dañar formaciones arrecifales y especies asociadas.	Se observa. No se usarán explosivos en ninguna de las etapas del Proyecto.
SOL-G-7	La autorización para la prestación de servicios acuáticos motorizados, incluyendo motos acuáticas, deportes de arrastre o remolque del tipo parasailing, bananas, ski, y similares, deberá considerar los estudios técnicos que determinen la capacidad de carga del ecosistema, con el fin de que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes pueda regular el número máximo de embarcaciones que presten estos servicios, propiciando así condiciones de seguridad y evitando daños al ecosistema.	No Aplica. El Proyecto no contempla en ninguna de sus etapas o componentes este tipo de servicios.
SOL-G-8	Para asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos arrecifales, se evitará la acuacultura intensiva o con	No aplica, en virtud de que el Proyecto no tiene este giro o actividad económica.

Clave	Criterios Generales para Solidaridad	Vinculación
	especies no nativas que implique: la acumulación de materia orgánica compuesta por los restos de alimentos y/o por las mismas materias fecales de los organismos en cultivo; contaminación producida por los agentes químicos utilizados en la construcción, en la protección contra la corrosión y/o en antifijación de organismos incrustantes, así como en pigmentos incorporados al alimento, desinfectantes y diferentes productos utilizados para el control de enfermedades; la abundancia de patógenos provocada por el mantenimiento en condiciones de monocultivo, en altas densidades y en un lugar determinado y por un tiempo prolongado que provocara el contagio de patógenos que afecten a otras especies silvestres; o el posible escape o liberación de los individuos cultivados cuando estos han sido modificados genéticamente.	
SOL-G-9	Promover ante las autoridades competentes la creación de "zonas de refugio" pesquero establecidas en la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables para la recuperación de las poblaciones y ecosistemas, incrementando el atractivo natural de las zonas.	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto.
SOL-G-10	Las actividades de pesca se realizarán preferentemente fuera de las zonas de nado, arrecifales y portuarias.	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto.
SOL-G-11	Fomentar que los distintos tipos de actividades tanto pesqueras, como acuático-recreativas se realicen en horarios y zonas alternadas para evitar conflictos entre estas y a través de acuerdos entre los sectores.	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto.
SOL-G-12	La pesca deportiva se realizará de acuerdo a la normatividad aplicable, conforme a buenas prácticas y con artes de pesca que	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto.

Clave	Criterios Generales para Solidaridad	Vinculación
	minimicen el impacto a las especies capturadas.	
SOL-G-13	Los responsables de las embarcaciones mayores que transiten en el área, cumpliendo con la normatividad aplicable, dispondrán de un sistema de captación, recuperación y manejo de aceites, grasas, combustibles y otro tipo de hidrocarburos, que pudieran verterse accidentalmente en el mar.	No aplica, en virtud de que no es vinculante con el desarrollo y/o actividades del Proyecto.
SOL-G-14	Las marinas y muelles deberán permitir el libre paso de fauna acuática bajo sus instalaciones.	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto.
SOL-G-15	Se evitará realizar el mantenimiento, limpieza, reparación de embarcaciones y motores, abastecimiento de combustible y achicamiento de las sentinas en aguas marinas abiertas, fuera de instalaciones portuarias o adecuadas para tal efecto, con excepción de casos de emergencia. En dicho supuesto se deberá notificar a la autoridad competente.	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto y no se realizará este tipo de actividades en el sitio del Proyecto.
SOL-G-16	La instalación de cualquier tipo de infraestructura portuaria, previa Manifestación y Resolución de Impacto Ambiental, se realizará de tal manera que no impacte significativamente en el ambiente debido a: los cambios de flujos marinos, la obstaculización del libre paso de la fauna, la limitación de la conectividad entre ecosistemas, la generación de sedimentos en suspensión, la alteración de las propiedades bioquímicas y físicas del agua y las estructuras arrecifales.	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto.
SOL-G-17	Promover la señalización de las rutas para el tránsito de las embarcaciones en la zona, por parte de la autoridad competente.	No aplica al giro o actividad económica del Proyecto.
SOL-G-18	Promover programas de monitoreo de calidad del agua con el propósito de identificar las posibles fuentes de contaminación y establecer medidas que eviten y mitiguen daños a la salud pública y a los ecosistemas arrecifales.	Se dará cumplimiento mediante el monitoreo de la calidad de agua a la entrada y salida de la PTAR, y se tomarán las medidas necesarias para que las descargas tanto de la PTAR como de la Planta de Osmosis Inversa cumplan con

Clave	Criterios Generales para Solidaridad	Vinculación
		los parámetros de calidad que correspondan según la normatividad aplicable.
SOL-G-19	Se evitará el abandono de embarcaciones.	No aplica ya que no se utilizarán embarcaciones en ninguna etapa del Proyecto.
SOL-G-20	El uso de vehículos acuáticos motorizados deberá realizarse en el marco de las autorizaciones expedidas para tal efecto, y evitando daños mecánicos a los arrecifes por encallamientos, por el golpe y arrastre de anclas o alguna parte de la embarcación o motor, derrames de aceites y combustibles, o generación o suspensión de sedimentos.	No aplica.No se utiliza este tipo de vehículos, no contempla una componente marina o marítima de aprovechamiento alguna y como.
SOL-G-21	Se utilizarán de preferencia motores de cuatro tiempos, con la finalidad de minimizar la contaminación por hidrocarburos y aceites.	Las actividades náuticas recreativas no están consideradas por lo que no aplica.
SOL-G-22	Por motivos de seguridad de los usuarios, las embarcaciones y la integridad de los arrecifes de la zona, se evitará el acuatizaje de aeronaves.	No se vincula con el Proyecto por no ser parte de sus actividades.
SOL-G-23	Sólo se permite el acuatizaje de hidroaviones en el área de lagunas arrecifales, con fines de protección civil y vigilancia.	No se vincula con el Proyecto por no ser parte de sus actividades.
SOL-G-24	Se evitará la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna marina nativas, a excepción de aquellas que se extraigan, capturen o comercialicen en términos de la normatividad aplicable y de los permisos que para tal efecto haya emitido la SEMARNAT o la SAGARPA.	Se cumplirá. El Proyecto no contempla actividades que permitan la extracción o venta de flora y fauna que incide en el predio. Durante las fases de preparación de sitio, construcción y operación se aplican los Subprogramas de protección a la flora y fauna silvestres contenidos en el PIMA.
SOL-G-25	Se evitará la captura de individuos vivos de especies exóticas para su comercialización. Sólo se permitirá la captura para su consumo, la erradicación de dichas especies y para fines de investigación.	No es aplicable. No se pretende la comercialización de flora y fauna.

3. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad (POEL-SOL)

El Proyecto es regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, el cual fue publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 25 de mayo de 2009 y ubica al Proyecto dentro de la UGA-15.

De acuerdo con la sobreposición del sitio del Proyecto sobre dicho programa de ordenamiento, se aprecia que la parcela se localiza dentro de la Unidad de Gestión Ambiental UGA-15, denominada "Corredor Turístico Paamul-Yalku". Para esta unidad de gestión ambiental aplica la política ambiental de conservación, la cual tiene una vocación de uso del suelo turística y los usos condicionados turístico, ecoturístico, suburbano, UMA'S, deportivo, parque recreativo, comercial, equipamiento, reserva natural y marina; mientras que los usos incompatibles son forestal, agropecuario, agroforestal, agroindustrial, urbano, industrial y minero.

En los siguientes cuadros, se presenta la vinculación de los lineamientos ambientales aplicables a la Unidad de Gestión Ambiental 15, corredor turístico Paamul-Yalku, de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del municipio Solidaridad, Quintana Roo.

Lineamientos ambientales para el desarrollo del Proyecto de acuerdo con la UGA-15 del POEL del municipio de Solidaridad, Quintana Roo. A continuación, una imagen con la ubicación de la poligonal del Proyecto Punta Paraíso dentro de la UGA-15 del POELMS.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL	**15**		
NOMBRE	CORREDOR TURÍSTICO PAAMUL-YALKU		
POLÍTICA AMBIENTAL	Conservación		
SUPERFICIE	1,391.55 hectáreas	Porcentaje Municipal	0.70 %
ESCENARIO INICIAL	Esta unidad corresponde a una zona con gran potencial para el desarrollo turístico. Se encuentra en estado natural sin desarrollos turísticos, es muy reducida la superficie afectada		
TENDENCIAS	Esta zona al contar con sus recursos naturales intactos permitirá el establecimiento de desarrollos de baja densidad en los que se integre el escenario natural y sus recursos en el diseño de los Proyectos.		
LINEAMIENTO AMBIENTAL	El desarrollo que se presenta en la unidad tiende hacia la ecoeficiencia, por lo que se anticipa que serán mínimos los impactos ambientales y los desarrollos.		

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL	**15**
ESTRATEGIAS AMBIENTALES	Se mantiene la cobertura del manglar y las áreas afectadas se restauran. El 65 % de la vegetación natural remanente se mantiene y enriquece. Sólo se realiza el 35 % de cambio de uso del suelo de la superficie desarrollable. Se realizará una disposición adecuada de aguas residuales y sus subproductos. Se reduce el consumo eléctrico convencional con el empleo de sistemas alternativos. Las playas tortugueras se mantienen funcionales para la anidación. No se genera contaminación al manto freático ni al suelo. Se promueve la certificación ambiental de los Hoteles. Se registra en bitácora ambiental en cumplimiento de la normatividad de cada Proyecto y el proceso de cambios de uso del suelo. Los desarrollos reducen, reutilizan, reciclan y compontean sus residuos.
VOCACIÓN DE USO DEL SUELO	Turística.
USOS CONDICIONADOS	*Turístico: Aprovechamiento del territorio para la construcción de desarrollos turísticos o fraccionamientos turísticos de acuerdo con la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo; así como de la infraestructura de apoyo y demás servicios turísticos asociados para soportar esta actividad en los términos que establece la Ley de Turismo del Estado de Quintana Roo, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. *Ecoturístico: Aprovechamiento turístico sustentable del territorio fuera de los centros de población que implica el uso de playas, selvas, sabanas, cenotes, cuevas y otros ambientes terrestres o acuáticos propicios para acampar, realizar travesías a pie, en vehículos impulsados por el hombre o animales de tiro y carga, así como para la construcción y operación de desarrollos ecoturístico en los términos que establece la Ley de Turismo del Estado de Quintana Roo, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. *Suburbano: Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población, para el establecimiento de fraccionamientos habitacionales suburbanos o rurales en los términos que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. *UMA's: Aprovechamiento del territorio para el establecimiento de unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA's) en cualquiera de sus modalidades de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre. *Deportivo: Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población para el establecimiento de unidades deportivas, pistas, canchas, campos de golf, polo o equitación, así como de la infraestructura y los servicios asociados necesarios para su correcta operación.

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL	**15**
	*Parque Recreativo: Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población para el establecimiento de centros de recreo y esparcimiento que no requieren pernocta, así como de la infraestructura y los servicios asociados necesarios para su correcta operación. *Comercial: Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población para la construcción de fraccionamientos comerciales que se destinarán exclusivamente a la construcción y operación de inmuebles en los que se efectúen operaciones de compraventa, pudiendo ser productos perecederos o no, o se almacenen los mismos, de acuerdo con la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. *Equipamiento: Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población para el establecimiento de obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público, tanto de inversión pública como privada, que apruebe el H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, con apego a la reglamentación aplicable. *Reserva natural: Aprovechamiento del territorio para el establecimiento de áreas naturales protegidas en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente o Parques Ecológicos Estatales o Reservas Estatales en los términos que establece la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo. *Marina: Aprovechamiento del territorio fuera de los centros de población para el establecimiento de marinas interiores comunicadas al mar y destinadas al embarque y desembarque de pasajeros, oferta de puntos de atraque de embarcaciones deportivas y de recreo en el litoral, así como para el resguardo de embarcaciones.
USOS INCOMPATIBLES	Forestal, agropecuario, agroforestal, agroindustrial, urbano, industrial, minero.
VINCULACIÓN, CONGRUENCIA Y/O CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO POR EL PROYECTO	Considerando que el Proyecto corresponde a una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario destinada a dar servicio al desarrollo habitacional suburbano residencial para el cual se definió como área de servicios el Lote AC-01. Derivado de la zonificación autorizada a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, cuya condicionante 9 impone que, en un lapso de tres meses a partir de la notificación de la resolución (28 de marzo de 2023) se presenta esta manifestación de impacto ambiental en modalidad particular. La vinculación con este instrumento parte de la estrategia que indica que *No se genera contaminación al manto freático ni al suelo.* Para dar cumplimiento a lo anterior es indispensable que las aguas residuales del conjunto sean tratadas a un nivel terciario.

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA APLICACIÓN GENERAL (CG).

CG-01
Las actividades, obras y Proyectos que se pretendan desarrollar dentro del área municipal, deberán dar cabal cumplimiento a lo establecido en el marco normativo ambiental vigente, considerando de manera enunciativa pero no limitativa, Tratados Internacionales suscritos por México, Leyes Generales, Leyes Estatales, Normas Oficiales Mexicanas, Reglamentos Federales, Estatales y Municipales, Declaratorias y Decretos, Planes y Programas de Manejo aplicables en materia ambiental, urbana, manejo de residuos, protección de flora y fauna y emisión de contaminantes, uso y goce de la Zona Federal Marítimo Terrestre; por lo que no se describen como criterios las obligaciones, límites máximos permisibles o cualquier otro parámetro establecido por estos instrumentos de carácter obligatorio.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Con el análisis de los instrumentos jurídicos normativos que se consideran en el presente capitulo y adicionando el análisis de la ubicación de la PTAR y Planta de Osmosis Inversa respecto al programa de ordenamiento ecológico aplicable (UGA 15) y la identificación de los criterios generales y particulares aplicables al Proyecto, se da cumplimiento y vinculación con este criterio.
CG-02
Antes del inicio de cualquier obra o actividad se deberá ejecutar el rescate selectivo de vegetación en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de las especies, el número de individuos por especie a rescatar y la densidad mínima de rescate, los métodos y técnicas aplicables, así como el monitoreo del programa, se determinarán y propondrán en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al Proyecto. Las actividades de rescate de vegetación deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Se da cumplimiento a este criterio, el cual, en el PIMA comprende el Subprograma de rescate y reubicación de la flora silvestre con énfasis a las especies enlistadas en la NOM- 059-SEMARNAT 2019 y que fueron identificadas durante el muestreo florístico realizado en el predio.
CG-03
Previo al inicio de cualquier obra o actividad de cada Proyecto se deberán ejecutar medidas preventivas orientadas a la protección de los individuos de fauna silvestre presentes en el área de aprovechamiento proyectada. La selección de los métodos y técnicas a aplicar se determinará con base en un estudio técnico o programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al Proyecto. Las medidas deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Considerando el presente criterio el Proyecto llevará a cabo un el rescate y reubicación de fauna de lento desplazamiento en las zonas colindantes donde se realizarán las actividades consideradas en las etapas del Proyecto, el cual se anexa al presente documento. Así mismo, este programa considera las mejores técnicas y métodos para el rescate y la reubicación de los individuos de las especies presentes en el área.
CG-04
Los Proyectos de cualquier índole deberán incorporar a sus áreas verdes vegetación nativa propia del ecosistema en el cual se realice el Proyecto. Únicamente se permite el empleo de flora exótica que no esté incluida en el listado de flora exótica invasiva de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La selección de especies a incluir en las áreas verdes, así como el diseño de jardines deberá sustentarse en un programa de arborización y ajardinado que deberá acompañar al

estudio de impacto ambiental aplicable al Proyecto. Se deberá emplear una proporción de 4 a 1 entre plantas de especies nativas y especies ornamentales, excluyendo los pastos.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El Lote AC-01, Área de servicios, tiene una superficie total de 3,690.04 m^2, con el 21.68% con posibilidad de ocupación de las obras que es equivalente a 800 m^2. Los 2,890.04 m^2 restantes son áreas que serán reforestadas o bien recibirán vegetación proveniente del rescate para arborización y jardinados considerando para la siembra de ejemplares especies nativas y ornamentales la proporción de 4 a 1.
CG-05
Con la finalidad de evitar el fraccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones, se deberán agrupar las áreas de aprovechamiento y mantener la continuidad de las áreas con vegetación natural. Para lo cual, el promovente deberá presentar un estudio de zonificación ambiental que demuestre la mejor ubicación de la infraestructura planteada por el Proyecto, utilizando preferentemente las áreas perturbadas por usos previos o con vegetación secundaria o acahual.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
La zonificación indicada por este criterio ha sido autorizada a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023. Se acatan las regulaciones para evitar el seccionamiento de los ecosistemas y el aislamiento de las poblaciones consignadas en la resolución que regula el proyecto.
CG – 06
En el desarrollo de los Proyectos se debe realizar el aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio, por lo que será obligatorio realizar la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte que se autorice. Los materiales obtenidos no podrán ser comercializados salvo autorización expresa de la autoridad correspondiente, sino aprovechados en el mejoramiento de áreas verdes, de equipamiento o de donación.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El aprovechamiento integral de los recursos naturales existentes en el predio indicado por este criterio ha sido autorizado a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023. Se acatan las regulaciones que imponen la recuperación de tierra vegetal en las superficies que se desmonten, así como el triturado y composteo de la madera resultante del desmonte autorizado.
CG – 07
Los Proyectos que generen aguas residuales (grises, negras, azules o jabonosas) deberán disponerlas a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales propio que cumpla con la normatividad vigente aplicable. La descripción del sistema de tratamiento deberá incorporarse en el estudio de impacto ambiental aplicable al Proyecto. Sólo se permitirá la reutilización de las aguas residuales tratadas cuándo éstas cumplan con la normatividad ambiental vigente.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
La presente MIA-P da cumplimiento al criterio para la instalación e implementación de un sistema para el tratamiento de las aguas residuales a nivel terciario. Las aguas tratadas serán reutilizadas una vez se tengan los análisis que demuestren esta posibilidad.
CG – 08
En cualquier obra deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial del drenaje sanitario.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Los drenajes pluviales y sanitarios de la PTAR se encuentran separados.
CG – 09

La canalización del drenaje pluvial hacia el mar o cuerpos de agua superficiales o pozos de absorción, podrá realizarse previa filtración de sus aguas con sistemas de decantación, trampas de grasas y sólidos u otros que garanticen la retención de sedimentos o contaminantes y deberá ser aprobada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No se canalizarán aguas pluviales hacia el mar ni cuerpos de agua superficiales, ni pozos de absorción.
CG- 10
Los materiales calizos y los recursos naturales que se utilicen durante la construcción de un Proyecto deberán provenir de fuentes o bancos de material autorizados.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Los materiales pétreos y/o calizos, así como los recursos naturales como madera necesarios para construcción serán adquiridos en sitios autorizados, para lo cual el promovente tendrá a disposición de las autoridades competentes las facturas correspondientes.
CG – 11
En el manejo de áreas verdes, campos, canchas, pistas, viveros, plantaciones o sembradíos y para el control de pestes y plagas, sólo se permite el uso de sustancias autorizadas por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST).
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Para el área de servicio AC-01 El Proyecto considera para las actividades de mantenimiento y reforestación en el control de pestes y plagas, como primera instancia la utilización de extractos naturales como aceite de neem, jabón potásico y controles biológicos. En caso de requerir la utilización de plaguicidas para el mantenimiento de áreas verdes, éstos serán determinados conforme a los autorizados por la CICOPLAFEST, lo cual será supervisado tanto para el caso de su aplicación por el personal del Proyecto, como en los casos en los cuales se contrate a terceros para estas actividades
CG – 12
Los Proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, deberán llevar a cabo un monitoreo del desempeño ambiental del Proyecto, el cual deberá sustentarse en un estudio técnico o programa en el que se establezcan los indicadores de calidad ambiental que permitan identificar la eficacia de las medidas sobre los principales componentes de la biota, así como los métodos, técnicas que permitan medir tales indicadores y los tiempos y mecanismos para la interpretación de los resultados. Este estudio deberá acompañar al estudio de impacto ambiental aplicable al Proyecto. El promovente deberá entregar copia de los reportes a la SEDUMA[2] para su inclusión en la Bitácora Ambiental.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
A través del PIMA validado a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, establezcan los indicadores de calidad ambiental. Se agrega a este instrumento el Subprograma de Gestión de lodos que acompaña a este estudio de impacto ambiental.
CG – 13

[2] La autoridad ambiental competente hoy día es la SEMA, Secretaría de Ecología y Medio Ambiente.

Los residuos derivados de las obras no se dispondrán sobre la vegetación remanente dentro del predio, ni sobre la vegetación circundante, debiéndose trasladar al sitio de disposición final de residuos de manejo especial que establezca el municipio o el estado.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El Proyecto considera dentro de las medidas de mitigación propuestas en la presente, la prohibición de cualquier tipo de almacenamiento o vertimiento de material pétreo sobre alguna área con vegetación. en el que fue superado dicho criterio y validado el PIMA bajo el que se integra el presente proyecto.
CG – 14
Está prohibida la introducción de especies de flora o fauna exóticas o invasoras incluidas en los listados de la CONABIO, en áreas naturales, cavernas y cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La introducción y manejo de especies exóticas sólo se permite en áreas modificadas previa autorización de la SEMARNAT o la SAGARPA. Se excluye de esta restricción las especies de plantas ornamentales tropicalizadas de uso común en la zona Norte de Quintana Roo que se destinen a la conformación de áreas verdes o jardines.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El Proyecto considera primordialmente especies nativas en las actividades de reforestación y conformación de áreas verdes y ajardinadas del lote AC-01; así mismo dentro de las medidas de prevención y mitigación el Proyecto considera la prohibición de la introducción de flora o fauna exótica en todas las etapas que conforman el Proyecto.
CG – 15
Los promoventes que pretendan llevar a cabo obras o actividades en zonas que se constituyan como sitios de anidación o reproducción de una o más especies de fauna incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, deberán implementar acciones que aseguren la disponibilidad de sitios de anidación y reproducción de tales especies. Estas acciones deberán estar sustentadas en un plan de manejo de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre, que deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental o al informe preventivo aplicable al Proyecto. Las acciones deberán obtener de manera previa a su inicio la autorización correspondiente.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
La existencia del Lote AC-01 deriva de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023. En él se tiene presencia de iguanas rayadas (*Ctenosaura similis*) por lo que se realizó un estudio específico a efecto de estimar la población de esta especie que utiliza la propiedad como hábitat mismo que se expone en el Programa Integral de Manejo Ambiental donde se muestran los trabajos de campo adicionalmente realizados, así como medidas concretas para su permanencia.
CG – 16
Los campamentos para trabajadores de la construcción deberán ser dignos para la vida humana, contar con servicios sanitarios, agua potable, un reglamento para el manejo de residuos sólidos, así como una estrategia de protección civil para atender las alertas por fenómenos hidrometeoro lógico. La proporción de servicios sanitarios será de al menos 1 por cada 25 trabajadores.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
La utilización de mano de obra local permitirá que el personal de construcción sólo permanezca en el sitio durante la jornada laboral, por lo que no será necesaria la implementación de un campamento. Para uso personal de los trabajadores de obra se implementará el servicio de agua, sanitarios portátiles considerando, un sanitario por cada 25 trabajadores o su equivalencia de cuerdo a la marca y dimensiones a utilizar, durante el tiempo de su operación.

CG .17
El uso del fuego estará condicionado a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Toda vez que el Proyecto no considera un manejo de fuego, cuyo uso estará prohibido durante la obra y desarrollo de este, se puede considerar que este criterio no resulta vinculante.
CG – 18
Los Proyectos que se realicen fuera de los centros de población, en predios mayores a 5 hectáreas, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, deberán presentar de manera semestral a la SEDUMA para su inclusión en la Bitácora Ambiental, un plano georreferenciado (UTM, Datum WGS-84, Zona 16Q) de las áreas aprovechadas dentro del predio, en donde se especifiquen los tipos de vegetación afectados y su superficie.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
En su momento se realizarán los trámites pertinentes ante la autoridad competente.
CG – 19
Para la apertura de caminos de acceso y vialidades de cualquier tipo fuera de los centros de población se requiere contar con la autorización en materia de impacto ambiental, así como de la autorización de cambio de uso del suelo que por excepción emite la autoridad federal correspondiente.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No se requieren caminos de acceso para llegar al lote AC-01.
CG – 20
El establecimiento de viviendas o unidades de hospedaje de cualquier tipo deberá ubicarse a una distancia mayor a 1,000 metros medidos a partir del pozo de extracción de agua potable de la red pública para abasto urbano más cercano.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Considerando que la red pública más cercana se encuentra en Puerto Aventuras y/o Playa del Carmen, los cuales están a más de un kilómetro de distancia del Proyecto se da cumplimiento al presente criterio. No aplica obedece a la condicionante 9 del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, en el que fue superado este criterio.
CG – 21
En el desarrollo u operación de cualquier tipo de Proyecto se debe evitar el derrame al suelo o cuerpos de agua de combustibles, lubricantes, grasas, aceites, pinturas u otras sustancias potencialmente contaminantes. De igual manera, se deberá evitar la disposición inadecuada de materiales impregnados con estas sustancias o de sus recipientes. En este sentido el promovente deberá manifestar el tipo de sustancias potencialmente contaminantes que empleará en las distintas etapas del Proyecto, así como las medidas de prevención, mitigación y, en su caso, corrección, que aplicará en cada etapa. Para el almacenamiento de este tipo de sustancias o sus residuos se deberá contar con un almacén que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad aplicable y se deberá llevar el registro de su manejo en la bitácora del almacén.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Se han previsto acciones para minimizar el riesgo de derrames al suelo de sustancias potencialmente contaminantes; considerando la realización e implementación de un Subprograma de manejo de

residuos el cual considera el manejo de todas las sustancias y todos los posibles residuos que pudiesen ser generados. Por lo que, en caso de necesitar algún sitio para el almacenamiento de los residuos durante la etapa de construcción del Proyecto éste se apegará a las medidas solicitadas por la normatividad ambiental vigente.
CG – 22
El uso de explosivos estará regulado por los lineamientos de la Secretaría de Defensa Nacional y la normatividad aplicable. Previamente a la utilización de explosivos deberá entregarse a la autoridad competente en materia de protección civil, el cronograma de detonaciones y el programa de protección civil correspondiente que deberá estar disponible al público en general.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No aplica al Proyecto, toda vez que este no considera el uso de algún tipo de explosivo durante alguna de las etapas que consolidarán el Proyecto.
CG – 23
Todos los Proyectos que en cualquiera de sus etapas de desarrollo generen residuos peligrosos deberán contar con un almacén de residuos peligrosos y disponerlos a través de una empresa autorizada en el manejo de los mismos, conforme a la legislación y normatividad ambiental aplicable en la materia.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Los residuos que se derivarán de la fase constructiva serán de tipo urbano y residuos de manejo especial; Durante la operación se producirán lodos que serán gestionados de acuerdo con lo indicado en el Subprograma específico y sujetándose a las disposiciones estatales y municipales.
CG – 24
Para los fines de aplicación de este instrumento, en particular para la definición de Competencias para la evaluación en materia de impacto ambiental, la zona costera o ecosistema costero del Municipio Solidaridad fuera de los centros de población está delimitada entre la zona federal marítimo terrestre y la carretera federal 307. El territorio localizado al poniente de la carretera federal 307 se considera zona continental.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
La presentación de esta MIA-P obedece a la condicionante 9 del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, en cuanto a la definición de competencias, la evaluación le corresponde, por su localización, a la SEMARNAT.
CG – 25
La superficie que se permite ocupar en un predio será el área de aprovechamiento máxima permitida para el desplante de las obras provisionales o definitivas proyectadas, incluyendo obras de urbanización (red de abasto de agua potable, red de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento de aguas residuales o fosas sépticas, red de electrificación y alumbrado, obras viales interiores, estacionamientos y las que se requieran para la incorporación del Proyecto a la red vial), las obras o edificaciones de que conste el Proyecto, así como los jardines, áreas públicas, albercas y áreas verdes. La superficie restante deberá mantenerse en condiciones naturales siendo responsabilidad del propietario su preservación y protección. No se contabilizan los senderos, brechas o andadores peatonales al interior de las áreas naturales que se conserven dentro del predio y que sirvan para intercomunicar las diferentes áreas de instalaciones o servicios dentro del Proyecto. Las áreas previamente desmontadas o sin vegetación dentro del predio podrán formar parte del área de aprovechamiento permitida y deben considerarse en primer lugar para el desplante de las obras que se proyecten. Cuando por motivo del diseño y funcionalidad de un Proyecto no resulte conveniente el uso de las áreas previamente desmontadas, podrá solicitarse el aprovechamiento de otras áreas siempre que el promovente se obligue a reforestar

las áreas afectadas que no utilizará, situación que deberá realizar de manera previa a la etapa de operación del Proyecto. Cuando el área afectada dentro del predio sea mayor al área de aprovechamiento.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El Lote AC-01, Área de servicios, se origina a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, se autoriza para este componente una superficie total de 3,690.04 m^2, con el 21.68% con posibilidad de ocupación de las obras que es equivalente a 800 m^2. Los 2,890.04 m^2 restantes son áreas naturales.
CG – 26
Para el aprovechamiento de predios, cuerpos de agua o cavernas en los que se detecten vestigios arqueológicos, deberá obtenerse de manera previa al inicio de obras la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Si el hallazgo arqueológico se realiza durante el desarrollo del Proyecto se deberá informar de manera inmediata al INAH.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No se han detectado vestigios arqueológicos ni cavernas en el Lote AC-01. No se aprovecharán cuerpos de agua interiores. En el extremo en que durante las obras se detectara algún vestigio arqueológico, se notificaría de inmediato al INAH agotando el procedimiento previsto en la legislación y reglamento de la materia.
CG – 27
Las obras de infraestructura o equipamiento regional de interés público sólo se permiten con la aprobación del H. Cabildo de Solidaridad y/u otras autoridades competentes, previa autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de uso del suelo de terrenos forestales.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No aplica al Proyecto, toda vez que este no corresponde a equipamiento o infraestructura regional de interés público.
CG – 28
Para el aprovechamiento o uso de especies vegetales o animales silvestres o nativas, partes de ellas o subproductos de los mismos, así como de los recursos forestales, se requiere que estos productos provengan de UMAs o Productores Forestales autorizados y den cumplimiento a lo establecido en la normatividad aplicable.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El Proyecto no considera el aprovechamiento de ejemplares de especies nativas.
CG – 29
Con la finalidad de garantizar la estabilidad de las edificaciones, así como evitar el desplome o alumbramiento innecesario del acuífero o la afectación de estructuras y sistemas cársticos, los promoventes deberán realizar de manera previa al inicio de obras un estudio de mecánica de suelos avalado por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
De manera previa al inicio de obras se realizarán los estudios de mecánica de suelos avalados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación.
CG – 30
Los promoventes deberán implementar un programa de información y capacitación ambiental para los trabajadores que viven en los campamentos de construcción, que los ilustre sobre las especies de flora y fauna que cuentan con protección especial, para evitar su depredación.

Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El Proyecto no considera la conformación de un campamento para los trabajadores, ya que estos no permanecerán en el sitio de la construcción toda vez que el sitio colinda prácticamente con la carretera Playa del Carmen – Puerto Aventuras y por ende existe medio de transporte urbano para los trabajadores.
CG – 31
En caso de que se autorice la ejecución de obras o construcciones sobre cavernas, secas o inundadas, deberá realizarse programa de monitoreo de la misma, el cual deberá acompañar al manifiesto de impacto ambiental, para su aprobación y, en su caso, implementación.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Las obras no se ubicarán sobre cavernas secas o inundadas de acuerdo con los sondeos realizados.
CG - 32
En predios en los que existan manglares deberá cumplirse lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No aplica al lote AC-01. El Proyecto cumple con la normatividad aplicable y se ubica a más de 100 m del relicto de humedal existente en el predio de manera que no se afecta ningún ejemplar de mangle ni se incide en la cuenca de ese humedal.



CG – 33
Para la práctica de actividades autorizadas al interior de cavernas o cenotes, únicamente se permite el uso de luz amarilla o roja, la cual solamente se encenderá durante la estancia de los usuarios.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No aplica al Proyecto, ya que como se ha mencionado, éste corresponde a la construcción y operación de una PTAR y UNA Planta de Osmosis Inversa y no considera obras ni actividades en interior de cavernas ni cenotes.
CG – 34
Se prohíbe la disposición de aguas residuales, con o sin tratamiento, en cenotes, cuevas inundadas o cuevas secas.

Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
La presente MIA-P da cumplimiento la planta de tratamiento de aguas residuales nivel III. Se garantiza que las aguas tratadas no se dispondrán en cenotes o cuevas inundadas o secas.
CG-35
En los términos que establece la Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo, los promoventes deberán aplicar el Plan de Manejo de Residuos correspondiente durante las distintas etapas de desarrollo y operación de las obras o actividades que se le autoricen.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
La ejecución del proyecto considera la implementación de un Programa Integral de Manejo Ambiental y su Subprograma de Manejo de Residuos para el manejo de todos los residuos generados durante todas sus etapas. Se agrega a este PIMA el Subprograma de gestión de lodos.
CG – 36
En el caso de fraccionamientos que se desarrollen fuera de los centros urbanos, el área de aprovechamiento máxima del predio o lote será la que establece la Ley de Fraccionamientos del Estado de Quintana Roo. La superficie remanente deberá mantenerse en condiciones naturales.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
No aplica, el proyecto que se presenta es una PTAR una Planta de osmosis inversa

CRITERIOS DE REGULACIÓN ECOLÓGICA DE CARÁCTER ESPECÍFICO (CE).

CE-32
El porcentaje de desmonte para proyectos de infraestructura y equipamiento de obra pública federal, estatal o municipal se determinará de acuerdo con la naturaleza misma de cada proyecto.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El proyecto que se pretende es la instalación y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el lote de servicios AC-01 que se origina a través del oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, se autoriza para este componente una superficie total de 3,690.04 m^2, con el 21.68% con posibilidad de ocupación de las obras que es equivalente a 800 m^2. Los 2,890.04 m^2 restantes son áreas naturales.
CE-53
Es obligatoria la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad suficiente para el manejo de las aguas residuales del proyecto a máxima capacidad de ocupación. El proceso de tratamiento y disposición final del efluente y subproductos deberá cumplir con lo establecido en la normatividad aplicable.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Se plantea una planta de tiramiento de aguas residuales escalable en dos etapas. La primera fase parte del diseño para tratar un caudal promedio de 500 m^3/día (6,26 lps), la segunda fase permitirá tratar hasta 1,000 m^3/día (11,57 lps). El efluente será utilizado para riego de áreas verdes una vez asegurado el cumplimiento de la NOM-003- SEMARNAT-1997, el caudal restante será conducido al freático profundo previo cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-2021.
CE-54
El manejo y disposición final de los lodos y otros residuos generados en el tratamiento de las aguas residuales es responsabilidad del propietario del sistema de tratamiento que los genere, quien deberá

presentar un reporte semestral ante la autoridad correspondiente, turnando una copia a la SEDUMA para la inclusión de los resultados en la Bitácora Ambiental, que indique el volumen de agua tratado, tipo y características de los lodos y otros residuos generados, tratamiento aplicado a los lodos, resultados del análisis CRETIB y sitio o forma de disposición final.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
Lo lodos que no puedan ser reincorporados serán desactivados pudiendo ser utilizados como nutrientes para las áreas verdes o bien ser dispuestos a través de un recolector autorizado. El manejo de los lodos se hará en atención a las disposiciones establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su aprovechamiento y disposición final.
CE-78
Con objeto de minimizar la fragmentación de los ecosistemas y mantener corredores biológicos, se deberá establecer una franja verde perimetral en los predios o parcelas, cuya superficie mínima será equivalente a 20 % del área del predio. Esta franja se establecerá del límite de la propiedad o parcela hacia el interior de la misma y deberá conservar la vegetación natural de manera permanente. En esta franja se permite la conformación de accesos al predio. Se exceptúa este criterio para vías de comunicación federal y estatal.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
En lo que respecta al área de servicios, Lote la AC-01 en donde se pretende ubicar la PTAR y OI, tiene una superficie de 3,690.04 m^2, con una superficie de 2,890.04 m^2 conservadas como áreas naturales y para la infraestructura sanitaria se plantean 800 m^2 (21.68%). En este contexto espacial se establecerá una franja perimetral permanente con vegetación natural. Independientemente de lo anterior, la configuración del Condominio Maestro está autorizada en materia de cambio de uso de suelo en terrenos forestales e impacto ambiental a través de la resolución 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023.
CE-85
En las áreas de aprovechamiento proyectadas se deberá mantener en pie la vegetación arbórea y palmas de la vegetación original que por diseño del proyecto coincidan con las áreas destinadas a camellones, parques, áreas verdes, jardines, áreas de donación o áreas de equipamiento, de tal forma que estos individuos se integren al proyecto.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El Criterio es aplicable al Lote la AC-01 al ser el espacio destinado al equipamiento por lo que se acata la disposición dejando en pie toda aquella vegetación natural que no interfiera con las edificaciones ni con la seguridad de la infraestructura.
CE-86
Cuando en las áreas que se mantendrán con cubierta vegetal original dentro de los predios, existan áreas afectadas o con vegetación escasa o dominada por estratos herbáceo o arbustivo, se deberá realizar un programa de reforestación con especies nativas que considere por lo menos 1,500 árboles o palmas por hectárea. Se deberá establecer un monitoreo permanente de las áreas reforestadas para valorar la eficiencia de las acciones emprendidas. La selección de las especies y el número de individuos por especie a reforestar se determinará con base en un programa que deberá acompañar al estudio de impacto ambiental

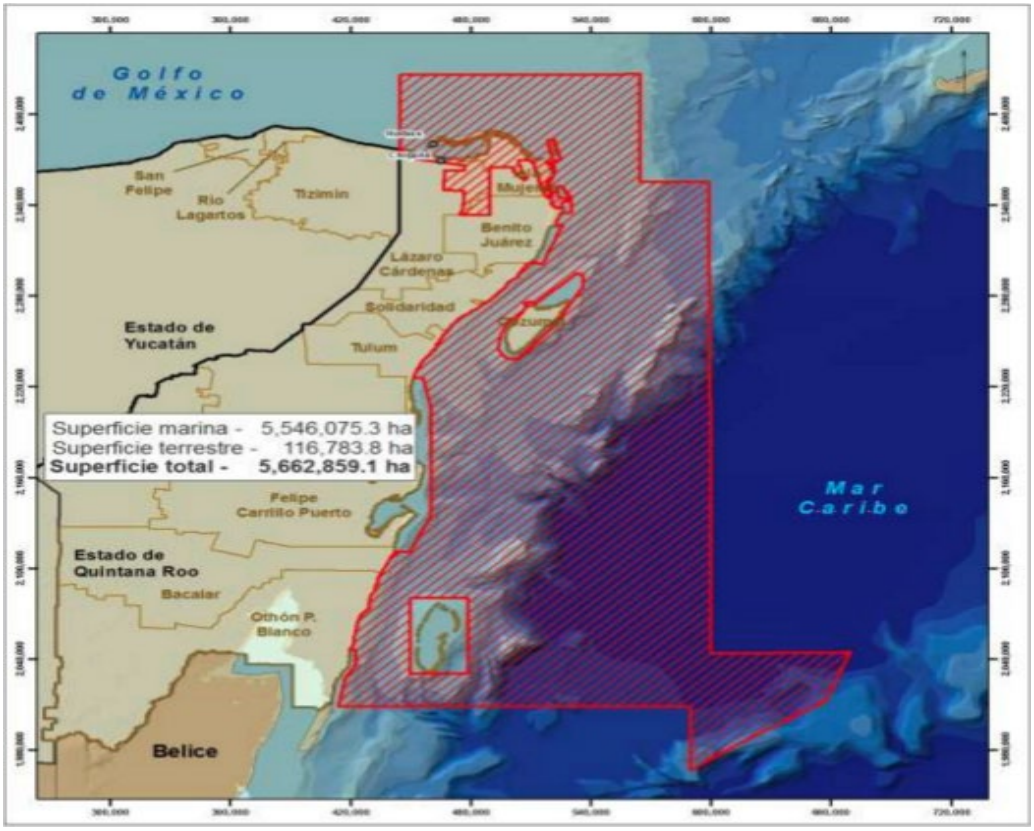
aplicable al proyecto.
Vinculación, Congruencia y/o cumplimiento del criterio por el Proyecto:
El lote AC-01 se encuentra sin intervención, está cubierto con vegetación secundaria derivada de Selva mediana Subperennifolia. De acuerdo con la autorización 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023 se mantendrá, en condición natural, una superficie de 2,890.04 m^2.(78.32%). al momento no es necesario realizar acciones de reforestación, aunque no se descarta la posibilidad de que este espacio también sea utilizado para recibir plantas producto del rescate en reubicación.

III.4 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.

1. Reserva de la Biosfera Golfo de México y Caribe Mexicano.

Mediante decreto de fecha 7 de diciembre de 2016, se declaró Área Natural Protegida (ANP), con carácter de reserva, a la biosfera de la región conocida como Caribe Mexicano.

Dicha ANP se encuentra al Este de la Península de Yucatán, en los municipios de Isla Mujeres, Benito Juárez, Tulum y frente a las costas de Puerto Morelos, Solidaridad, Cozumel, Bacalar y Othón P. Blanco, en el estado de Quintana Roo.



- **Área de aplicación del ANP de la Reserva de la Biosfera Golfo de México y Caribe Mexicano.**

El decreto establece como Artículo Primero que "El área natural protegida presenta seis zonas núcleo con una superficie total de 1,932,648-48-79 hectáreas, mientras que la zona de amortiguamiento queda comprendida por 3,821,406-87-52.42 hectáreas.

Zonificación del ANP de la Reserva de la Biosfera Golfo de México y Caribe Mexicano.

	Zonas Núcleo desde los 0 msnm hasta el piso oceánico	**Superficie (ha)**
1	Humedales de Boca Iglesias	3,407.79
2	Laguna Chacmochuch	6,354.68
3	Zona Marina Xcacel-Xcacelito	326.58
	Zonas Núcleo desde los 100 metros de profundidad hasta el piso oceánico	**Superficie (ha)**
4	Banco Chinchorro Profundo	484,416.33
5	Colinas Submarinas de Colmer	1,005,010.33
6	Cordillera Submarina Caimán	433,132.78
Superficie total		**1,932,648.49**

Artículo tercero: Establece que la administración de la reserva se realiza a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), quien es la responsable del manejo y preservación de ecosistemas y elementos; asimismo, establece que la Secretaría de Marina, encargada de inspeccionar, patrullar y llevar a cabo labores de reconocimiento y vigilancia.

Si bien el Programa de Manejo de esta ANP señala respecto de su localización (4.1) que se encuentra, entre otros puntos, frente a las costas del municipio de Solidaridad, dado que no se interactuará con la componente marina aledaña al Proyecto, se hace referencia a esta ANP como indicador para la toma de acciones que refuercen las acciones y estrategias preventivas sobre la afectación a esta poligonal; sin embargo, no se vincula por las razones expuestas.

2. Subzona de Uso Público Playa del Carmen y Tulum-Sian Ka'an.

Esta subzona comprende una superficie total de 2,118.849849 hectáreas, conformada por dos polígonos, los cuales se describen a continuación:

Polígono 1 Playa del Carmen. Comprende una superficie de 1,027.364092 hectáreas, de aproximadamente 600 metros de ancho y 15 kilómetros de largo, ubicado frente al centro de población de Playa del Carmen. Cercano a los sitios de anidación de la tortuga marina verde del Atlántico o tortuga blanca (Chelonia mydas), correspondiente a Playa del Carmen y la distribución del Manatí del Caribe (Trichechus manatus) de distribución principalmente de agua dulce. Los arrecifes existentes son aislados entre la laja calcárea o en los bordes, donde esta se interrumpe y forma un desnivel o "escalón". En este sitio se da la pesca artesanal de escama, entre los productos que se obtienen son mero, pargos, mojarras, boquinete, sargo y se tiene la captura incidental del pulpo.

Por las características anteriormente descritas, las razones mencionadas en los párrafos que anteceden y de conformidad con lo establecido por el artículo 47 BIS, fracción II, inciso f) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que dispone que las subzonas de Uso Público son aquellas superficies que presentan atractivos naturales para la realización de actividades de recreación y esparcimiento, en donde es posible mantener concentraciones de visitantes, en los límites que se determinen con base en la capacidad de carga de los ecosistemas; y en donde se podrá llevar a cabo exclusivamente la construcción de instalaciones para el desarrollo de servicios de apoyo al turismo, a la investigación y monitoreo del ambiente, y la educación ambiental, congruentes con los propósitos de protección y manejo de cada Área Natural Protegida, en correlación con lo previsto por los artículos Segundo, Séptimo, Octavo, Noveno, Décimo, Décimo Primero, Décimo Segundo, Décimo Tercero y Décimo Quinto del Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera,

la región conocida como Caribe Mexicano, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 2016, es que se determinan como actividades permitidas y no permitidas en esta Subzona de Uso Público Playa del Carmen y Tulum-Sian Ka'an, sin embargo, se insiste, el Proyecto no intervendrá ni actuará con esta ANP de forma directa alguna.

Para el proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se han evaluado todos los procesos involucrados en las etapas de construcción; operación y mantenimiento, identificando de manera clara las Normas Oficiales Mexicanas Ecológicas que inciden en la regulación de dichas obras o actividades, por lo que a continuación se enlistarán las normas a considerar para la realización del proyecto.

Es importante tener en cuenta que las normas que se presentan se vinculan directamente con el proyecto en cuestión, el cual formará parte de un Condominio Maestro, mismo que ha sido evaluado de forma independiente y cuya vinculación con los instrumentos de política ambiental fue realizada en su momento.

III.5 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

El cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) ambientales es fundamental para garantizar la protección del medio ambiente en México. Estas normas establecen requisitos técnicos y regulaciones específicas para diversas actividades y sectores, con el objetivo de prevenir la contaminación, conservar los recursos naturales y promover el desarrollo sustentable.

Tabla III-1 Normas Oficiales Mexicanas que aplican directamente al proyecto.

MATERIA	NORMA OFICIALE MEXICANA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO
AGUA	NOM-001-SEMARNAT-2021	Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación	Cancela a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Es de observancia obligatoria para los responsables de las descargas de aguas	La concentración de parámetros básicos, así como de contaminantes patógenos y parasitarios, metales y cianuros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, no debe exceder el valor indicado como límite

MATERIA	NORMA OFICIALE MEXICANA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO
			residuales en cualquier tipo de cuerpo receptor propiedad de la Nación	permisible de acuerdo al tipo de cuerpo receptor en las Tablas 1 y 2 de esta Norma Oficial Mexicana (Ver capítulo II de este documento) En caso de que existan condiciones particulares de descarga emitidas conforme a una Declaratoria de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales publicada en el Diario Oficial de la Federación o que conforme a la Ley la Comisión haya establecido en los permisos de descarga con límites, parámetros adicionales o específicos en comparación con los previstos en esta Norma Oficial Mexicana, los parámetros y límites permisibles que se deberán cumplir serán los que establezcan las citadas condiciones particulares de descarga.
AGUA TRATADA	NOM-003-SEMARNAT-1997	Establece los límites máximos permisibles de	Establece los límites máximos permisibles de	A partir del tratamiento terciario el efluente podrá ser

MATERIA	NORMA OFICIALE MEXICANA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO
		contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público	contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reuso .	utilizado a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico. Los posibles reusos, una vez cubiertas las especificaciones normativas podrán ser fuentes de ornato, lavado de áreas y vehículos, riego de parques y jardines.
LODOS	NOM-004-SEMARNAT-1997	Establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para el aprovechamiento y disposición final de lodos y biosólidos.	Es de observancia obligatoria para todas las personas físicas y morales que generen lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales.	A partir del tratamiento los lodos generados en la planta y con la evidencia del cumplimiento de esta norma, el producto podrá ser utilizado como fertilizante debido a su contenido de nutrientes para las plantas.

Tabla III-2 Normas Oficiales Mexicanas que aplican al proyecto.

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-052-SEMARNAT-2005: Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	SE VINCULA con el desarrollo del Proyecto. Debido a que la identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las diferentes obras sujetas a evaluación, serán conforme lo establecido en la norma. Adicionalmente, se creó un Subprograma de Manejo Integral de Residuos que contiene las acciones que se tomarán respecto de los residuos que se generen en el Proyecto. Se subraya que el Proyecto generará residuos peligrosos a nivel micro, por lo que se sujetará a los planes de manejo ya estatal o municipal según corresponda.
6.2 Un residuo es peligroso si se encuentra en alguno de los siguientes listados: Listado 1: Clasificación de residuos peligrosos por fuente específica. Listado 2: Clasificación de residuos peligrosos por fuente no específica. Listado 3: Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (Tóxicos Agudos). Listado 4: Clasificación de residuos peligrosos resultado del desecho de productos químicos fuera de especificaciones o caducos (Tóxicos Crónicos). Listado 5: Clasificación por tipo de residuos, sujetos a Condiciones Particulares de Manejo.	SE CUMPLE. El promovente ha creado un subprograma para el manejo adecuado de los residuos que se generen en las diferentes etapas, por lo que observará que los desechos y/o residuos que se encuentren dentro de los listados mencionados en esta NOM sean manejados de acuerdo a las acciones descritas en dicho subprograma y en los términos del programa de manejo que corresponda a microgeneradores de este tipo de residuos.
8.1 Las muestras para determinaciones analíticas deben ser tomadas directamente a la salida del proceso o del área de almacenamiento en su caso, de conformidad con los procedimientos establecidos en la Norma Mexicana correspondiente y deberán ser representativas del volumen generado, considerando las variaciones en el proceso y, además, se debe establecer la cadena de custodia para las mismas.	SE OBSERVA. El promovente se compromete a dar cumplimiento a esta norma y realizar en su caso, el muestreo de conformidad con los lineamientos y procedimiento establecido en esta NOM y en el plan de manejo aplicable a microgeneradores ya que este será el nivel de generación de estos residuos en el Proyecto.
NOM-054-SEMARNAT-1993: Que Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	SE CUMPLE. Se tomarán en cuenta esos criterios para evitar la mezcla de residuos en los sitios de almacenamiento temporal.

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
5.1 Para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos considerados como peligrosos de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-CRP-001- ECOL/1993, se deberá seguir el siguiente procedimiento: **5.1.1** Se identificarán los residuos peligrosos dentro de alguno de los grupos reactivos que se presentan en el anexo 1 de esta norma oficial mexicana. **5.1.2** Hecha la identificación anterior, con base en la tabla "B" de incompatibilidad que se presenta en el anexo 2 de la presente norma oficial mexicana, se intersectarán los grupos a los que pertenezcan los residuos. **5.1.3** Si como resultado de las intersecciones efectuadas, se obtiene alguna de las reacciones previstas en el código de reactividad que se presenta en el anexo 3 de esta norma oficial mexicana, se considerará que los residuos son incompatibles.	SE OBSERVARÁ. Principalmente en las etapas de preparación y construcción del Proyecto, se contará con personal capacitado que podrá identificar los residuos peligrosos y evitar la mezcla entre ellos. Se dará cumplimiento cabal con las disposiciones de esta norma para su identificación y almacenamiento temporal de los RPs.
5.2 Para determinar la incompatibilidad entre dos o más de los residuos comprendidos en el listado de residuos peligrosos previstos en el numeral 5.2 de la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/1993, se seguirá el siguiente procedimiento: **5.2.1** Se identificarán los residuos peligrosos dentro de alguno de los grupos reactivos que se presentan en el anexo 4 de esta norma oficial mexicana. **5.2.2** Hecha la identificación anterior, con base en la tabla "A" de incompatibilidad que se presenta en el anexo 5 de esta norma oficial mexicana se intersectarán los grupos a los que pertenezcan los residuos. **5.2.3** Si como resultado de las intersecciones efectuadas se obtiene alguna de las reacciones previstas en el código de reactividad que se presenta en el anexo 3 de la presente norma oficial mexicana, se considerará que los residuos son incompatibles.	SE CUMPLIRÁ. El personal capacitado tendrá los conocimientos suficientes para determinar si existe incompatibilidad entre dos o más residuos a fin de evitar que se mezclen.

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-061-SEMARNAT-2011: Que establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimiento para la formulación de planes de manejo.	SE VINCULA. Se determinará en cada etapa del Proyecto los actores que se constituyan como generadores de este tipo de residuos y según su clasificación se adoptarán los planes de manejo que correspondan.
7. Criterios para determinar los Residuos de Manejo Especial sujetos a Plan de Manejo Para que un Residuo de Manejo Especial se encuentre sujeto a un Plan de Manejo, deberá estar listado en la presente Norma. Para que un nuevo Residuo de Manejo Especial se pueda incluir en el mencionado Listado, deberá cumplir con el criterio señalado en el inciso 7.1 y con alguno de los criterios señalados en los incisos 7.2 o 7.3.	SE VINCULA. Se determinará en cada etapa del Proyecto los actores que se constituyan como generadores de este tipo de residuos y según su clasificación se adoptarán los planes de manejo que correspondan.
9. Elementos para la formulación de los Planes de Manejo Para formular y aplicar los Planes de Manejo de los Residuos de Manejo Especial sujetos a ellos se deberá incluir el principio de responsabilidad compartida, según sea el caso, que requiere de la participación conjunta, diferenciada y coordinada de los actores involucrados en la cadena de valor, buscar el manejo integral; evitar el establecer barreras técnicas y económicas innecesarias al comercio, así como considerar los elementos siguientes: 9.1 Elementos Generales Los elementos generales que debe contener el Plan de Manejo independientemente de su modalidad son: 9.1.1 Información general: 9.1.1.1 Nombre, denominación o razón social del solicitante; 9.1.1.2 Nombre del representante legal; 9.1.1.3 Domicilio para oír y recibir notificaciones; 9.1.1.4 Modalidad del Plan de Manejo y su ámbito de aplicación territorial; 9.1.1.5 Residuo(s) objeto del plan;	SE CUMPLE. El promovente se compromete a dar cumplimiento con las disposiciones de la norma para la elaboración de planes de manejo en el que se considere cada punto establecido, o bien, de ser el caso, adoptará el que tuviera vigente el estado de Quintana Roo o el municipio de Solidaridad.
9.1.2.2 Para productos de consumo que al desecharse se convierten en Residuos de Manejo Especial el diagnóstico deberá contener la cantidad generada o estimada del residuo e identificación de sus fuentes potenciales de generación.	No se advierte en esta etapa de desarrollo desecho de productos de consumo que puedan convertirse en residuos de manejo especial.

<table>
<tr><th>NORMA OFICIAL MEXICANA</th><th>VINCULACIÓN CON EL PROYECTO</th></tr>
<tr><td>10.3 Para la presentación y registro de los Planes de Manejo. Una vez formulado el Plan de Manejo, deberá presentarse para su conocimiento ante la Entidad Federativa que corresponda al ámbito territorial de implementación, a través de los procedimientos que se expidan para los fines y efectos correspondientes. En el caso de los Planes de Manejo bajo la modalidad nacional y regional, deberán adicionalmente presentarse ante la Secretaría. Las Entidades Federativas podrán, de conformidad con sus facultades, implementar un registro de los Planes de Manejo presentados por los particulares y hacer dichos planes del conocimiento del público en general, previa autorización del promotor del plan.</td><td>SE CUMPLIRÁ. El promovente se compromete a vigilar que se cumplan y en su caso, cumplir con todos los requisitos necesarios para la obtención de autorización para el manejo de residuos de manejo especial dentro del Proyecto.</td></tr>
<tr><td>NOM-081-SEMARNAT-1994: Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las Fuentes fijas y su método de medición.</td><td>SE VINCULA con el Proyecto. Se consideran las medidas preventivas a fin de asegurar el cumplimiento de las disposiciones de la presente norma, ya que la generación de ruido puede ahuyentar algunas especies de fauna local, por lo que se debe prever la generación de ruido que se puede producir durante las etapas de preparación y de construcción del sitio.</td></tr>
<tr><td>5.3 Para obtener el nivel sonoro de una fuente fija se debe aplicar el procedimiento de actividades siguiente: Un reconocimiento inicial; una medición de campo; un procesamiento de datos de medición y; la elaboración de un informe de medición.</td><td>SE OBSERVA. El Promovente contará con el equipo necesario para obtener una medición real del nivel sonoro de las fuentes fijas del Proyecto de acuerdo a sus etapas.</td></tr>
<tr><td>5.4 Los límites máximos permisibles del nivel sonoro en ponderación “A” emitido por fuentes fijas, son los establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1
<table>
<tr><th>HORARIO</th><th>LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES</th></tr>
<tr><td>de 6:00 a 22:00</td><td>68 dB (A)</td></tr>
<tr><td>de 22:00 a 6:00</td><td>65 dB (A)</td></tr>
</table></td><td>SE CUMPLE. El Promovente se compromete a no rebasar los límites máximos permisibles establecidos en esta norma y cumplirá de igual forma con los horarios permitidos.</td></tr>
</table>

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-085-SEMARNAT-2011: Contaminación atmosférica. Establece los niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición.	SE VINCULA. En el caso de que se empleen este tipo de equipos para el desarrollo del Proyecto se vigilará que se utilice maquinaria calibrada de tal manera que no sobrepasa los niveles máximos de emisión que señala la norma.
5.1 Los niveles máximos permisibles de emisión de humo, partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO2) y óxidos de nitrógeno (NO_X) de los equipos de combustión de calentamiento indirecto se establecen en función de la capacidad térmica nominal del equipo, del tipo de combustible, de la ubicación de la fuente fija y de las condiciones de referencia, en la Tabla 1 para equipos existentes y en la Tabla 2 para equipos nuevos.	SE VINCULA. En el caso de que se empleen este tipo de equipos para el desarrollo del Proyecto se vigilará que se utilice maquinaria calibrada de tal manera que no sobrepasa los niveles máximos de emisión que señala la norma.
5.2 Los responsables de las fuentes fijas referidas en esta Norma Oficial Mexicana deben llevar la bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y de control de emisiones, ya sea en formato impreso o electrónico. La bitácora debe estar disponible para su revisión por la autoridad ambiental en el ámbito de su competencia y debe tener como mínimo la siguiente información: Nombre, marca y capacidad térmica nominal de los equipos de combustión, y en caso de contar con equipos de control de emisiones y de medición de contaminantes, su nombre y marca. En los registros diarios se anotará: fecha, turno, consumo y tipo de combustible, porcentaje de la capacidad de diseño a que operó el equipo, temperatura promedio de los gases de chimenea y cualquier otro dato que el operador considere necesario en un apartado de observaciones.	SE VINCULA. En el caso de que se empleen este tipo de equipos en cualquiera de las etapas del Proyecto, se vigilará que se cumpla con la gestión y debido llenado de la o las bitácoras que correspondan.
5.4 En caso de utilizar equipos o sistemas de control de emisiones para cumplir los niveles de emisión de las Tablas 1 y 2, dichos sistemas deben operar al menos el 90% del tiempo total de operación en un año calendario de los equipos de combustión.	SE VINCULA. En caso de que se emplee este tipo de equipos o sistemas de control para medición de emisiones, se vigilará se opere de esta manera.

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
5.5 Las empresas que suministren los combustibles regulados en esta Norma Oficial Mexicana, deben cumplir con las especificaciones de calidad establecidas por la normatividad vigente.	No se vincula al no ser parte de las actividades del Proyecto, ni se prevea el almacenamiento de combustible.
NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012: Establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.	SE OBSERVA. Durante la operación del Proyecto se pueden suscitar derrames de combustibles debido a fallas o accidentes en maquinarias o recipientes; debido a esto, se consideran estrategias de acción en atención a contingencias, el almacenamiento temporal y disposición final de los residuos, así como aquellos que se generen en la limpieza del derrame, por empresas acreditadas ante la autoridad correspondiente.
7. Lineamientos para el plan de muestreo en la caracterización En caso de derrames o fugas, la caracterización se debe realizar después de haber tomado las medidas de urgente aplicación.	SE OBSERVA. En caso de cualquier tipo de contingencia se contará con un programa de seguridad que implemente el plan de muestreo establecida por la NOM.
7.1 El plan de muestreo debe ser elaborado por el responsable de la contaminación o por el responsable técnico […]	SE OBSERVA. En caso de alguna contingencia ambiental se contará con personal debidamente capacitado y experto en su profesión quien en su caso va a elaborar el plan de muestreo de conformidad con lo establecido en la norma y ley de la materia.
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.	. Se ha realizado el estudio de caracterización del sitio que permitió verificar la presencia de algunas especies listadas en esta norma, con base en el cual se diseñaron los programas de rescate de flora y fauna (anexos a este documento), por lo que se dará un adecuado manejo de las especies señaladas en la norma.
5. Especificaciones de las categorías e integración de la lista 5.1 La lista en la que se identifican las especies y poblaciones de flora y fauna silvestres en cada una de las categorías de riesgo se divide en: Anfibios, Aves, Hongos, Invertebrados, Mamíferos, Peces, Plantas y Reptiles. 5.2 La lista se publica como Anexo Normativo III de la presente Norma Oficial Mexicana.	De la vegetación observada se encontraron especies catalogadas en categoría de “riesgo”. Para la fauna del Sistema Ambiental se tomaron resultados realizados en la zona desde 2012 hasta 2016. Se registraron 77 especie de vertebrados terrestres, 60 especies de aves, 10 de mamíferos, 7 de reptiles y 2 de anfibios.

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
5.3 En la integración del listado se consideran como categorías de riesgo las siguientes: En peligro de extinción (P) Amenazada (A) Sujeta a protección especial (Pr) Probablemente extinta en el medio silvestre (E)	
5.5 La Secretaría, con base en la información disponible, revisará y actualizará la lista de acuerdo con los criterios de asignación a las categorías descritas en el apartado 6 de esta Norma, y de conformidad a las disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre. En el caso de contingencias ambientales o emergencias ecológicas que pongan en riesgo a una especie o subespecie, podrán publicarse actualizaciones de dicha lista de manera extraordinaria fuera del periodo establecido, siguiendo el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.	
6.3 Para la inclusión, cambio o exclusión de especies y sus poblaciones en las categorías de riesgo, la Secretaría considerará los siguientes criterios: 6.3.1 De evaluación Considera que la información presentada por escrito cumpla con los requisitos especificados en el punto 5.7 y, en su caso, con los puntos 5.8 y 5.9 de la presente Norma. 6.3.2 De riesgo. Considera los factores reales y potenciales que producen la disminución de: los tamaños de poblaciones; del número de poblaciones viables y de las áreas de distribución; de deterioro genético; de los factores que causan el deterioro o modificación del hábitat; los antecedentes del estado de la especie o, en su caso, de la población y su hábitat; así como los efectos de las medidas de protección en caso de haber sido aplicadas éstas. 6.3.3 De distribución, singularidad y abundancia Considera la rareza, la singularidad o relevancia taxonómica, ecológica, el endemismo o el aislamiento genético, como atributos	

NORMA OFICIAL MEXICANA	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
intrínsecos de una especie. Se considera a una especie rara, aquella cuyas poblaciones son biológicamente viables, aunque son escasas de manera natural, tienen espacios naturales de distribución reducida o están restringidas a hábitat muy específicos. 6.3.4 De asociación Considera el posible papel de especie clave y las principales asociaciones de dicha especie o población con otras y con los demás elementos del ecosistema. 6.3.5 De manejo Considera las posibles acciones de manejo que se hubiesen realizado o se realicen sobre la especie o población; contempla los usos tradicionales o la relevancia cultural o económica que presenta dicha especie o población. 6.3.6 De exclusión Permite la exclusión de una especie de la lista cuando aquella se encuentra en la categoría sujeta a protección especial y determina que las medidas de protección han sido y seguirán siendo adecuadas y suficientes para detener las presiones a las que estaban sujetas dichas especies, y puede asegurarse su viabilidad.	
6.4 En el caso del descubrimiento o reintroducción de alguna población de una especie considerada originalmente como probablemente extinta en el medio silvestre, se procederá inmediatamente al cambio de su categoría listándola como en peligro de extinción.	No se detectaron ejemplares de estas especies.

Se puede concluir que el Proyecto se apega al marco normativo en materia ambiental y no existe elemento técnico o legal para negar su ejecución, por lo que se debe proceder a su autorización.

III.6 LEYES

1. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, última reforma publicada el 23 de abril del 2018 en el Diario Oficial de la Federación, establece:

Artículo 1°.*- La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:*
I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar;
…

V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;

VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;

ARTÍCULO 11.- La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos de las entidades federativas, con la participación, en su caso, de sus Municipios o demarcación territorial de la Ciudad de México, asuman las siguientes facultades, en el ámbito de su jurisdicción territorial:

…
V. El control de acciones para la protección, preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en la zona federal marítimo terrestre, así como en la zona federal de los cuerpos de agua considerados como nacionales;

*"**Artículo 5.-** Son Facultades de la Federación:*

***…X.-** La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el Artículo 28 de esta Ley, y en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes…"*

***"Artículo 28.**- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a las que se sujetará la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites o condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría (…)*

I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;

El proyecto de la PTAR y Osmosis Inversa se ubicará dentro del proyecto, así mismo corresponde a una obra hidráulica, encuadrando en la fracción I del artículo ya citado.

El presente estudio se somete a consideración de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para obtener la autorización a que se refiere el artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

***"Artículo 30.-** Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente."*

En atención a lo dispuestos en el presente artículo de la Ley, se presenta esta Manifestación modalidad particular, para que sean evaluados los impactos ambientales que pudieran ser ocasionados por el proyecto.

Al mismo tiempo, se somete ante la H. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quien es la autoridad competente en la materia, la presente

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular correspondiente al proyecto **""Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y de Osmosis Inversa (OI) del proyecto"** para que sea evaluado en Materia de Impacto Ambiental de conformidad con lo dispuesto por los Artículos 35 y 35 BIS de la LGEEPA y 49 del Reglamento, solicitando la autorización en materia de Impacto Ambiental para las actividades de construcción y operación del proyecto que fueron planteadas en el Capítulo II del presente estudio.

A efecto de referenciar los preceptos legales que norman el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental aplicables al proyecto, a continuación, se transcriben literalmente en su parte conducente las disposiciones legales aplicables al caso.

*"**Artículo 35**.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.*

Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el Artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

Asimismo, para la autorización a que se refiere este Artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación.

Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá:

*I.- **Autorizar la realización** de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados;*

*II.- **Autorizar de manera condicionada** la obra o actividad de que se trate, a la modificación del proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o*

*III.**- Negar la autorización solicitada:***

La resolución de la Secretaría sólo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate..."

*"**Artículo 35 Bis**. - La Secretaría dentro del plazo de sesenta días contados a partir de la recepción de la manifestación de impacto ambiental deberá emitir la resolución correspondiente.*

La Secretaría podrá solicitar aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones al contenido de la manifestación de impacto ambiental que le sea presentada, suspendiéndose el término que restare para concluir el procedimiento. En ningún caso, la suspensión podrá exceder el plazo de sesenta días, contados a partir de que ésta sea declarada por la Secretaría, y siempre y cuando le sea entregada la información requerida.

Excepcionalmente, cuando por la complejidad y las dimensiones de una obra o actividad la Secretaría requiera de un plazo mayor para su evaluación, éste se podrá ampliar hasta por sesenta días adicionales, siempre que se justifique conforme a lo dispuesto en el reglamento de la presente Ley".

De manera adicional, en el Título Tercero sobre el Aprovechamiento Sustentable de los elementos naturales, en el capítulo I de dicha Ley se indican los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos teniendo que:

***Artículo 1° °.-** La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política*

de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

	Vinculación con el proyecto
I.- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar;	En cumplimiento a estas disposiciones se implementará un sistema de tratamiento de alta eficiencia y de nivel terciario para la depuración de las aguas servidas del desarrollo inmobiliario ya autorizado. Los excedentes serán trasladados al acuífero profundo a 100 m para evitar cualquier contacto o contaminación del manto de agua dulce/salobre con la cámara de absorción entre los 60 m y 100 m. El pozo de inyección se realizará bajo las especificaciones de la NOM-003-CONAGUA-1996. La disposición se realizará atendiendo los límites y condiciones determinados por la NOM-001-SEMARNAT-2021. Se verificará el cumplimiento de la legislación aplicable previo y durante el proceso de reúso y descarga atendiendo, en todo momento, la fiscalización que por ley realiza CONAGUA a fin de garantizar, en todo momento, el cuidado del ecosistema acuático. *Adicionalmente, durante el proceso constructivo se concientizará al personal sobre el uso racional de este recurso.*
V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;	
VI.- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;	

Artículo 88.- *para el aprovechamiento racional el agua y los ecosistemas acuáticos se considerarán los siguientes criterios:*

	Vinculación con el proyecto
I.- Corresponde al Estado y a la Sociedad la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico;	En cumplimiento a estos mandatos, se ha considerado en el proceso operativo del Proyecto inmobiliario la reutilización del caudal tratado para riego y aseos esto en la consideración de que el agua se sujetará a tratamiento terciario. Los excedentes serán trasladados al acuífero profundo a 100 m para evitar cualquier contacto o contaminación del manto de agua dulce/salobre con la cámara de absorción entre los 60 m y 100 m. El pozo de inyección se realizará bajo las especificaciones de la NOM-003-CONAGUA-1996. La disposición se realizará atendiendo los límites y
III.- Para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, se deberá considerar la protección de suelos y áreas boscosas y selváticas y el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua, y la capacidad de recarga de los acuíferos, y	

IV.- La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos es responsabilidad de sus usuarios, así como de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos.	condiciones determinados por la NOM-001-SEMARNAT-2021. Se verificará el cumplimiento de la legislación aplicable previo y durante el proceso de reúso y descarga atendiendo, en todo momento, la fiscalización que por ley realiza CONAGUA a fin de garantizar, en todo momento, el cuidado del ecosistema acuático. Adicionalmente, durante el proceso constructivo se concientizará al personal sobre el uso racional de este recurso y a los propietarios durante la operación.

Artículo 89 *Los mandatos para el aprovechamiento racional del agua y de los ecosistemas acuáticos, serán considerados de acuerdo a lo siguiente:*

	Vinculación con el proyecto
I.- La formulación e integración del Programa Nacional Hidráulico;	El cumplimiento de este mandato corresponde a las autoridades correspondientes por lo que no se considera la posibilidad de cumplimiento del mismo.
II.- El otorgamiento de concesiones, permisos, y en general toda clase de autorizaciones para el aprovechamiento de recursos naturales o la realización de actividades que afecten o puedan afectar el ciclo hidrológico;	La promovente, realizará los trámites correspondientes para la descarga de agua residual tratada ante la CONAGUA, para lo cual es indispensable contar con autorización en materia de impacto ambiental. En este tenor, se somete a evaluación esta MIA-P para la obtención de la autorización en materia de impacto ambiental para la planta de tratamiento de aguas residuales que el proyecto requiere.
III.- El otorgamiento de autorizaciones para la desviación, extracción o derivación de aguas de propiedad nacional;	
IV.- El establecimiento de zonas reglamentadas, de veda o de reserva;	El cumplimiento a esta disposición corresponde a las autoridades facultadas.
V.- Las suspensiones o revocaciones de permisos, autorizaciones, concesiones o asignaciones otorgados conforme a las disposiciones previstas en la Ley de Aguas Nacionales, en aquellos casos de obras o actividades que dañen los recursos hidráulicos nacionales o que afecten el equilibrio ecológico;	El Proyecto se apegará a la normatividad vigente con la finalidad de evitar afectaciones ecológicas. Al mismo tiempo se considerará de observancia este criterio.

VI.- La operación y administración de los sistemas de agua potable y alcantarillado que sirven a los centros de población e industrias;	La construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales es una obra complementaria de servicio para el proyecto por lo que no se realizarán actividades de operación y/o administración de los sistemas de agua potable para ningún centro de población.
VII.-Las previsiones contenidas en el programa director para el desarrollo urbano del Distrito Federal respecto de la política de reuso de aguas;	Este criterio no es vinculable con el proyecto debido a que éste se llevará a cabo en el estado de Quintana Roo.
VIII.- Las políticas y programas para la protección de especies acuáticas endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial;	No se considera la posibilidad de afectaciones a especies acuáticas, debido a que se plantea un tratamiento de alta eficiencia, eliminación de nutrientes con los estándares de calidad requeridos antes de su descarga o reutilización.
IX.- Las concesiones para la realización de actividades de acuacultura, en términos de lo previsto en la Ley de Pesca, y	El Proyecto no contempla la realización de actividades de acuacultura, ni actividades de pesca. Las disposiciones no son aplicables.
X.- La creación y administración de áreas o zonas de protección pesquera.	

2. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento

Especificación	Cumplimiento
LEY DE AGUAS NACIONALES	
ARTÍCULO 3. *Para los efectos de esta Ley se entenderá por:* *…* ***VI.*** *"Aguas Residuales": Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas;* ***VII.*** *"Aprovechamiento": Aplicación del agua en actividades que no impliquen consumo de la misma;* *…* ***XIII.*** *"Concesión": Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos*	Estos son conceptos que se toman en consideración para el desarrollo del proyecto dada las necesidades de la generación de aguas residuales que se tendrán. En el capítulo II de este documento se detalla el requerimiento de inyección. Por su parte, en el capítulo IV se hace una caracterización de su condición actual en la región, mientras que en el capítulo V y VII se identifican los impactos potenciales que se pudieran ocasionar y las medidas a implementar para prevenirlos y mitigarlos, todo encaminado a garantizar la conservación y controlar la calidad del recurso.

Especificación	Cumplimiento
XIV. *"Condiciones Particulares de Descarga": El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella;* *…* ***XVII.*** *"Cuerpo receptor": La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos;* *…*	
ARTÍCULO 9. *"La Comisión" es un órgano administrativo desconcentrado de "la Secretaría", que se regula conforme a las disposiciones de esta Ley y sus reglamentos, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y de su Reglamento Interior.* *…* *Son atribuciones de "la Comisión" en su Nivel Nacional, las siguientes:* *…* ***XX.*** *Expedir títulos de concesión, asignación o permiso de descarga a que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, reconocer derechos y llevar el Registro Público de Derechos de Agua;* *…*	Como ha sido descrito en el capítulo II de la presente MIA-P, como parte del proyecto se tiene contemplado construir y operar una PTAR. se usará para tratar el agua residual que se genere en la operación del desarrollo autorizado mediante resolución **04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023**. del proyecto **"***Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo*. La resolución indicada impone al promovente un sistema de tratamiento terciario; esta particularidad corresponde a la etapa más avanzada y completa del proceso de tratamiento de aguas residuales. Se aplica después del tratamiento primario y secundario y tiene como objetivo eliminar los contaminantes restantes que pudieran no haber sido removidos en las etapas anteriores. Dada la calidad del efluente, los excedentes podrán ser inyectados al freático profundo en concordancia
ARTÍCULO 20. *De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.* *Corresponde a los Organismos de Cuenca expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga a los que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, salvo en aquellos casos*	

Especificación	Cumplimiento
previstos en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que queden reservados para la actuación directa de "la Comisión". *La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley, sus reglamentos, el título y las prórrogas que al efecto se emitan.*	con las disposiciones mandatadas por la NOM-001-SEMARNAT-2021. Para poder realizar la descargar el agua residual tratada, de manera previa se deberá realizar el trámite ante la CONAGUA para obtener las concesiones para el aprovechamiento de aguas subterráneas (trámite CNA-01-004) y la descarga de aguas residuales (Trámite CONAGUA-01-001).
ARTÍCULO 86 BIS 2. *Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.*	Como parte del desarrollo del proyecto se generarían de los tres tipos de residuos considerados en la LGPGIR y su reglamento, siendo estos los sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos. Se implementará el Programa Integral de Manejo Ambiental (PIMA), ya validado por la SEMARNAT el cual presenta un Subprograma específico para el manejo de residuos y el cual contempla disponer y manejar los residuos de manera separada y diferenciada entre ellos para, finalmente, ser transportados y dispuestos en los sitios que la autoridad así lo tenga asignado o lo autorice. Se acata la disposición.
ARTÍCULO 88. *Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.* *El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.*	El promovente está en conocimiento de la obligación de tramitar y obtener la concesión para la descarga de aguas residuales tratadas ante la CONAGUA. Si bien se tiene considerado reuso del agua tratada en actividades de riego y aseos como lavado de exteriores, previa verificación del cumplimiento de la normatividad aplicable (NOM-003-SEMARNAT-1997) se tiene considerado que habrá un volumen sobrante del agua residual tratada que no se reusará, por lo que se

Especificación	Cumplimiento
	tramitará la concesión para poder descargar dicho volumen al manto acuífero siendo esto sujeto a las verificaciones y fiscalización correspondiente.
REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES	
ARTICULO 29.- *Las solicitudes de concesiones o asignaciones podrán ser presentadas tanto por personas físicas como por personas morales, debiendo acreditar estas últimas su existencia legal, así como la personalidad jurídica del promovente.*	Para la realización de los trámites de concesión la descarga de aguas residuales, se prevé el cumplimiento de los procedimientos y los términos establecidos por la CONAGUA, entre ellos la presentación de la documentación legal mencionada.
ARTICULO 30.- *Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión".*	Para poder realizar la descargar el agua residual tratada, de manera previa, se deberá realizar el trámite ante la CONAGUA para obtener las concesiones para el aprovechamiento de aguas subterráneas (trámite CNA-01-004) y de descarga de aguas residuales (Trámite CONAGUA-01-001).
ARTICULO 135.- *Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:* *I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este Reglamento;* *II. Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente;* *III. Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;* *IV. Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo y los accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;*	El promovente acata la disposición: I) teniendo considerado tramitar la autorización para la descarga de aguas residuales tratadas ante la CONAGUA. II) Las aguas residuales serán tratadas previo al vertimiento de excedentes al cuerpo receptor cuando sea necesario y siempre en obediencia con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga. III) Se realizarán los pagos de derechos por el uso del cuerpo receptor. IV) Todos los dispositivos de depuración, medición y dosificación instalados se mantendrán bajo mantenimiento permitiendo verificar el volumen de descarga y parámetros previstos en los permisos.

3. Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (LGPGIR)

El objetivo de la presente Ley es mantener la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en territorio nacional. Estas disposiciones son de orden público e interés social y buscan garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención y gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial.

A continuación, se vincula el Proyecto con los artículos aplicables en materia de residuos:

Vinculación del Proyecto con la LGPGIR.

Especificación	Cumplimiento
Artículo 5.- Para los efectos de esta Ley se entiende por: *[…]* *VIII. Generación: Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo;* *IX. Generador: Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo;* *X. Gestión Integral de Residuos: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región;*	Es relevante en virtud de que el Proyecto cuenta con un Programa de manejo Ambiental que contiene un Subprograma de manejo de residuosvalidado mediante oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023.
Artículo 6.- La Federación, las entidades federativas y los municipios, ejercerán sus atribuciones en materia de prevención de la generación, aprovechamiento, gestión integral de los residuos, de prevención de la contaminación de sitios y su remediación, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.	Es relevante en virtud de los tipos y volúmenes de residuos que generará el Proyecto en sus distintas etapas, el Promovente, así como los contratistas que intervengan en las diferentes etapas se sujetarán a en su caso, autorizaciones, programas de manejo y responsabilidades frente a autoridades de la materia en los tres niveles de gobierno señalados.
Artículo 10.- Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado,	El Proyecto, en sus distintas etapas, será generador de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos en distintos volúmenes, en el entendido

Especificación	Cumplimiento
tratamiento, y su disposición final, conforme a las siguientes facultades: *I. Formular, por sí o en coordinación con las entidades federativas, y con la participación de representantes de los distintos sectores sociales, los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, los cuales deberán observar lo dispuesto en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos correspondiente;* *III. Controlar los residuos sólidos urbanos;* *IV. Prestar, por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos, observando lo dispuesto por esta Ley y la legislación estatal en la materia;* *VIII. Participar en el control de los residuos peligrosos generados o manejados por micro generadores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con los gobiernos de las entidades federativas respectivas, de conformidad con lo establecido en esta Ley;*	que, de los RPs, sólo será microgenerador derivado principalmente de actividades de mantenimiento y limpieza aun cuando el Promovente se compromete al empleo de productos con validación CICOPLAFEST.
ARTICULO 16. La clasificación de un residuo como peligroso, se establecerá en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.	El Promovente cumplirá con las exigencias reglamentarias y normativas establecidas para la identificación y clasificación de residuos peligrosos generados durante el desarrollo de las diversas etapas del Proyecto, aún y cuando sean cantidades mínimas, se manejarán de acuerdo con lo que establece su normatividad y planes de manejo aplicables. La implementación del Subprograma de Manejo Integral de Residuos y Subprogramas en el que se establecen las medidas y lineamientos que seguirá el Proyecto para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos y de manejo especial bajo los espectros de los programas establecidos por el Estado de Quintana Roo para microgeneradores de los primeros, y genéricos en los segundos, en especial de aquellos generados en la etapa constructiva y mantenimiento.
Artículo 18.- Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas	El Proyecto se compromete a efectuar la separación de estos residuos y buscar alternativas de reúso, reciclado y revalorización de los residuos inorgánicos bajo una óptica de economía circular y minimización

Especificación	Cumplimiento
Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	de desperdicios. En cuanto a los residuos orgánicos, se adoptarán ecotecnias que permitan en la medida de lo posible, generar composta para abono en las áreas ajardinadas del Proyecto.
Artículo 19.- Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: *V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;* *VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;* *VIII. Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que, al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico;* *IX. Pilas que contengan litio, níquel, mercurio, cadmio, manganeso, plomo, zinc, o cualquier otro elemento que permita la generación de energía en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente;* *X. Los neumáticos usados, y*	Es aplicable en virtud de que, el inciso V de este artículo indica lo siguiente: *V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;* En este contexto, se presenta un Subprograma específico de gestión de lodos, para ser anexado al PIMA validado, el cual tiene como objetivo general establecer un conjunto de acciones y medidas para gestionar de manera eficiente y sostenible los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los objetivos específicos se orientan a minimizar el impacto ambiental de la disposición de lodos activados, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger los recursos hídricos.
Artículo 20.- La clasificación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, sujetos a planes de manejo se llevará a cabo de conformidad con los criterios que se establezcan en las normas oficiales mexicanas que contendrán los listados de los mismos y cuya emisión estará a cargo de la Secretaría. *Por su parte, los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, deberán publicar en el órgano de difusión oficial y diarios de circulación local, la relación de los residuos sujetos a planes de manejo y, en su caso, proponer a la Secretaría los residuos sólidos urbanos o de manejo especial que deban agregarse a los listados a los que hace referencia el párrafo anterior.*	Es relevante en virtud de que el Proyecto se sujetará a las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 que establece las especificaciones y los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos con el fin de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana, en función de su contenido de metales pesados, patógenos y parásitos.
ARTÍCULO 40. Los residuos peligrosos deberán ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales	Se observa y es relevante en virtud de que el Proyecto será una fuente de micro generación de residuos considerados peligrosos y en esa tesitura,

Especificación	Cumplimiento
mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven. *En las actividades en las que se generen o manejen residuos peligrosos, se deberán observar los principios previstos en el artículo 2 de este ordenamiento, en lo que resulten aplicables.*	durante la etapa de operación, en lo relativo a los lodos, se sujetará a las disposiciones estatales y municipales que correspondan y a lo previsto en el Subprograma específico de gestión de lodos anexo a esta MIA-P que será agregado al PIMA validado.
ARTÍCULO 41. Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.	SE CUMPLE y es vinculante con las actividades del Proyecto dentro de la ejecución del Plan de Manejo correspondiente y al Subprograma específico de gestión de lodos se determinarán los proveedores autorizados a quienes se contratarán para la recolección, traslado, tratamiento, revalorización, reuso o disposición final, obteniéndose la correspondiente trazabilidad debidamente documentada y manifestada.
ARTÍCULO 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos. *La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.* *Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes, en caso contrario serán responsables de los daños que ocasione su manejo.*	Es vinculante con las actividades proyectadas prevista. La contratación de empresas prestadoras de servicio para la recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de los residuos, se regirá bajo los lineamientos de la legislación aplicable. Asimismo, es fundamental que estas empresas cumplan con la autorización respectiva otorgada por la autoridad competente en la materia. La Promovente prevendrá afectaciones, sanciones y responsabilidades estableciendo, a nivel contractual, de gobernanza y procuración la correcta gestión de residuos durante las etapas de construcción y operación. La Promovente contará con los elementos contractuales y legales que soporten la capacidad y viabilidad técnica y operativa de los gestores/proveedores llevando control de los manifiestos de traslados y demás documentación asociada.
Artículo 48.- Las personas consideradas como microgeneradores de residuos peligrosos están obligadas a registrarse ante las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades	Se vincula bajo el supuesto de que el Promovente, en su condición de microgenerador de residuos peligrosos, presentará los planes de manejo correspondientes ante las autoridades estatales de

Especificación	Cumplimiento
federativas o municipales, según corresponda; sujetar a los planes de manejo los residuos peligrosos que generen y que se establezcan para tal fin y a las condiciones que fijen las autoridades de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios competentes; así como llevar sus propios residuos peligrosos a los centros de acopio autorizados o enviarlos a través de transporte autorizado, de conformidad con las disposiciones legales aplicables. *El control de los microgeneradores de residuos peligrosos, corresponderá a las autoridades competentes de los gobiernos de las entidades federativas y municipales, de conformidad con lo que establecen los artículos 12 y 13 del presente ordenamiento.*	acuerdo con lo establecido por el artículo 6 de la Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo y 38 del Reglamento de la Ley para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos del Estado de Quintana Roo.
Artículo 50.- Se requiere autorización de la Secretaría para: *I. La prestación de servicios de manejo de residuos peligrosos;*	Es vinculante en virtud de que la Promovente sólo contratará el manejo de residuos peligrosos con aquellos proveedores que cuenten con autorizaciones vigentes para el servicio de manejo de residuos peligrosos en las componentes que correspondan.
ARTÍCULO 54. Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.	Es vinculante con las actividades del Proyecto y se cumple, pues la identificación y clasificación de los residuos generados durante el desarrollo de las diferentes etapas sujetas a evaluación, se llevará a cabo por personal competente y experto en residuos, se llevará a cabo el cumplimiento de lo establecido por la normatividad aplicable a los residuos obedeciendo a su naturaleza, características y volumen. Se contará con espacios para el almacén temporal de residuos considerando la clasificación de que se trate, y estarán debidamente diferenciados, empacados, clasificados, identificados, señalizados para su debida manipulación, carga, estiba y traslado a los sitios bien de revalorizado o de disposición final, sean peligrosos o de manejo especial o sólidos municipales, como corresponda. Se asegurará de que no se mezclen los residuos peligrosos con otros, aplicando los criterios de la NOM-054-SEMARNAT-1993, a través de un manejo según lo establecido en los planes, programa y subprograma correspondientes.

4. Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

Esta Ley se publicó en el Diario Oficial de la Federación del 7 de junio de 2013 y es reglamentaria del artículo 4 de la CPEUM, siendo de orden público e interés social. Tiene por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental. Además, de acuerdo con lo indicado en su artículo 1, regula la responsabilidad ambiental derivada de las afectaciones ocasionadas al medio ambiente, así como la reparación y compensación de dichos daños cuando sea exigible a través de los procesos judiciales federales previstos por el artículo 17 constitucional, los mecanismos alternativos de solución de controversias, los procedimientos administrativos y aquellos que correspondan a la comisión de delitos contra el ambiente y la gestión ambiental. En la tabla se presenta la vinculación del proyecto con lo establecido en la esta ley.

Especificación	Cumplimiento
Artículo 6º.- *No se considerará que existe daño al ambiente cuando los menoscabos, pérdidas, afectaciones, modificaciones o deterioros no sean adversos en virtud de:* ***I.*** *Haber sido expresamente manifestados por el responsable y explícitamente identificados, delimitados en su alcance, evaluados, mitigados y compensados mediante condicionantes, y autorizados por la Secretaría, previamente a la realización de la conducta que los origina, mediante la evaluación del impacto ambiental o su informe preventivo, la autorización de cambio de uso de suelo forestal o algún otro tipo de autorización análoga expedida por la Secretaría; o de que,* ***II.*** *No rebasen los límites previstos por las disposiciones que en su caso prevean las Leyes ambientales o las normas oficiales mexicanas.* *La excepción prevista por la fracción I del presente artículo no operará, cuando se incumplan los términos o condiciones de la autorización expedida por la autoridad.*	Por medio de la presente MIA-P y bajo protesta de decir verdad explícitamente se expresan, identifican, delimitan en su alcance y se evalúan los posibles impactos ambientales por el desarrollo del proyecto (cap. V), de igual forma se proponen medidas de prevención y mitigación respecto éstos (cap. VII). Asimismo, se podrá observar y quedará en evidencia que la forma en cómo fue planificado el proyecto y con las medidas de prevención y mitigación se da cabal cumplimiento a las disposiciones aplicables.

III.7 REGLAMENTOS

5. Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental

*"**Artículo 4**.- Compete a la Secretaría:*

I.- Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento..."

*"**Artículo 5**.-* Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

A) HIDRÁULICAS

"VI. Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o lodos en cuerpos de receptores que constituyan bienes nacionales".

"XII. Plantas desaladoras"

Del análisis de lo anterior se desprende que, la obra objeto de la presente Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular, encuadra en el supuesto del artículo 5 inciso A), por ser una obra hidráulica, consistente en una planta de tratamiento de aguas residuales, fracción VI del inciso mencionado. Por tanto, se trata de obras de competencia federal que requieren previa autorización en materia de impacto ambiental.

Ahora bien, una vez establecidos los motivos por los que la LGEEPA y el Reglamento norman tanto el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto, como sus construcción y operación, es importante manifestar que éste fue proyectado y estructurado de manera que en todas y cada una de sus etapas cumpla con los preceptos legales que le son aplicables tanto de la LGEEPA como del Reglamento, hecho que se puede corroborar en la información vertida en la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

6. Reglamento Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

El Reglamento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción y su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; al respecto, en la tabla siguiente se presenta la vinculación con este Reglamento:

Reglamento Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Vinculación
"Artículo 17.- Los sujetos obligados a formular y ejecutar un plan de manejo podrán realizarlo en el presente Reglamento o las normas oficiales mexicanas correspondientes, o bien adherirse a los planes de manejo establecidos."	El PROMOVENTE contará con un Programa de Manejo Integral de Residuos, en los términos previstos en el presente Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas en materia de residuos.
"Artículo 82.- Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos de pequeños y grandes generadores, así como de prestadores de servicios deberán cumplir con las condiciones siguientes, además de las que establezcan las normas oficiales mexicanas para algún tipo de residuo…"	El Proyecto contará con áreas específicas para almacenar los residuos peligrosos, mismas que tendrán las condiciones requeridas, tanto para áreas cerradas y áreas abiertas, en cumplimiento de las disposiciones aplicables de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas.

7. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El Reglamento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales, las disposiciones respectivas se aplican a las aguas continentales, y al respecto, el Proyecto se vincula con los siguientes artículos

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	Vinculación
"Artículo 134.- Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para	El Proyecto no usará aguas nacionales; y por lo tanto, no requiere concesión para el uso, explotación o aprovechamiento de aguas nacionales. Durante las actividades inherentes al Proyecto, se usará agua de pipas, a fin de evitar la

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	Vinculación
prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas."	suspensión de partículas de tierra. Igualmente, se contará con sanitarios portátiles y se contratará una empresa autorizada para realizar la recolecta, tratamiento y disposición final de las aguas residuales.
"Artículo 151.- Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores y zonas federales, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de descarga de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas."	Durante el desarrollo del Proyecto se contará con sanitarios portátiles y se contratará una empresa autorizada para realizar la recolecta, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. En adición a lo anterior, el PROMOVENTE implementará durante la ejecución del Proyecto el Programa de Manejo Integral de Residuos, el cual incluye las acciones que permitirán realizar la correcta segregación, manejo y disposición final de los residuos peligrosos, de manejo especial, residuos sólidos y residuos líquidos, dando con ello cumplimiento a lo que establece dicho artículo.

CONCLUSIONES.

Como se ha venido demostrando en el contenido de este Capítulo III de la MIA-R se puede observar que el desarrollo del Proyecto se vincula de forma positiva con la legislación ambiental y se apega igualmente a lo que establece la normativa en materia de medio ambiente y uso de suelo para el municipio de Solidaridad. Las obras y actividades de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) dan continuidad al desarrollo sustentable ya que obedece la condicionante 9 indicado en el oficio 04/SGA/0638/2023 de fecha 27 de marzo de 2023, la PTAR forma parte de las medidas de mitigación y compensación al recurso hídrico

IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

Por razones técnico administrativas, en el DTU-B preparado para el proyecto Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, se decidió que el procedimiento de evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales fuera realizado por separado. Esto se indicó de manera reiterada en el DTU-B de referencia como se muestra a continuación:

Se especifica y se manifiesta expresamente que el área de servicios (AC-01) corresponde al espacio considerado para la localización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de ósmosis inversa (OI) para la potabilización las cuales no se sujetan al Procedimiento de Evaluación en Materia del Impacto Ambiental y sí al de Cambio de Uso de Suelo En Terrenos Forestales en las siguientes coordenadas:

La ubicación y coordenadas del Proyecto se ha descrito el Capítulo 2, por otra parte, Para el Área de Servicios AC-1 que en esta MIA-P nos ocupa, se solicitó y autorizó el cambio de uso de suelo. Este polígono tiene una superficie de 3,690.040 m², le fue asignado un Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS) del 21.68% que equivale a 800 m² estableciéndose una superficie de conservación de 2,890.040 m². No se solicitó ni se considera densidad inmobiliaria. Es en estos 800 m² sobre los cuales se desplantará la infraestructura sanitaria que se presenta a evaluación.

La incorporación de una PTAR al Condominio Maestro Lotificación y Urbanización del Lote 044-1 Manzana 021, Municipio de Solidaridad, Quintana Roo, aunque se cuenta con una factibilidad para la dotación de este servicio y sus correspondientes puntos de conexión emitida por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) mediante el documento N° de Circular: CAPA-DS/DPY/0056/2018, la promovente solucionará este aspecto operativo del Proyecto a su costo ya que corresponde a la concepción preconcebida la que prevé una red de drenaje sanitario.

Adicionalmente, se tiene que la Condicionante 9 de la resolución 04/SGA/0638/2023 mandata lo siguiente:

9 De acuerdo con la información presentada en el DTU-B y la Información Adicional, se contará con el servicio de una empresa especializada y autorizada para el acopio y retiro de las aguas residuales durante la etapa de preparación de sitio y construcción. En este sentido, el manejo de las aguas residuales durante la etapa de operación del proyecto, quedará sujeto a la obtención de la autorización de una planta de tratamiento de aguas residuales, para la cual se realizará las gestiones correspondientes.

Es en el contexto resulta relevante señalar que el impacto ambiental derivado de esta planta de tratamiento de aguas residuales y Planta de Osmosis Inversa se circunscribe al Sistema Ambiental delimitado de origen y el cual es replicado en esta Manifestación de Impacto Ambiental. Esto a efecto de mantener el contexto biogeográfico de las actuaciones ya que ambas, finalmente, corresponden al mismo proyecto inmobiliario.

IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO.

De acuerdo con la SEMARNAT, la delimitación del Sistema Ambiental (SA), debe sustentarse con los límites naturales de los elementos bióticos y abióticos existentes, así como en los procesos ecosistémicos, con los cuales interactuarán las obras y actividades del Proyecto.

Se podrán utilizar los límites establecidos para cuencas, unidades del ordenamiento ecológico, planes de desarrollo urbano, tipos de vegetación de la última serie del INEGI o el Inventario Forestal Nacional, zonas marinas, regiones o áreas de importancia para la biodiversidad entre otros elementos que permitan la delimitación del espacio bajo estudio.

Si bien el predio se ubica dentro de la Cuenca Quintana Roo, esta, por su extensión, no resulta representativa de elementos físicos y biológicos con los que interactuará el Proyecto; por lo tanto, para este estudio se optó por reducir el área de influencia del Proyecto a nivel del Sistema Ambiental, tal como se describe a continuación.

La importancia del SA radica en que es el elemento más relevante en el desarrollo de la evaluación de un Proyecto, en lo referente a la componente ambiental, es decir, define las reglas de decisión sobre el funcionamiento base de un ecosistema, seleccionando las características homogéneas y su alcance o extensión del ecosistema dentro del propio SA, proporcionando una percepción en materia de calidad ambiental.

La caracterización del SA debe aportar un diagnóstico del estado de conservación o de alteración de los componentes y procesos ecológicos de la zona elegida, es decir, de la integridad funcional de los ecosistemas, ya que en última instancia un Proyecto es viable ambientalmente si es compatible con la vocación del suelo y permite la continuidad de los procesos y la permanencia de los componentes ambientales (artículo 44 del REIA).

En la delimitación del SA, se contemplan criterios a distinta escala: a) Criterios de Planeación y Desarrollo (Enfoque Sistémico) al considerar que el predio de interés se localiza en la Cuenca hidrológica RH32, Cuenca 32 A Quintana Roo; b) Criterios Normativos (Enfoque Administrativo) ya que para su delimitación se toman en cuenta los límites del POEL de Solidaridad; y por último c) Criterios Técnicos (Enfoque Geográfico) toda vez que se contempla la integración de las zonas

de dispersión del total de los impactos ambientales previstos que se derivan de las actividades de cambio de uso del suelo para este Proyecto.

Es por esta razón que el Proyecto contempla el cambio de uso del suelo en un terreno con vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia en proceso de recuperación y con vegetación de duna costera, en colindancia con predios suburbanizados, vialidades en operación y que se encuentra dentro de una zona turística en proceso de expansión en la que se pretende obtener la autorización para su uso turístico residencial, con el fin de que se lleve a cabo la construcción de un desarrollo turístico habitacional y con un eco parque, entre otros componentes.

Por su ubicación, el Proyecto se localiza dentro de una zona en donde el uso del suelo se encuentra regulado por el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad.

A continuación, se describe el Sistema Ambiental del Proyecto. Este sistema ambiental abarca una superficie total de 177.86 hectáreas, comprende el área de influencia directa e indirecta del Proyecto y corresponde al área donde se prevé la ocurrencia de los impactos ambientales abarcando una porción suburbana, del hotel "Cabañas Paamul" y de las reservas de crecimiento turístico que se encuentran cubiertas de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia del tipo arbóreo y arbustivo.

Los criterios aplicados para la delimitación del área de estudio donde pretende establecerse el Proyecto, son los siguientes:

1.- Se incluye la totalidad de la superficie sujeta a cambio de uso del suelo y por lo tanto la superficie total del predio.

2.- La totalidad del área de influencia directa de los impactos potenciales derivados de la remoción de la vegetación forestal en este predio para la construcción del Proyecto.

3.- Las áreas colindantes al sitio del Proyecto donde se prevén los impactos ambientales indirectos, así como las áreas de los asentamientos humanos que resultan beneficiadas con el establecimiento y la operación eficiente de esta propuesta.

4.- De acuerdo con el programa de Gobierno 2016-2022, se plantea la necesidad de impulsar el desarrollo social de la zona norte de Quintana Roo, mismo que se asocia a la mejora en la calidad de vida y servicios que se ofertan a los habitantes de la región.

5.- El ambiente terrestre dentro de la zona donde se construirá la obra, comprende un área cubierta con vegetación arbórea de selva mediana subperennifolia y duna costera, con evidencia de afectaciones por el paso de huracanes.

6.- La zona no se encuentra ubicada dentro de ningún Área Natural Protegida que haya sido decretada por la SEMARNAT o por el Gobierno del Estado de Quintana Roo.

7.- En la zona rige un Programa de Ordenamiento Ecológico Local y que ubica al sitio de referencia dentro del área en la que aplica una política de "conservación", con vocación de uso de suelo "turístico" y los usos condicionados turístico, ecoturístico, suburbano, UMA'S, deportivo, parque recreativo, comercial, equipamiento, reserva natural y marina; mientras que los usos incompatibles son forestal, agropecuario, agroforestal, agroindustrial, urbano, industrial y minero. Como es evidente el uso pretendido que se somete a evaluación y que es el desarrollo inmobiliario que lo precede, es congruente y acorde al uso de suelo previsto por el POEL-S.

8.- En el área de influencia de este Proyecto existen varios desarrollos turísticos en operación como el Hotel Cabañas Paamul" ®, así como fraccionamientos turísticos en expansión.

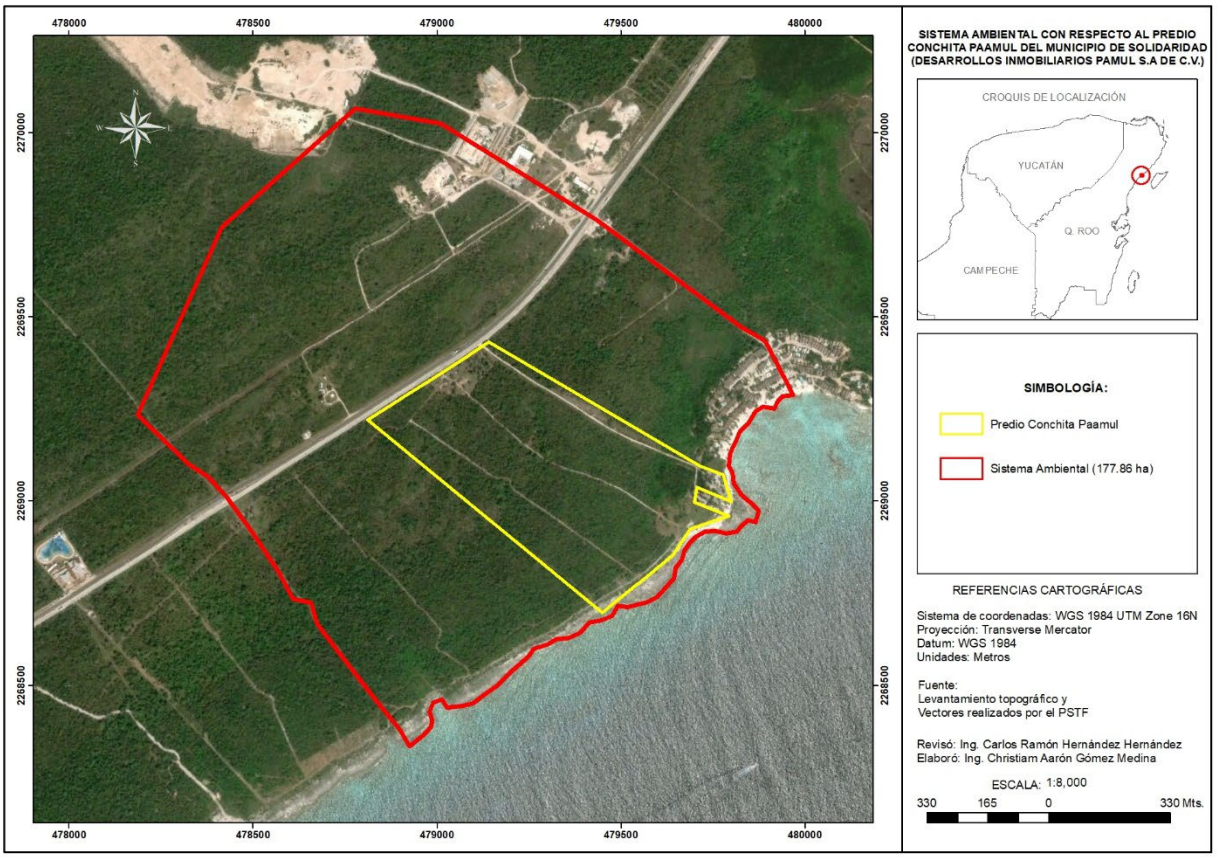


Imagen IV-1 Ubicación del predio, delimitación del área de influencia y descripción del sistema ambiental.

En la tabla siguiente, se presenta la superficie expresada en metros cuadrados y por hectárea, así como el porcentaje de ocupación de cada una de las condiciones de la vegetación y los usos de suelo de las condiciones que prevalecen en este SA.

Tabla IV-1. Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el sistema ambiental.

CLAVE	Condición de la vegetación y uso de suelo	Hectáreas	Porcentaje
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana en recuperación	164.48	92.48
VM	Vegetación de manglar	2.60	1.46
DV	Sin vegetación aparente	10.78	6.06
Total		**177.86**	**100**

IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL (SA).

Según el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el área de estudio de este Proyecto se encuentra en la región XII Península de Yucatán. De acuerdo con la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, Puerto Morelos (F 16 D 51) del INEGI, el área de estudio de este Proyecto forma parte de la Región Hidrológica RH32 Yucatán Norte y la cuenca denominada 32Aa Quintana Roo, (INEGI 2015).

Sin embargo, el análisis de los estudios técnicos que se presentan en esta caracterización del sistema ambiental donde se ubica el Proyecto, incluyen las descripciones del patrón de ocupación en la zona turística de Solidaridad, las condiciones y características predominantes en las comunidades vegetales que integran el sistema ambiental, así como los cambios que se han registrado en las últimas décadas como consecuencia del crecimiento poblacional, turístico y por la expansión de la mancha suburbana. Esta caracterización se formula con la información de fuentes secundarias y recorridos de campo en el área de estudio.

Esta caracterización del sistema ambiental tiene por objeto describir el estado actual de los componentes natural, social y económico del área de estudio y se presenta, en información mesurable y en instrumentos cartográficos, habiéndose considerado para su formulación, las siguientes acciones: a) la ubicación del predio y su relación con los instrumentos de planeación aplicables, b) la naturaleza y magnitud del Proyecto c) la representación cartográfica de la dispersión de los impactos ambientales previstos, d) la identificación de los límites de la zona suburbana y los desarrollo turísticos colindantes y e) la identificación de las condiciones y características de las comunidades vegetales predominantes.

Como premisas que rigen este análisis y los resultados del diagnóstico de la calidad ambiental de este sistema ambiental se considera que:

- La riqueza biológica y la diversidad de los ecosistemas terrestres constituyen la base de recursos para el desarrollo de las actividades productivas y al mismo tiempo son fuente de bienes y servicios ambientales de los que puede gozar la sociedad en general.
- La ubicación de este sistema ambiental en la porción Este de la Península de Yucatán con un relieve casi plano, característico de una plataforma de sedimentos calcáreos de origen marino, compuestos de calizas blandas conocidas como "sascab" y afloramientos de rocas calizas, muy duras denominadas como "laja", que colinda con franjas costeras de sedimentos lacustres y litorales, constituyen el ámbito geográfico donde se desarrollan las comunidades de flora y fauna de este sistema ambiental. Los suelos son poco profundos y poco evolucionados en toda su superficie. La delgada capa fértil, rica en materia orgánica es fácilmente degradable y se trata de suelos pedregosos que dificultan la mecanización.
- De acuerdo a las características fisiográficas, a través de toda la superficie municipal se presenta un clima cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano. La temperatura promedio se mantiene entre los 26-27 °C y se presenta marcada sequía en la mitad caliente del año (canícula), en donde la curva calurosa asciende a partir de los meses de abril y mayo, registrando temperaturas entre 26 °C y 33 °C. Asimismo, para la ciudad de Playa del Carmen se registran más de 243 días despejados al año con horas sol continuas y sin nubosidad aparente. El máximo de días soleados se alcanza en los meses de marzo y abril con 25 días en promedio. Además de que debido a los vientos provenientes del océano Atlántico y mar Caribe, durante el verano la zona se ve afectada por tormentas tropicales y ciclones.
- La falta de corrientes de agua superficial, mantiene en el subsuelo un acuífero kárstico con flujos subterráneos de las zonas de mayor precipitación hacia las costas. Estas aguas afloran a lo largo de la franja litoral en esteros y lagunas costeras. Como parte del proceso de dilución de las rocas calcáreas se forman los cenotes, los bajos o poljes, así como grutas y grietas de conducción de agua subterránea en una matriz de difusión altamente sensible a la contaminación y la dispersión de contaminantes. De acuerdo con sus características fisicoquímicas, la calidad del agua subterránea dentro de la Subcuenca "d" es tolerable y, en general, es apta para su uso y para el consumo humano. Aunque en diversas áreas la dureza y el contenido de los elementos referidos rebasan las normas respectivas. No obstante, a la fecha el único tratamiento que se da para

consumo humano es su desinfección a través de la aplicación de cloro. Aunque en los últimos años se ha propiciado el consumo de agua purificada que se comercializa a través de empresas privadas y cuya potabilización incluye entre otros el sistema de osmosis inversa.

- Esta heterogeneidad ambiental relacionada con la variación climática y las características de los suelos permiten el desarrollo y recuperación de las diferentes comunidades vegetales. La conservación de la diversidad biológica es una necesidad con reconocimiento social, que se ve reflejada en las políticas públicas recientes, pero que requiere de consensos y negociaciones motivadas y fundamentadas entre los intereses públicos y privados.
- Los registros de flora de este sistema ambiental, nos permiten reconocer la existencia de más de 135 especies, de las cuales 82 especies son árboles, 20 especies son arbustivas, 21 son herbáceas, 10 especies rastreras. Estas especies se encuentran agrupadas en 54 familias, de las cuales la familia de la fabaceae es la más abundante. Respecto a la fauna se registraron aves con 58 especies, seguido de los reptiles con 12 especies, 9 mamíferos y 2 anfibios. Se desconocen aspectos sobre la dinámica de las poblaciones locales y existen grupos de fauna poco estudiados.
- Quintana Roo es el estado más expuesto a fenómenos meteorológicos como tormentas tropicales, huracanes y "nortes". Estos fenómenos tienen su formación ya sea en las aguas del mar Caribe, o bien, desde las del Océano Atlántico; fenómenos que por sus dimensiones son imposibles de evitar. Este tipo de tormentas tropicales y los huracanes se presentan, generalmente, entre los meses de julio a noviembre, los daños que ocasionan se deben a tres fuerzas destructoras: las marejadas, las inundaciones y los vientos. Los ciclones tropicales son fenómenos meteorológicos que han afectado de manera reiterada los ecosistemas del norte de Quintana Roo. Diversos estudios documentan que los vientos fuertes alteran de manera drástica la fisonomía y la estructura de la vegetación costera. Entre los daños más evidentes en las selvas destacan la defoliación, ruptura de ramas y tallos, acamamiento y caída de árboles y hasta la muerte de algunos árboles. Por sus efectos de aclareo induce pocos cambios en la composición de especies y la recuperación de la mayoría de las plantas afectadas se hace evidente luego de pocos meses después de la afectación.
- En el Norte de Quintana Roo han sido frecuentes los incendios forestales de gran extensión en las últimas décadas, por lo que la vegetación de este sistema ambiental corresponde a rodales de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en recuperación con condiciones distintas de desarrollo y conservación.
- En la zona de interés, la estructura está dada por la presencia de un ecosistema natural, mismo que corresponde con la selva mediana con vegetación secundaría arbustiva y

arbórea con árboles dispersos. Esta vegetación presenta una dominancia de especies de muy baja altura, por lo que se alcanza entre los 3-8 m. En la actualidad y debido a las actividades humanas y naturales, presenta cierto grado de disturbio. Además de que grandes manchones han desaparecido debido a los numerosos asentamientos humanos y las actividades agropecuarias. Esta vegetación se caracteriza por ser una comunidad muy densa, con abundancia de especies arbóreas y bejucos, con alturas que van desde los 8 a 12 m para la selva mediana.

- El origen secundario de esta vegetación se debe referir al huracán Gilberto, ocurrido en 1988 que alcanzó la categoría 5 de la escala Saffir-Simpson, los incendios subsecuentes que se presentaron un año después (1989) mismos que se extendieron, de manera catastrófica, afectando una superficie cercana a las 135,000 has. A esta gran perturbación se agregan los efectos posteriores derivados del huracán Wilma (2005).
- En este sistema ambiental aún existen grandes extensiones con vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia donde se prevé la expansión de los desarrollos turísticos de esta ciudad. El tipo de vegetación predominante que se reporta para el sistema ambiental de este Proyecto, de acuerdo con la Carta de Vegetación y Uso del Suelo, Serie VI del INEGI, corresponde a vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia con 164.489 hectáreas, misma que ocupa el 92.48% del sistema ambiental, vegetación de manglar con una ocupación de 2.277 hectáreas que corresponde a 1.46% y un área sin vegetación aparente contribuye con el 6.06% (10.793 has).
- Los procesos de suburbanización y turísticos, la disposición de los empresarios para invertir en estas zonas del territorio de Quintana Roo en la construcción de nuevas obras que aporte infraestructura de servicios y operación a la actividad comercial y turística del Municipio de Solidaridad, Quintana Roo son las principales causas del cambio de uso del suelo que sin duda es requerida por el pujante crecimiento de estas actividades en la zona de inserción.
- El desarrollo acelerado de la ciudad y la migración impactan a la planeación ordenada de los desarrollos turísticos y, por consiguiente, se observa un incremento de malestares para el municipio de Solidaridad. Como las molestias al turismo, erosión de costas, acumulación de basura, incremento de aguas grises y negras sin tratamiento, relleno de manglares, daños a los arrecifes, entre otras. A todos estos impactos negativos habrá que mencionar también los significativamente positivos, tales como las relaciones gobierno - iniciativa privada, derrama de capital incremento de las organizaciones civiles, atención de problema: de los distintos niveles de gobierno, creación de empleos a diferentes niveles, generación de instrumentos y mecanismos normativos. Debido al

éxito turístico de Quintana Roo, las oportunidades de empleo y las expectativas de un futuro prolífico desde su creación son por demás evidentes, así Playa del Carmen se ha convertido en imán que atrajo numerosas familias, El crecimiento poblacional acelerado ha dado evidencia de rebasar todas las expectativas y pronto generó un déficit en la infraestructura urbana y suburbana, así como el rezago en la dotación de vivienda que a la fecha se han traducido en problemas ambientales que para ser acotados requieren de orden en el crecimiento y el uso del suelo así como del incremento en la infraestructura.

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SA.

El análisis retrospectivo de la calidad ambiental del sistema ambiental de la cuenca donde se ubica este Proyecto se describe en función de la evolución de la zona turística en las últimas décadas y el impacto que ocasionaron en su estructura y su funcionamiento, por efecto de los cambios que han experimentado sus componentes físicos, biológicos y socioeconómicos de mayor importancia. Asimismo, se describen las tendencias de desarrollo y/o deterioro que registra el sistema ambiental de la cuenca y que han incidido de manera determinante en la calidad ambiental que se presenta actualmente en este sistema ambiental. El predio de interés se ubica a la altura de la isoterma de los 26 °C y la isoyeta de los 1,4016 mm de precipitación anual. Este tipo climático es isotermal, es decir, se presenta una oscilación térmica poco representativa ya que se ubica entre los 5 y 7 °C.

De acuerdo con lo anterior, siendo el clima un componente ambiental de nivel regional, mismo que está determinado por las condiciones meteorológicas a largo plazo, se considera que no será modificado por el desarrollo del Proyecto. Sin embargo, a una escala puntual (microclimática) las acciones del Proyecto pudieran inducir mínimos e imperceptibles cambios sobre la temperatura y el contenido de humedad, situación que se podrá dar de manera específica y puntual en las áreas donde se modifiquen dos factores determinantes, la vegetación y la presencia de un suelo expuesto. Con referencia a las condiciones de la calidad del aire, se debe referir que en la zona norte de Quintana Roo no existe ninguna industria establecida, de tal forma que no existen fuentes fijas importantes generadoras de contaminantes a la atmósfera. En todo caso, las emisiones se concentran en el parque vehicular que circula en la carretera federal y avenidas de la ciudad de Playa del Carmen y aquellas generadas por el uso de leña y carbón en la preparación de alimentos actividades que aún se practican en la zona urbana de la ciudad en mención. Se dan algunas emisiones inocuas provenientes de calderas de vapor asociadas a hoteles y lavanderías en menor escala.

La parte del área correspondiente al sistema ambiental de este Proyecto estuvo cubierta por una vegetación de selva mediana subperennifolia en buen estado de conservación. La tendencia de expansión de la mancha suburbana de la ciudad de Playa del Carmen hacía los límites del municipio de Solidaridad ha sido ampliamente documentada en los distintos programas parciales de desarrollo, y se puede verificar mediante la sobreposición de las Cartas de Vegetación y Uso del Suelo de las Series I, II, III, IV, V y VI del INEGI. Los efectos de la urbanización, suburbanización y desarrollos turísticos sobre los componentes biológicos y físicos del ambiente en esta zona, han sido ampliamente documentados en los instrumentos de planeación (POEL-Solidaridad). Este proceso de transformación que se aprecia por el deterioro y fragmentación del hábitat para la vida silvestre se inicia con la apertura de caminos y vialidades, seguida por labores de desmonte y despalme, con lo que se elimina la vegetación y se retira la capa superior del suelo hasta la roca firme. Con frecuencia se realizan cortes con fines de nivelación para, posteriormente, rellenar y compactar los asientos de las obras. Entre los principales impactos ambientales acumulativos de la suburbanización se reconocen: la transformación del paisaje natural, la disminución del hábitat para la vida silvestre y el incremento del riesgo de contaminación del acuífero por la falta de servicios en los desarrollos turísticos.

En este SA existen terrenos con vegetación secundaria colindantes a los asentamientos humanos donde se presenta con frecuencia la extracción de recursos forestales, por lo regular, se extrae de manera furtiva palizada para la construcción de palapas, así como piedras y tierra. En la actualidad, en el Sistema Ambiental, son evidentes los procesos de suburbanización. Existe especulación de terrenos y la proliferación de invasiones irregulares, siendo estas las principales causas del deterioro ambiental y en conjunto constituyen la principal amenaza para la diversidad biológica y la conservación del agua como recurso, si no se ajustan dentro de un marco legal de regulación para la conformación de unidades suburbanas y turísticas sustentables que colindan con áreas naturales en recuperación.

Entre los factores ambientales que han provocado la degradación de la selva en este sistema ambiental destacan los huracanes y los incendios forestales. Los ciclones tropicales Gilberto y Wilma, se encuentran entre los más fuertes que han afectado de manera reiterada los ecosistemas del norte de Quintana Roo. El origen secundario de esta vegetación se debe referir al evento acaecido en 1988 y que corresponde con la manifestación del huracán Gilberto (que alcanzó la categoría 5 de la escala Saffir-Simpson) y a los incendios de tipo catastrófico que se presentaron un año después (1989), mismos que se extendieron a través de toda el área de influencia del huracán hasta afectar una superficie cercana a las 135,000 Ha. Para algunas zonas

(como es el caso de la de nuestro interés) los efectos del incendio fueron de afectación total, es por ello por lo que, en septiembre de 1989 se emitió un decreto de veda total para esta zona. Diversos estudios documentan que los vientos fuertes alteran de manera drástica la fisonomía y la estructura de la vegetación costera. Entre los daños más evidentes en las selvas destacan la defoliación, ruptura de ramas y tallos, caída de árboles y hasta la muerte de algunos árboles. Por sus efectos de aclareo induce pocos cambios en la composición de especies y la recuperación de la mayoría de las plantas afectadas se hace evidente luego de pocos meses después de la afectación (Sánchez, 2000). Sin embargo, se reconoce que el impacto de los huracanes se incrementa de manera significativa cuando se presenta asociado a otros factores de disturbio como los incendios forestales y los cambios de uso del suelo provocados por las actividades productivas.

Una consideración importante que se puede obtener de la (Figura IV.1), es que resulta evidente que la vegetación de selva con desarrollo secundario se extiende ampliamente por toda la periferia sur del sistema ambiental. Aunque se debe referir que hacia el norte ésta interrumpe drásticamente su distribución, debido precisamente al establecimiento de desarrollos turísticos. Por lo anterior, se considera que el sistema natural en la zona de interés se encuentra fragmentado o en vías de ello, y de alguna manera, se ha interrumpido la distribución natural del ecosistema de selva, modificando de nueva cuenta su estructura y función. En vista de la situación actual de la vegetación de la zona, por lo que se puede considerar que el Proyecto tendrá un área de influencia de tipo local.



Imagen IV-2 Ubicación del sistema natural fragmentado por el desarrollo suburbano y turístico costero.

En todo caso, se confirma que los impactos hacia el ecosistema de selva en la región están dados por el deterioro que provocan los distintos eventos naturales, que para el área tienen que ver de manera directa con los fenómenos hidrometeorológicos. Asimismo, en los alrededores de las ciudades existe una creciente presión debido al crecimiento que estas manifiestan. Por lo anterior, se deberá reconocer que, aunque las características naturales se habrán de modificar sustancialmente, se promoverá la persistencia de la diversidad y cierta densidad vegetal en las áreas verdes contempladas.

Asimismo, se debe señalar que la distribución de una vegetación selvática puede procurar espacios para el desarrollo de la fauna silvestre. No obstante, la cercanía con la zona suburbana y la presencia de vías rápidas de comunicación de manera cercana son una limitante en el desarrollo de este componente. A esta situación se debe agregar la ausencia de un arbolado alto e importante dentro del predio de interés. No obstante, la construcción del Proyecto promoverá condiciones para el desplazamiento temporal de este componente del medio natural, ya que se verá afectado por las acciones de desmonte de la vegetación y por la presencia de trabajadores y maquinaria en el predio.

Los elementos del paisaje que serán modificados son las vistas panorámicas en puntos específicos de la propiedad. Se modificarán los márgenes arbolados propios de la vegetación de selva mediana con desarrollo secundario. Se incluirán sutilmente elementos ajenos (construcciones) al paisaje que actualmente prevalece en la zona. Aunque parte de éstas quedarán por debajo del nivel de terreno natural. Asimismo, se debe mencionar que no se considera la distribución de áreas críticas en las que se manifieste condiciones exclusivas o extraordinarias en donde la modificación en su estructura (arreglo espacial), abundancia y distribución ponga en riesgo la naturalidad del paisaje.

En ecología, el término paisaje se utiliza para designar unidades geográficas en las que, a pesar de la existencia de una cierta heterogeneidad interna (por ejemplo diferentes tipos de vegetación o distintos estados sucesionales de los mismos), las principales variables ambientales (por ejemplo, la temperatura, la humedad, la precipitación u otras) no cambian significativamente dentro del área de la propia unidad geográfica, la cual muestra una historia geomorfológica y biogeográfica común (Sánchez et al. 2000). Este concepto necesariamente considera la presencia del ser humano y sus interacciones con los demás componentes. En este sentido, la zona del Proyecto no debe verse de forma aislada e independiente, sino que

precisamente forma parte de un paisaje suburbano y turístico, en donde existen diferentes condiciones de la vegetación en distintos niveles de modificación, en donde se distribuyen especies de vida silvestre (microorganismos, hongos, flora, fauna, etcétera), adaptadas a la presencia humana. Dicho con otras palabras, la biodiversidad que existe en el predio del Proyecto es reflejo de la existente en toda región.

IV.4 MEDIO ABIÓTICO

1. Fisiografía.

La Cuenca 32A Quintana Roo pertenece a la provincia fisiográfica conocida como Península de Yucatán y su territorio cubre parte de las subprovincias fisiográficas 62 Carso Yucateco y 64 Costa Baja de Quintana Roo, las cuales se describen en los siguientes apartados:

Subprovincia fisiográfica 62 Carso Yucateco. Está formada en una losa calcárea cuya topografía se caracteriza por la presencia de carsticidad, ligera pendiente descendente hacia el este y hacia el norte hasta el nivel del mar; con un relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones; con elevaciones máximas de 22 m. en su parte Suroeste.
Dada la solubilidad de las rocas, son frecuentes las dolinas, cenotes y depresiones en donde se acumulan arcillas de descalcificación. Además, muestran una superficie rocosa con ligeras ondulaciones y carecen en casi toda su extensión de un sistema de drenaje superficial.

En su porción litoral son frecuentes las salientes rocosas, caletas, pequeños escarpes, cordones y espolones, así como lagunas pantanosas intercomunicadas con el mar por canales o bocas y extensas zonas de inundación con vegetación de manglar.

Por otra parte, la subprovincia fisiográfica 64 Costa Baja de Quintana Roo se caracteriza por su relieve escalonado que desciende de poniente a oriente, presenta el menor relieve, está integrada por una llanura rocosa suavemente ondulada con altitudes poco significativas en las que existen zonas de inundación temporal. En la franja litoral la conforman numerosas lagunas, áreas rocosas, puntas rocosa y paralela a ella se ha desarrollado una barrera arrecifal que delimita una extensa zona lagunar.

A similitud con toda la Península de Yucatán, la topografía en la zona tiene pendientes menores al 7% por lo que son aptas para el desarrollo salvo sobre las fallas puntuales como grietas o cenotes y algunas elevaciones o depresiones localizadas; de cualquier manera a pesar de tener un estrato rocoso casi a flor de tierra existen formaciones cavernosas que se presentan de

forma recurrente en el subsuelo, normalmente donde existen grandes macizos de vegetación con grandes árboles, de las cuales se asume que se asientan en una zona de fallas y grietas subterráneas que permiten su fortalecimiento y desarrollo. Geomorfológicamente los terrenos están constituidos por basamentos de calizas con carbonatos.

2. Clima

- **Tipo de clima**

La Cuenca presenta el tipo climático cálido subhúmedo con lluvias en verano; La única isoterma representada es la de 26°C, lo que indica que la temperatura media anual es similar en toda su superficie, debido a la escasa elevación sobre el nivel del mar. Sin embargo, se puede mencionar que prácticamente en toda la zona costera se presentan temperaturas ligeramente mayores a 26°C (INEGI). Su temperatura media anual varía entre 24° y 28°C.

La zona en la cual se encuentra el sitio de interés presenta el tipo climático Ax'(w2)iw", que corresponde al clima cálido subhúmedo, con lluvias todo el año y mayor abundancia en verano.

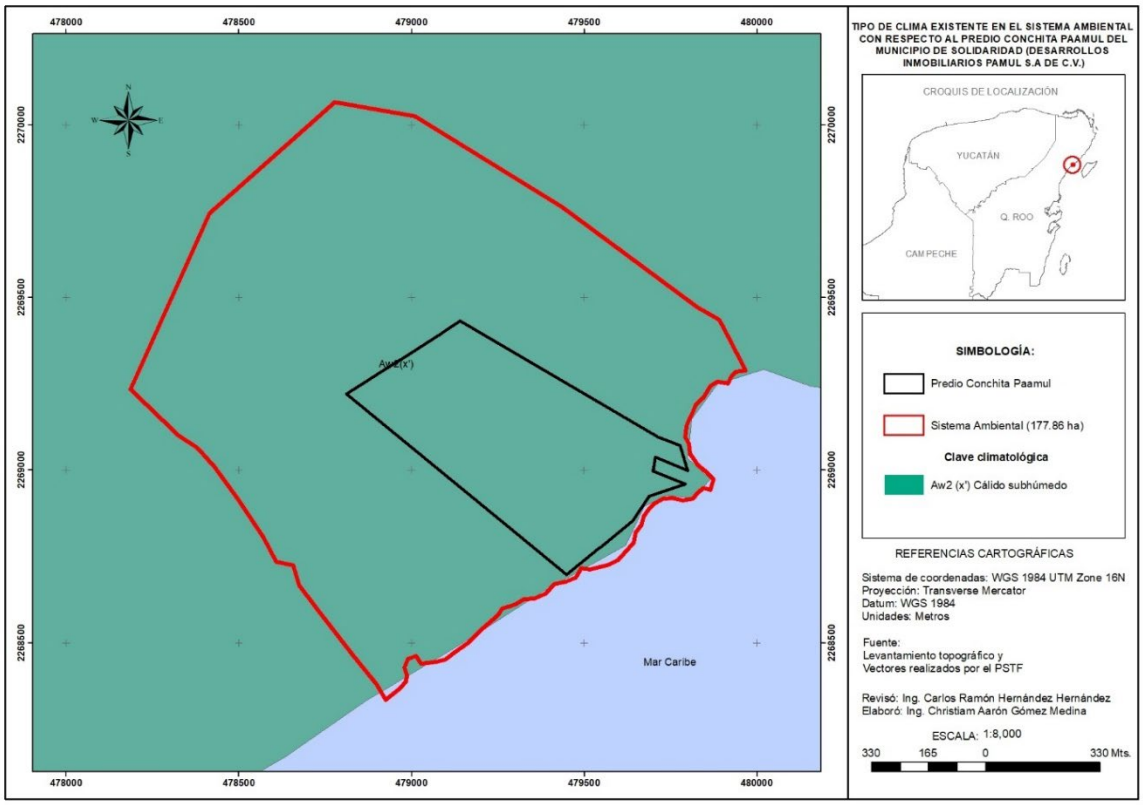


Imagen IV-3 Tipo de clima que se presenta en el Sistema Ambiental

- **Precipitación media.**

La precipitación total anual varía entre 700 y más de 1,500 mm (INEGI). En su extremo norte la representación menor de sus isoyetas (líneas referentes a valores de igual precipitación total anual medida en milímetros), corresponden al rango menor de 800 a 1,000 mm; los rangos de precipitación se incrementan en dirección suroeste, de esta manera es posible observar una representación en el rango de 1,000 a 1,100 mm. La Cuenca recibe una influencia importante de humedad proveniente del Mar Caribe que favorece los rangos de más alto valor para isoyetas -de 1,300 a 1,500 mm-, se aprecian en una franja aparentemente vertical desde las localidades de Kantunilkín, Playa del Carmen y Cozumel. Hacia el centro-oeste de la entidad se distribuyen las isoyetas intermedias, que van de un rango menor de 1,100 a 1,300 mm.

Con relación a la precipitación promedio mensual, esta oscila entre los 28.8 mm, en el mes más seco (abril) hasta 297.3 mm en el mes más lluvioso (octubre); finalmente la evaporación media mensual tiene un rango de 84.8 a 187.7 mm.

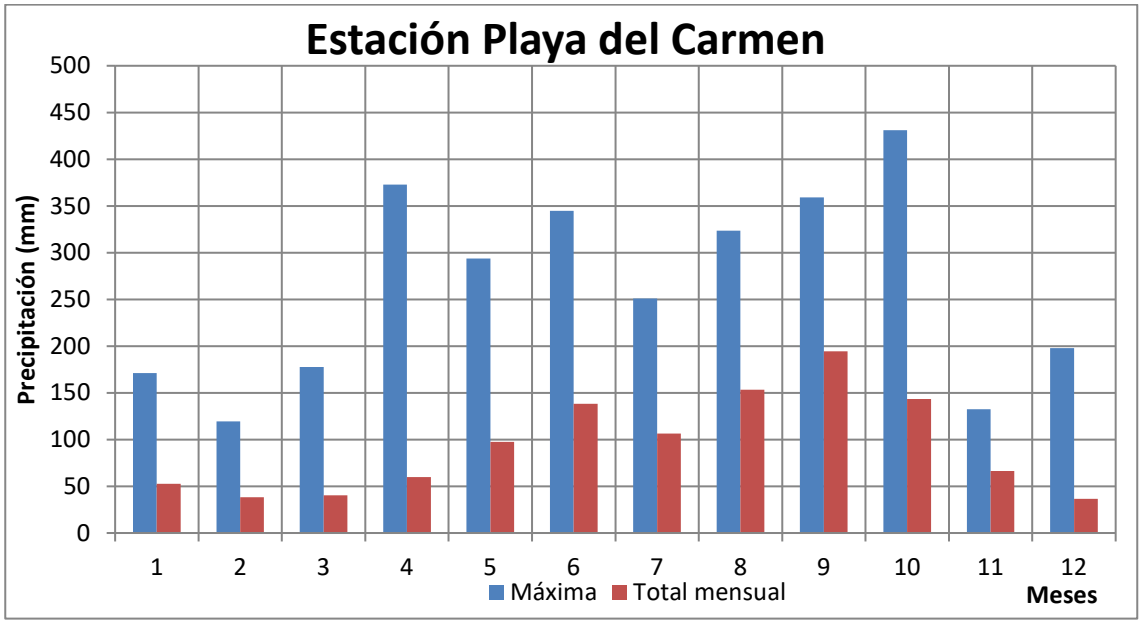


Imagen IV-4 Precipitación mensual máxima y total registrada por la estación meteorológica Playa del Carmen.

- **Temperatura.**

De acuerdo con los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) estación 23163 Playa del Carmen para el período comprendido de 1998-2008, las temperaturas más bajas se registraron entre los meses de diciembre y enero y las más altas de mayo a septiembre. La temperatura promedio anual es de 25.6 °C, en tanto que la media mensual oscila de 23.0 °C

en el mes más frío (diciembre), a 27.8 °C en los meses más cálidos (julio y agosto), por lo que la oscilación térmica es de 4.8 °C; además la CNA reporta que la temperatura máxima registrada para la zona fue de 40.0°C, de fecha primero de mayo de 2003, en tanto que la temperatura mínima se registró el 13 marzo de 1998 con 5°C.

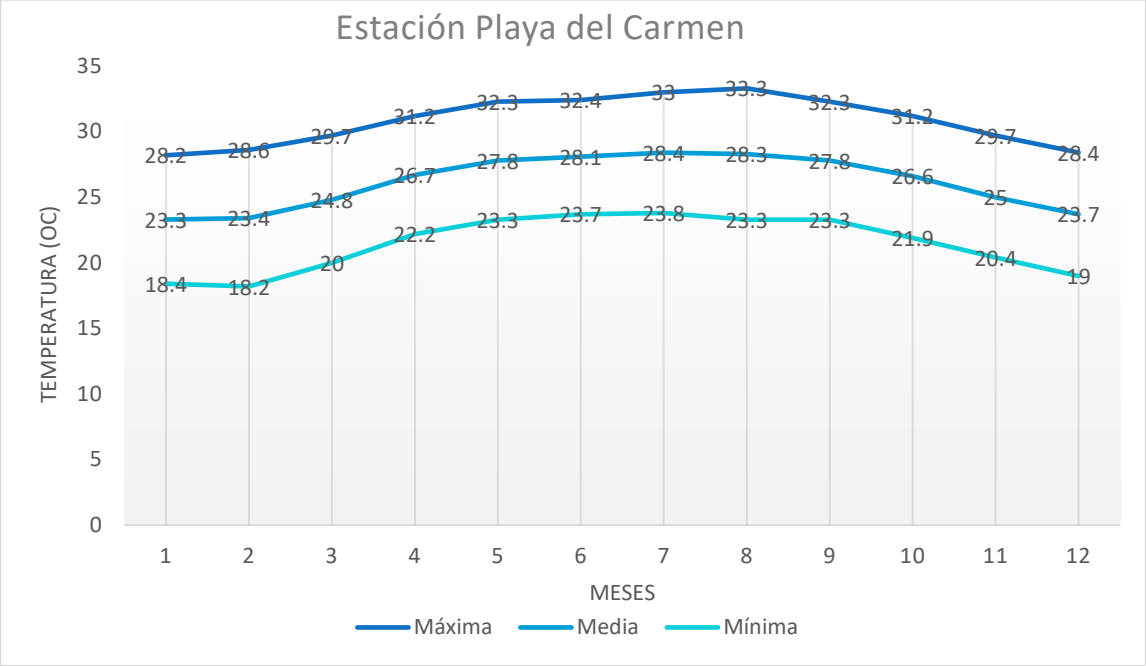


Imagen IV-5 Temperaturas máximas, medias y mínimas reportadas por la estación Meteorológicas Playa del Carmen.

- **Humedad relativa.**

En la zona, los valores medios de humedad van del 80 al 90 % como consecuencia del régimen de lluvias presente. La temporada de lluvias dura casi todo el año, pues la temporada de secas únicamente incluye los meses de enero a mayo.

- **Velocidad y dirección del viento.**

La cuenca, al igual que todo el estado de Quintana Roo, tiene la influencia de las masas de aire marítimo tropical que son transportadas por los vientos alisios del Caribe y del Atlántico. Los vientos dominantes tienen una dirección este-sureste (ESE), se presentan prácticamente todo el año y tienen velocidades entre 3 n/s y 4 m/s. En invierno, particularmente en los meses de octubre y noviembre, los vientos disminuyen su velocidad y cambian de dirección debido a la

influencia de las masas polares que descienden desde el Ártico. Posterior a la temporada de febrero a julio se hace evidente una mayor variabilidad en la dirección de los vientos dominantes oscilando entre los del Sureste y el Norte.

De acuerdo con datos obtenidos de 1987 a 1997 por la Comisión Nacional del Agua (1997), el promedio de velocidad anual del viento es de 4.55 m/s, presentándose las mayores velocidades en el mes de octubre con 20.1 n/s de velocidad promedio y las menores velocidades en el mes de abril, en el que el promedio de la velocidad es de 5 a 6 n/s.

- **Balance hídrico (evaporación y evapotranspiración).**

La evaporación potencial media anual es de 1,336.7 mm, con una variación mensual entre 104.9 mm en diciembre a 192.9 mm en mayo. La cantidad de evapotranspiración real media anual es similar a la precipitación y varía en igual sentido, de norte noroeste a sur sureste, pues va de 800 a 1,200 mm; por el contrario, la variación del déficit de agua se comporta en sentido inverso, va de 200 a 800 mm de sur sureste a norte noroeste, abarcando once meses en el extremo norte hasta poco más de tres meses en la zona con mayor precipitación.

- **Posibilidad de fenómenos meteorológicos.**

La totalidad de la Península de Yucatán, por su ubicación geográfica, se encuentra constantemente expuesta a fenómenos meteorológicos extremos de diferentes tipos, incluyendo huracanes, tormentas tropicales, “nortes” y suradas o “surestes”.

En los últimos 50 años se han originado 494 huracanes, de los cuales 21 han tocado tierra o han pasado en un radio de 100 Km de la costa de Quintana Roo (NOAA, 2005). La temporada de huracanes en la zona abarca de mayo a septiembre, siendo este último mes en el que se ha registrado el mayor número y los de mayor fuerza.

Los huracanes más significativos que han afectado durante los últimos años el Estado de Quintana Roo, principalmente la Zona Norte, son Gilberto en 1988; Opal y Roxanne en 1995, Emily, el 17 de julio, y Wilma, el 22 y 23 de octubre, ambos en 2005 y Deán en 2007. Entre éstos destacan Gilberto y Wilma por los efectos catastróficos sobre la industria turística y por los cambios sustanciales en la geomorfología costera.

3. Suelo

Desde el punto de vista edáfico la subcuenca se distingue por la predominancia de suelos someros y pedregosos, de colores que van del rojo al negro, pasando por diversas tonalidades de café, con abundante contenido de fragmentos de roca de 10 y 15 cm de diámetro, tanto en la superficie como en el interior de su perfil, además que regularmente se ve acompañada de grandes y repetidos afloramientos de la típica coraza calcárea yucateca.

El conjunto de suelos presentes es de tipo litosol más Rendzina como suelo secundario, y Solonchak como suelo terciario, con clase textural media (I+E+Zo/2)., como se muestra en la (Plano IV.3).

Las rendzinas (E) son suelos muy someros por lo regular con espesor menores de 30 cm, reposado sobre el material calcáreo, con más de 40 % de carbonato de calcio, con un contenido de materia orgánica entre 6 y 15 % y capacidad de intercambio catiónico de 20 a 45 meq. /100 g de suelo. Estos presentan fase física (lítica somera), pero no química y tienen buen drenaje.

Los litosoles (I) son suelos sin horizonte de diagnóstico limitado por afloramiento de una coraza calcárea dura y continua, de poco espesor. Presentan abundante pedregosidad, son suelos que varían de color café claro a casi negro, su textura que en algunos casos se distingue por ser de migajón arenoso con apenas 10 % de arcilla y en otras por ser migajón arcilloso con aproximadamente 30 %, también sus contenidos de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y de más características que se pudieran considerar. Presentan fuertes restricciones para su utilización con propósitos agrícolas, pues su escaso espesor y abundante pedregosidad afectan el crecimiento de las raíces de plantas cultivadas, sin embargo, presentan buen drenaje, que favorece la infiltración de las aguas meteorológicas.

Los Luvisoles (L) tienen un contenido de materia orgánica de 5 a 6 %, son de textura fina con más de 40 % de arcilla; la variedad Luvisol crómico en alternancia con Vertisol pélico, solo o asociado con Litosol, es de textura fina y alta permeabilidad.

Por otra parte, es importante destacar dos condiciones características de la Zona Norte del Estado relacionadas al componente suelo, la primera consiste en su escasez y la segunda a la topografía. El suelo, considerando la carta edafológica utilizada por el INEGI (2004), se clasifica con base a las características de los horizontes o capas que los conforman. Así se tiene que, en la porción continental de la zona norte de Quintana Roo y por ende en el predio en estudio, existe una predominancia de suelos identificados como horizonte C, éste corresponde a la capa

que muestra marcadamente las características de la roca madre del que se deriva y aún no manifiesta evidencias notables de desarrollo edáfico. Es decir, no existe una capa de suelo como tal que pueda considerarse como un recurso, ya que éste se encuentra en un estadio temprano en su proceso de formación.

Generalmente el horizonte C, se encuentra bajo los horizontes H, A y B, sin embargo, en los suelos de la zona Norte del estado, el horizonte C se ubica inmediatamente después del horizonte H, que corresponde a la capa superficial orgánica, donde se acumulan los materiales orgánicos que caen en el suelo, los cuales pueden ser frescos o descompuestos, o incluso, el horizonte C constituye la capa superficial.

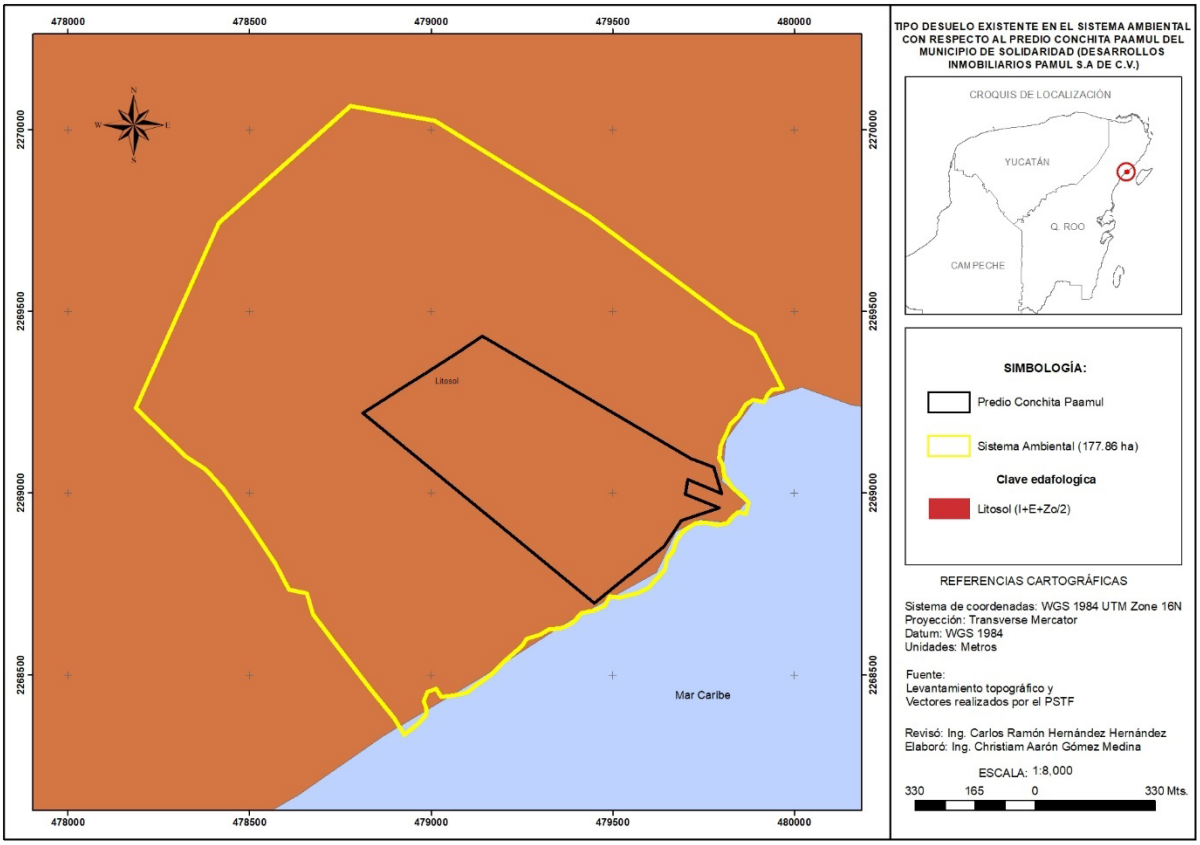


Imagen IV-6 Tipos de suelos presentes en el área de estudio.

El tipo de suelo en el área de estudio es de tipo litosol más Rendzina como suelo secundario, y Solonchak como suelo terciario, con clase textural media (I+E+Zo/2). FUENTE: INEGI, Carta de Edafología F16C69, Escala 1:250,000.

De lo antes expuesto se concluye que el suelo en el predio en estudio y la unidad a la cual pertenece, es escaso, discontinuo y no consolidado como tal, condición que es resultado de la reciente emersión de la Península de Yucatán, por lo que no se ha constituido como un recurso.

En cuanto a la topografía del terreno, su consideración radica en la ausencia de pendientes que otorgan una fisiografía casi plana, no solo al predio en estudio sino a la planicie de la cual forma parte. Tal condición, aunada al hecho de que el incipiente suelo presente es moderadamente susceptible a la erosión, anticipa que el riesgo a procesos erosivos se ven reducido por la ausencia de pendientes abruptas que puedan causar desprendimiento de partículas terrígenas y acarreo de estos materiales por gravedad.

4. Geología

La Península de Yucatán posee una fascinante historia geológica, la cual ha sido determinante en la formación del Golfo de México y la configuración geológica del Caribe. Se caracteriza por un basamento metamórfico de origen paleozoico, sobre el cual se ha desarrollado una extensa secuencia sedimentaria de más de 3.000 metros de espesor, depositada desde el Jurásico hasta el presente. El ciclo sedimentario inicia con rocas jurásicas de origen continental, intercaladas con materiales volcánicos. La fuente de estos sedimentos parece provenir del basamento paleozoico.

Durante el Cretácico se formaron cuencas de circulación restringida, generando condiciones propicias para el desarrollo de sedimentación evaporítica. En el Cretácico Superior se manifestaron cambios en la sedimentación; por un lado, la porción central comenzó a emerger hasta quedar bien expuesta. Los materiales asociados con este evento son margas y horizontes de bentonita en áreas alejadas de las antiguas costas, y dolomías, areniscas y derrames andesíticos en las zonas poco profundas. En el Terciario y Cuaternario se presentaron facies de plataforma somera en ambientes de supramarea, por la continua oscilación del nivel del mar (CNA, 1997).

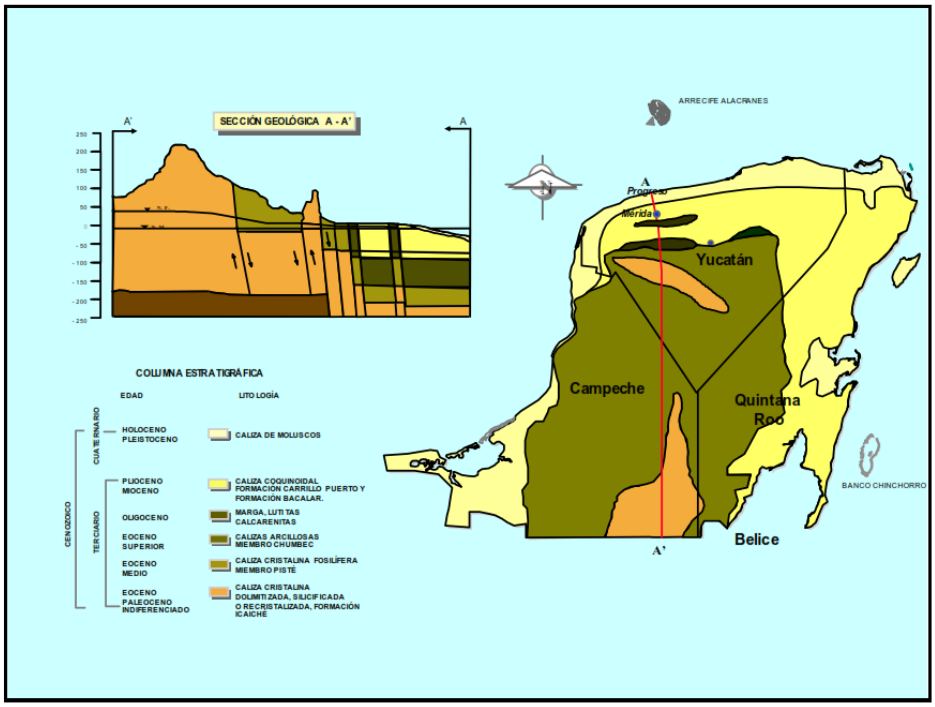


Imagen IV-7 Geología de la península de Yucatán

La secuencia estratigráfica que abajo se presenta y que comprende análisis sobre las perforaciones de PEMEX, ha sido descrita por Bonet y Butterlin (1963), Back (1969) y López Ramos (1983).

Tabla IV-2 Columna geológica de la Península de Yucatán

EDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA
Reciente y Pleistoceno (Del presente a 1.5 Ma)	100	Calizas coquiníferas color crema con abundantes huellas de moluscos.
Plioceno y Miocen (1.5 a 23 Ma)	200	Formación Carrillo Puerto, calizas fosilíferas blancas a amarillentas, duras y masivas, con calizas arenosas interestratificadas.
Oligoceno (23 a 36 Ma)	260	Calizas blancas a cremas, con capas de margas arcillosas blancas y bandas silíceas.
Eoceno Superior (36 a 42 Ma)	100	Formación Chichén Itzá (Miembro Chumbec), calizas blancas, cristalinas y masivas.
Eoceno Medio (43 a 52 Ma)	185	Formación Chichén Itzá (Miembro Pisté), calizas microcristalinas color blanco, de grano fino con horizontes arcillosos, las caliza presentan textura sacaroide.

EDAD	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA
Paleoceno-Eoceno Inferior (52 a 66 Ma)	100-350	Formación Chichén Itzá (Miembro Xbacal). Formación Eoceno Inferior Indiferenciado. Formación Icaiché. Calizas blancas cristalinas y dolomitas silicificadas, con yesos hacia la parte inferior.
Cretácico (66 a 144 Ma)		Margas, lutitas, calizas, dolomías y evaporitas.

La zona de estudio geológicamente está constituida por rocas del Mioceno - Plioceno (Terciario) y el Holoceno - Pleistoceno (Cuaternario), cuya columna estratigráfica es la siguiente.

MIOCENO - PLIOCENO (FORMACIONES BACALAR Y ESTERO FRANCO)

Formación Bacalar. - Estos estratos se encuentran solamente en el estado de Quintana Roo, corresponden a calizas poco compactas, blancas o amarillas en capas delgadas y medianas y margas. Aflora en las inmediaciones de la laguna Bacalar, hacia su parte superior se encuentra una capa calcárea de color oscuro. Morfológicamente forma una planicie rocosa ligeramente ondulada.

Formación Estero Franco.- En la margen izquierda del Río Hondo afloran calizas formadas de calcita diseminada, arcillas y trazas de dolomitas de color blanco a amarillo, en estratos delgados horizontales.

Se localiza al oriente de Chetumal en una estructura sinclinal. Esta parece cubrir a la Formación Bacalar. Por otro, lado, el contacto de estas formaciones con las calizas del Eoceno es de carácter tectónico y está dado por el sistema de fallas normales con orientación NE-SO que se presenta al oriente de la Península de Yucatán. Los espesores promedio son de 100 y 20 m respectivamente.

MIOCENO- PLIOCENO (FORMACION CARRILLO PUERTO)

Formación Carrillo Puerto.- Constituida por lo general de calizas arcillosas y coquinas de colores amarillo, rojo y blanco, compactas, de estratificación masiva. Su espesor máximo es de 300 m. Se encuentra en las partes norte y oriente de la península, con excepción de la franja costera.

En la zona meridional del estado de Yucatán se tienen calizas microcristalinas y espáticas de colores blanco, crema y café, dispuestas en estratos horizontales delgados a medianos. Contienen gran cantidad de pelecípodos y gasterópodos, así como abundantes microfósiles como foraminíferos bentónicos: rotálidos y texturálidos y miliólidos. La unidad presenta fuerte fracturamiento con orientación noroeste a sureste a lo largo de cuyas fracturas se ha desarrollado una gran cantidad de estructuras de disolución.

Hacia el nororiente de Yucatán afloran calizas compactas recristalizadas, de ambiente marino en facies de banco y litoral de textura fina a media, dispuestas en capas masivas de color crema y blanco con abundantes microfósiles conservados la mayor parte de las veces como moldes externos de pelecípodos: Chione quedradillensis y Archaias angulatos; así como miliólidos indeterminados. La unidad presenta algunos horizontes calcáreo-arcillosos friables y margas blancas.

En los límites del estado de Campeche en la zona costera occidental, afloran calizas compactas de ambiente nerítico y litoral, textura de mediana a gruesa, de color crema y blanco. Dispuestas en forma masiva, presentan horizontes coquiníferos con abundantes hexacoralarios y fósiles de diversos moluscos. Las calizas se encuentran recristalizadas, moderadamente fracturadas, presentan horizontes calcáreos friables sin litificar y de aspecto cretoso. Sus aspectos texturales indican un carácter sedimentológico transgresivo.

En la parte norte del estado de Quintana Roo, que corresponde con la zona de estudio, la unidad de calizas son microcristalinas y oolíticas, de estratificación mediana a gruesa con echados horizontales. El contenido fosilífero corresponde a foraminíferos, entre ellos: Pyrgo sp., Textulariela aff., T.augusta y Planulina sp.; algas como Lithophyllum sp, gasterópodos y corales.

Más hacia las costas del caribe mexicano, la parte inferior de esta unidad está formada por un cuerpo masivo coquinífero, poco compacto cubierto por calizas laminares con estratificación cruzada. Presentan diversas texturas: ooespáticas, bioespatíticas y bioesparruditicas, están formadas por fragmentos de conchas de pelecípodos y gasterópodos y por algunos restos de corales y esponjas. La parte superior son calizas de textura de ooespatita y biomicrita, dispuestas en capas delgadas y medianas de color blanco con echado horizontal. Contienen diversos foraminíferos del género Archaias sp., y Globigerinoides aff., G. Trilobus; algas verdes, hexacorales e icnofósiles.

PLEISTOCENO – HOLOCENO (CUATERNARIO)

Calizas.- Comprende calcarenitas y coquinas de coloración clara, de espesor variable y afloran en la franja costera entre 5 y 30 kilómetros de ancho. Los depósitos de litoral son areno arcillosos y materiales residuales calichosos de espesor reducido.

Hacia la costa nororiental se presentan calizas microcristalinas de diferentes texturas que denotan un ambiente de depósito de plataforma somero. Son rocas de color café claro, blanco y rojizo, que originan arcillas rojas lateríticas. Afloran en estratos medianos y gruesos con un echado casi horizontal. Las calizas contienen abundantes restos de microfauna y fragmentos de organismos. Más hacia el sur, hacia las zonas de las bahías, afloran calizas microcristalinas con recristalización que pasan a calizas muy intemperizadas que dan origen a arcillas rojas lateríticas. Afloran en estratos medianos y gruesos casi horizontales. Hacia el área de Cancún la unidad está constituida por calizas merocristalinas y espáticas de facies de plataforma. Su contenido fosilífero es de foraminíferos, gasterópodos, miliólidos y algas, y calizas coquiníferas mal compactadas en capas de 1 a 2 m.

La parte noreste (zona de estudio) se caracteriza por calizas coquiníferas de ambiente litoral de textura media a gruesa, semiconsolidadas, algunas muy deleznables. Con estratificación de 1 a 1.5 m las primeras y de casi 3 m las segundas. De acuerdo a Butterlin y Bonet (1963) es probable que las calizas semiconsolidadas pertenezcan al Pleistoceno y las capas blandas y costeras pertenezcan al Holoceno. Hacia la porción occidental de la Península se encuentran calizas cristalinas coquiníferas de color blanco y de facies de litoral y lagunar, forma pequeños escarpes en la franja litoral o constituye lomeríos alargados sensiblemente paralelos a la línea de costa.

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Carrillo Puerto y subyace discordantemente a los depósitos litorales sin consolidar del Reciente.

Depósitos litorales.- En el área de Cancún y sus alrededores comprenden a las dunas holocénicas relacionadas estrechamente con eoleanitas del Pleistoceno. Están formadas por arenas constituidas de oolitas y en menor cantidad por fragmentos de corales, moluscos, ostrácodos y microforaminíferos bentónicos y planctónicos. Sobreyace a las eoleanitas formadas por oolitas. En Isla Mujeres, estos depósitos presentan estratificación cruzada, moldes de raíces, caliche y restos de gasterópodos. En el norte de Yucatán estos depósitos consisten de arenas de grano fino a medio de color crema, sus constituyentes principales son líticos y fragmentos de conchas. Contiene, además, abundantes conchas de organismos recientes, entre los que hay bivalvos y gasterópodos. En ocasiones se presenta débilmente

cementada por carbonatos. Están expuestos en casi toda la línea de costa en donde conforma islas de barra y playas.

En la costa occidental los sedimentos no consolidados están constituidos por fragmentos de subangulosos y subredondeados de conchas de pelecípodos y gasterópodos, así como por líticos calcáreos retrabajados en tamaños que varían de arena fina a gruesa y algunas gravas. Forma pequeñas planicies y algunas ondulaciones a lo largo de la costa.

Depósitos lacustres.- Forman una unidad constituida por una intercalación de arenas de grano fino, arcillas, limos de color crema y rosa y fango calcáreo depositados en lagunas someras formadas en la franja litoral, presenta cierta plasticidad y contiene abundantes conchas de organismos recientes: Turritela sp., y bivalvos, así como materia orgánica que le imprime un color café y un olor fétido.

Esta unidad aparece expuesta bordeando a la línea de costa y tiene una expresión morfológica de planicie. Se encuentran separadas del mar por un cordón litoral o por medio de una barrera calcárea.

En la Isla de Cozumel las rocas más jóvenes datan del Cuaternario y están representadas por gravas y arenas calcáreas, calcarenitas y fragmentos de conchas depositadas en forma discontinua a lo largo del litoral; sedimentos de pantano depositados en las áreas costeras norte y sur, inundadas por agua salobre.

- **Modelo geológico**

La zona de estudio se ubica en el límite de la Planicie Interior norte del estado de Quintana Roo y la franja costera oriental de la Península de Yucatán, en esta región afloran, desde el continente hacia la línea de costa las siguientes unidades litológicas (mapa 2).

Calizas pre-pleistocénica que se encuentran en la parte continental y conforman una terraza carstificada. Estas calizas se han correlacionado con la Formación Carrillo Puerto (Bonet y Butterlin, 1962), los espesores de esta formación se han reportado desde 240 m en el norte del estado de Yucatán (Pemex, pozo Sacapuc1) y entre 8 y 60 m en el corredor turístico de Quintana Roo (CNA, 1991).

Esta formación está constituida por calizas fosilíferas en su base, y calizas compactas y calizas arenosas hacia su cima. El gran desarrollo de conductos de disolución le proporciona un carácter acuífero muy elevado.

Depósitos Carbonatados del Cuaternario (CNA, 1992), en la zona costera sobre las calizas pre-pleistocénicas se encuentran depósitos que forman una franja de lomas (crestas) alineadas de

150 km de longitud y entre 0.5 y 10 km de ancho, estos depósitos están constituidos por antiguos sedimentos de playa (arenas calcáreas) acrecionados en la margen continental y que cubren a calizas arrecifales; entre estas crestas de playa y la costa se encuentran calizas lagunares y calizas arrecifales, (figura 3.1).

Ambos materiales, las calcarenitas y las calizas mencionadas, se han establecido del Pleistoceno Superior (120,000 a 125,000 años, Ward, Op.Cit).

Las arenas consolidadas que conforman el alineamiento de lomeríos de crestas de playa están constituidas (de acuerdo con Ward y Brady, 1979, y comprobado en los recorridos de campo) por una unidad basal de arenes calcáreas de grano fino (calcarenitas) con estratificación cruzada de bajo ángulo (< 10°) con huecos excavados por antiguos animales (fósiles).

La porción superficial está alterada por una costra de Caliche. El espesor de los materiales que conforman la franja de crestas de playa varía entre 3 y 20 metros, encontrándose sus mayores espesores hacia el norte de la planicie costera.

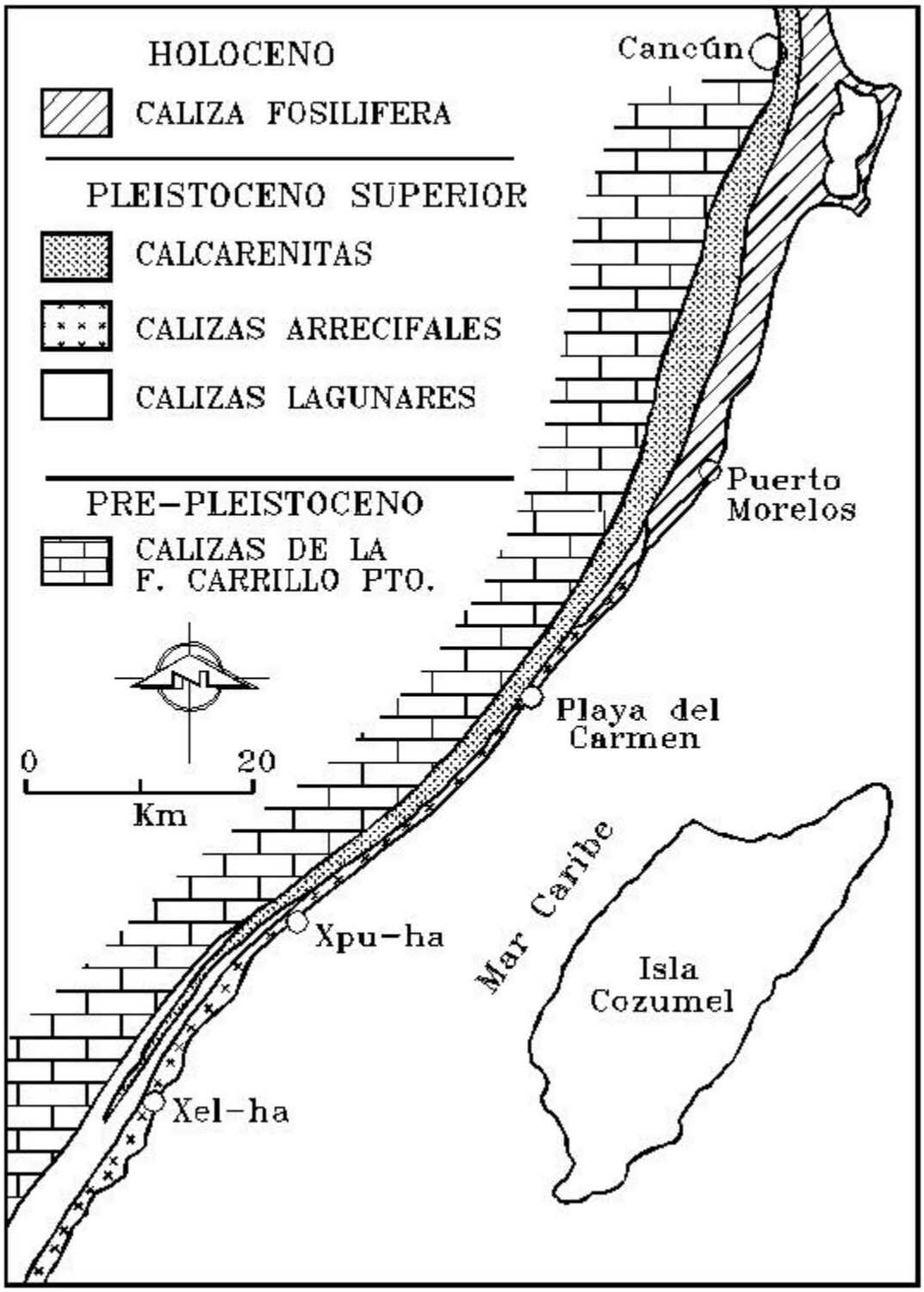


Imagen IV-8 Mapa geológico de la costa Nor-Oriental de la Península de Yucatán

En estudios reciente realizados (Betsco, 2008) se han identificado varias estructuras kársticas cercanas al área de estudio, asimismo se ha delineado el contacto entre las calizas Terciarias y Cuaternarias; en la (figura 3.2) se muestra que el área de estudio se ubica en los materiales asociados con la Formación Carrillo Puerto: calizas fosilíferas en su base, y calizas compactas y calizas arenosas hacia su cima.

En algunas partes de la zona costera, la franja de crestas de playa contiene estrechas depresiones alineadas y paralelas a la costa, estas se ubican al norte de las rancherías de San Francisco, San Miguel y San Víctor como se observa en el mapa geológico del área circunvecina del Spa-Palace, en estas zonas se encuentran depósitos de calcarenitas y calizas micríticas; asimismo, en algunas de estas depresiones actualmente se encuentran desarrolladas zonas pantanosas y ciénagas ocupadas por manglares como se presenta al NE de la zona de Punta Paraíso

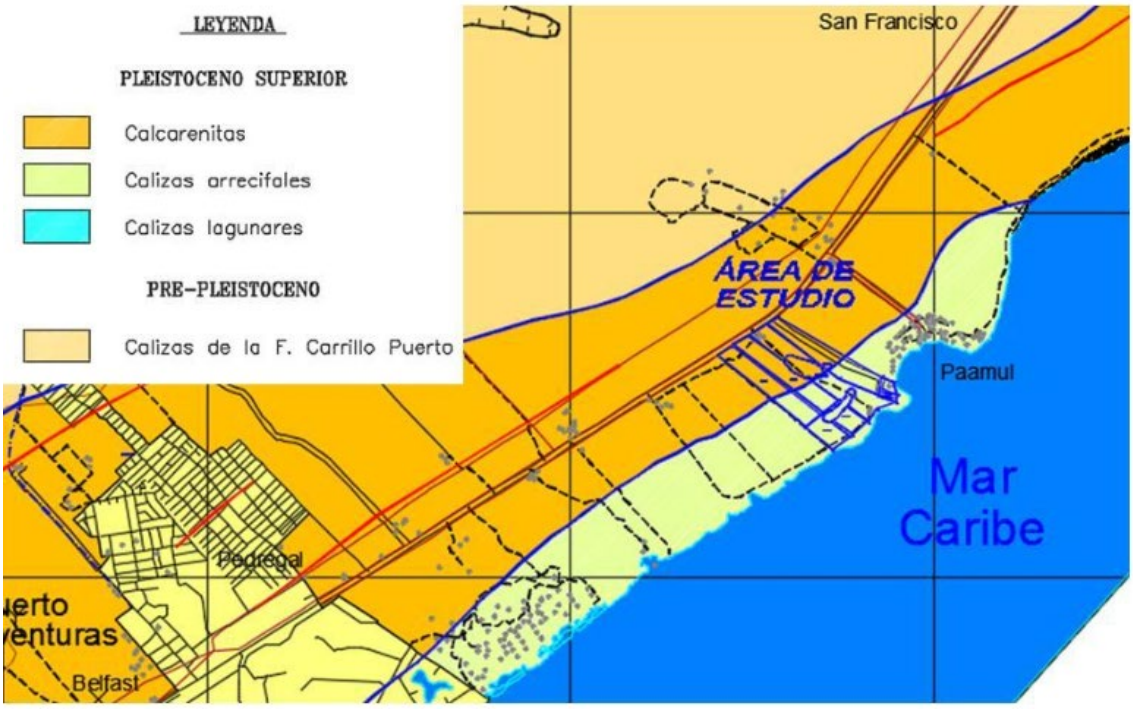


Imagen IV-9 Mapa geológico local de la zona de estudio

- **Geología del Subsuelo**

Para conocer el modelo geológico del subsuelo, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la información obtenida de los sondeos exploratorios realizados tanto en trabajos previos como en la presente investigación. Esta valiosa información permitió identificar el tipo de materiales presentes en el subsuelo, su dureza y la existencia de cavidades.

A continuación, se presenta la tabla con las coordenadas de los sondeos exploratorios utilizados en el análisis geológico:

Tabla IV-3. Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el sistema ambiental.

Clave Sondeo	UTM X	UTM Y	Nivel Estático (m)	Profundidad Total (m)
Pa01	479055	2269285	5.77	30.85
Pa02	479224	2269168	4.96	20.85
Pa03	479448	2269059	1.62	20.80
Pa03"	479383	2269071	1.41	22.80
Pa04	479112	2269090	4.65	22.75
Pa05	479361	2268913	2.32	20.80
Pa06	479530	2268800	3.21	22.85

El análisis de la información de los sondeos con un enfoque geológico permitió diferenciar los materiales de la zona en dos unidades litológicas. Esta diferenciación se basó en las características físicas de los materiales, tales como su grado de dureza, porosidad, color, contenido fosilífero, presencia de cavidades y su capacidad para aportar agua. (como se muestra en la tabla y figura a continuación). La Unidad A, se divide en dos subunidades (A1, A2) y se integra de rocas calcáreas arenosas y la Unidad B constituida principalmente por calizas arrecifales compactas.

Tabla IV-4. Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el sistema ambiental.

Unidad litológica	Descripción litológica	Espesor (m)	Cavidades
A1. Calcarenitas y caliche	Areniscas calcáreas y caliche muy duras, con restos de fósiles y de color beige	1 a 5	No
A2. Calcarenitas	Material arenoso, calcáreo poroso, con restos de fósiles, color blanco y beige; de baja dureza	5 a 12	a diferentes niveles hasta de 5 m
B1. Calizas arrecifales	Rocas semiduras, porosas, de color blanco, con gran cantidad de fósiles.	6 a 11	ocasionalmente

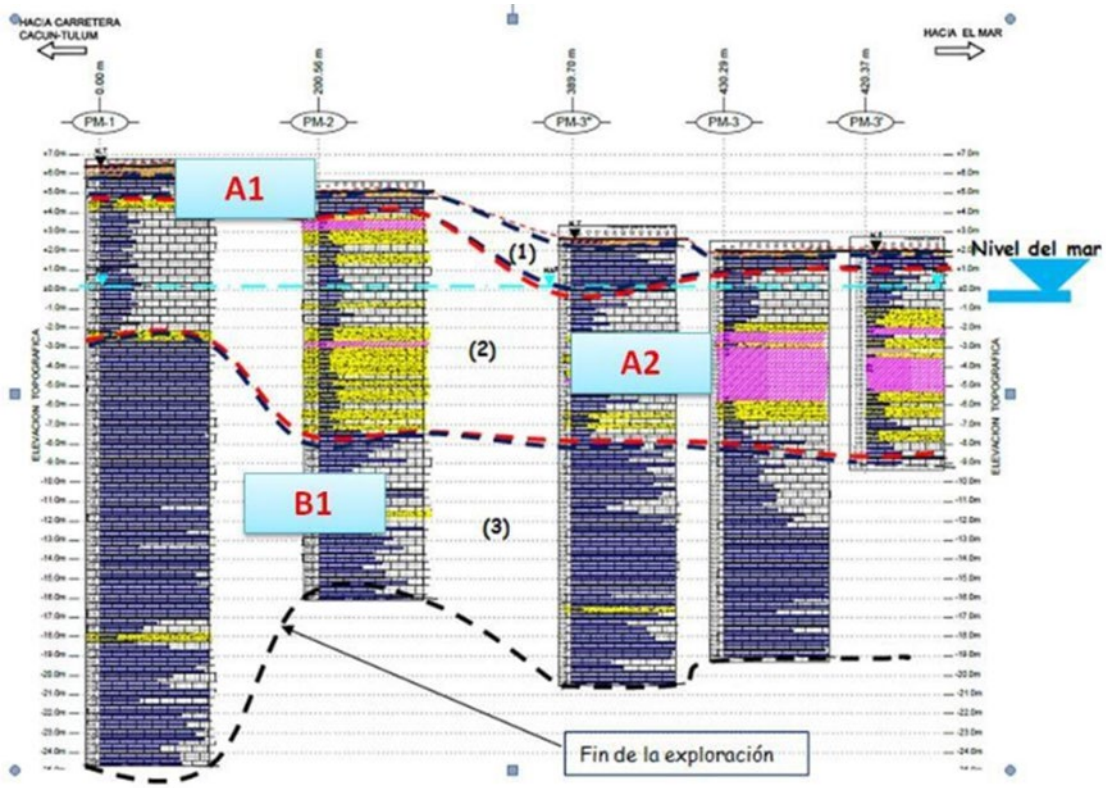


Imagen IV-10 Correlación litológica entre los sondeos perforados

El análisis geotécnico de los pozos exploratorios PM-3 y PM-3' reveló la presencia de cavidades a partir de los 2.85 metros de profundidad, extendiéndose hasta los 8.55 metros. En el pozo PM-4, las cavidades se encontraron a mayor profundidad y con un menor espesor.

En el pozo PM-1, el nivel del agua se encontró a una profundidad de 6.04 metros, siendo este el de mayor profundidad. En los pozos PM-3 y PM-3', el nivel del agua se ubicó a una menor profundidad, a 1.85 metros. De acuerdo con el plano topográfico, el nivel freático se encuentra aproximadamente en la cota +0.20. Sin embargo, es importante considerar que este nivel puede variar debido a la influencia de las mareas y las precipitaciones abundantes en la zona.

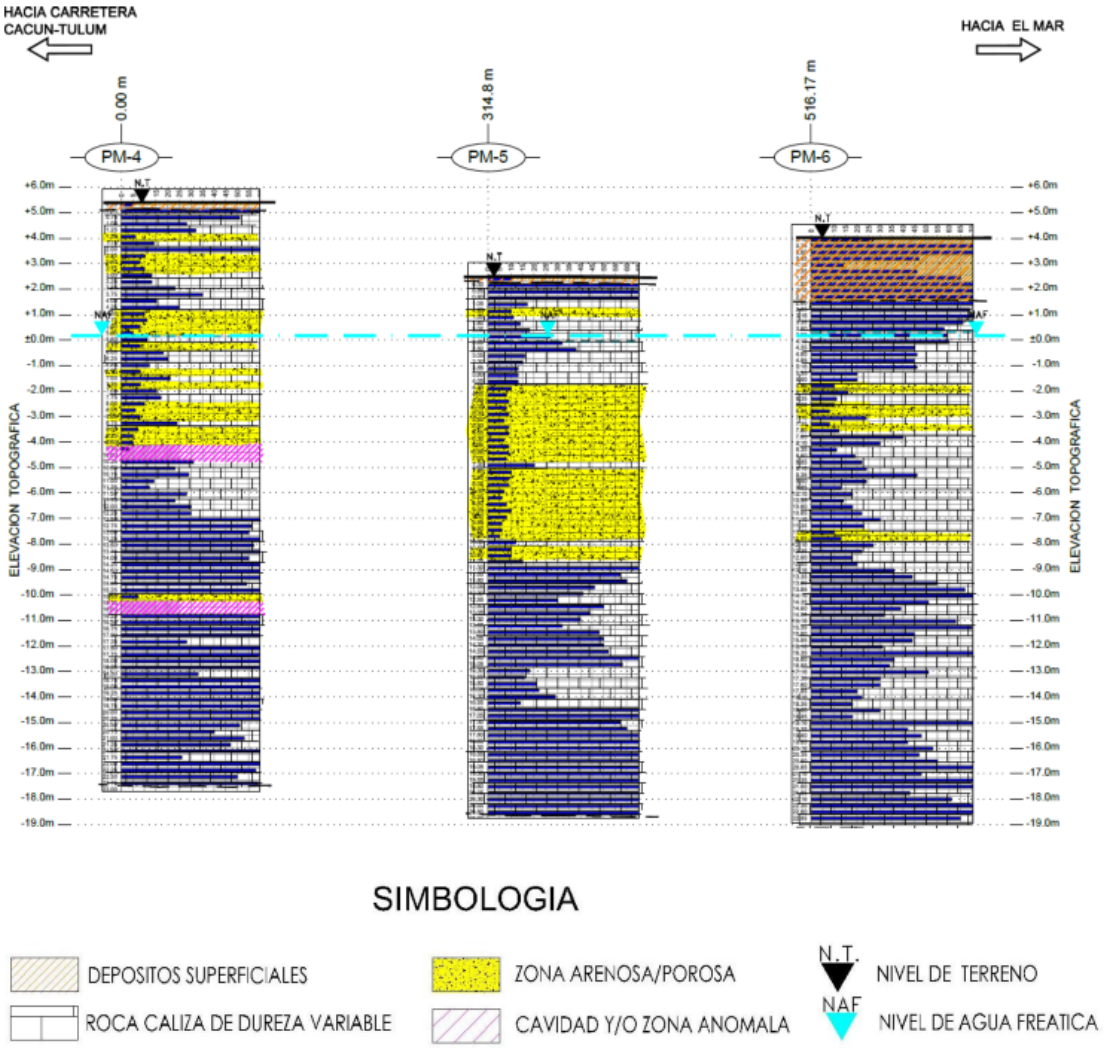


Imagen IV-11 Corte estratigráfico 2 generalizado obtenido con 3 perforaciones, en estos se indica la distancia a partir del pozo PM-4

- **Modelo hidrogeológico conceptual**

De acuerdo con Moore et al. (1992), en la zona costera norte de la Península de Yucatán se identifican dos tipos principales de sistemas de flujo en el acuífero costero:

- **Sistema en medios granulares:**

Formación: Rocas del Cuaternario (Pleistoceno-Holoceno).

Flujo del agua subterránea: A través de zonas porosas y pequeñas cavidades.

- **Sistema en fracturas y cavidades cársticas:**

Formación: Materiales del Terciario (Pre-pleistoceno, Formación Carrillo Puerto).

Flujo del agua subterránea: A través de fracturas y cavidades kársticas.

La columna de agua freática en la zona se divide en tres cuerpos principales:

Lente de agua dulce: Este cuerpo se encuentra en la parte superior y está formado por agua dulce proveniente de la infiltración de agua de lluvia y del flujo de agua dulce desde tierra adentro.

Zona de agua salobre: Debajo del lente de agua dulce se encuentra una zona de agua salobre. Esta zona se forma por la mezcla del agua dulce con el agua salada del mar que ingresa al acuífero a través de un proceso llamado intrusión marina.

Agua salada marina: En la parte más profunda de la columna de agua freática se encuentra el agua salada del mar.

La figura muestra la ubicación del predio en estudio, el cual se encuentra sobre la zona de agua salobre.

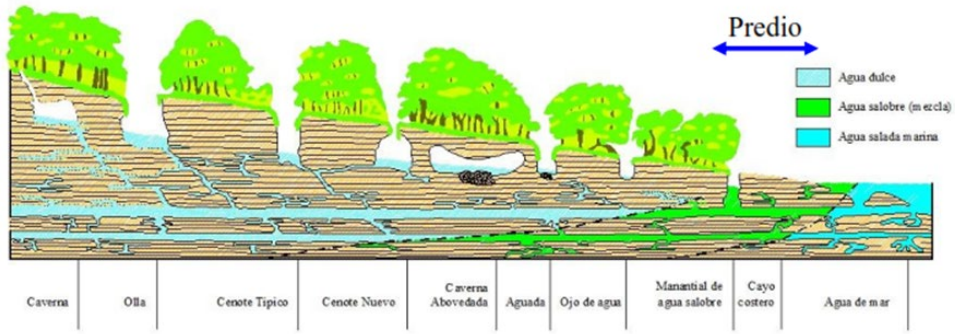


Imagen IV-12 Modelo conceptual hidrogeológico de los acuíferos cársticos costeros en la Península de Yucatán.

- **Flujo del agua subterránea:**

En el subsuelo, el agua recorre diversos caminos, guiados por la evolución del karst. La formación y desarrollo de este relieve kárstico está estrechamente vinculado a las variaciones del nivel del mar durante las últimas glaciaciones. Estos cambios en el nivel base del flujo generaron diferentes zonas de karstificación, favoreciendo un mayor desarrollo del karst en materiales más antiguos y a mayor profundidad.

- **Zonas de flujo preferencial y dispersión:**

En la zona costera de Quintana Roo, se observan estos sistemas preferenciales de flujo que generan grandes turbulencias. Estas turbulencias incrementan el proceso de dispersión hidrodinámica, aumentando el espesor de la zona de agua salobre, especialmente durante los períodos posteriores a las lluvias.

- **Variaciones del nivel del agua:**

Los cambios en el almacenamiento del acuífero provocan oscilaciones estacionales en los niveles del agua, con descensos durante el estiaje y ascensos en la temporada de lluvias. Estas oscilaciones, sin embargo, son de pequeña magnitud, del orden de centímetros. Por otro lado, la evapotranspiración, los cambios en la presión atmosférica y la influencia de las mareas en la zona costera propician fluctuaciones piezométricas diarias y estacionales.

- **Intrusión salina en acuíferos kársticos:**

En acuíferos kársticos como el de la Península de Yucatán, la posición del frente de intrusión de agua salada marina experimenta cambios temporales bajo la influencia de diversos factores, incluyendo patrones estacionales de recarga, movimiento de las mareas y fluctuaciones del nivel freático por bombeo, entre otros.

- **Distribución de los cuerpos de agua subterránea:**

Para ilustrar la distribución a profundidad de los cuerpos de agua subterránea en el predio de estudio, se incluyen en la siguiente figura los perfiles de conductividad eléctrica (CE) de 7 pozos.

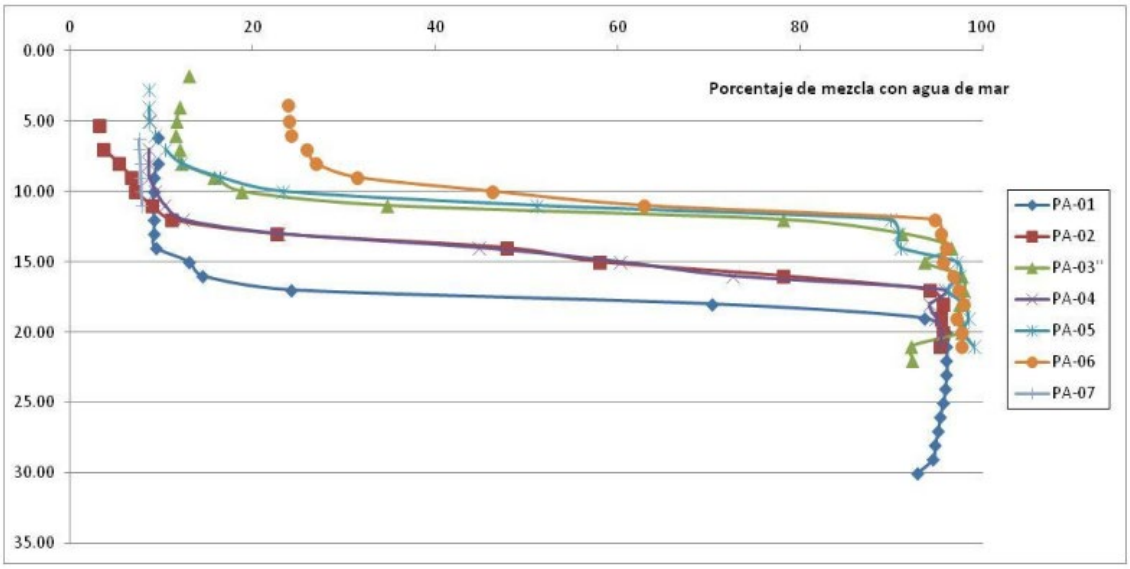


Imagen IV-13 Perfiles de salinidad en pozos dentro del predio

Las gráficas muestran la presencia de tres cuerpos de agua de diferente salinidad.

El cuerpo de agua dulce:

Porcentajes menores al 5% de agua de mezcla; es decir, con una conductividad eléctrica < 2,500 µS/cm (microsiemens/cm), solo se presenta en las porciones superiores del pozo (Pa02), entre 5.0 y 7.0 metros de profundidad, donde se tiene agua con conductividades menores a los 2,000 µS/cm.

El cuerpo de agua salobre:

Porcentajes entre 5 y 90% con conductividades eléctricas entre 2,500 y 45,000 microsiemens/cm, definido por la haloclina salina, de manera similar al agua dulce también disminuye su espesor hacia la franja costera; desde más de 20 m en el continente, a menos de 7 m en la costa.

Bajo el nivel freático y sobre la haloclina salina, por lo general se desarrolla a profundidad un cuerpo de agua de conductividad constante y de espesor variable (tanto la conductividad como su espesor es función de la distancia a la costa).

El cuerpo de agua salada:

Con porcentajes mayores al 90% de mezcla con conductividades mayores a 45,000 microsiemens/cm, se caracteriza por encontrarse a mayor profundidad conforme se adentra en el continente.

Profundidad del nivel estático

La profundidad del agua en la zona de estudio, se encuentra entre 6 y 0.5 m; los valores mayores a 4 metros se encuentran hacia la porción cercana a la carretera.

En la parte central el nivel del agua se encuentra entre 2 a 3 metros, y de ahí empieza a descender gradualmente hasta llegar a 0.5 metros que es la zona donde se ubica el Mangle, en el (mapa 3) se presenta dicha configuración.

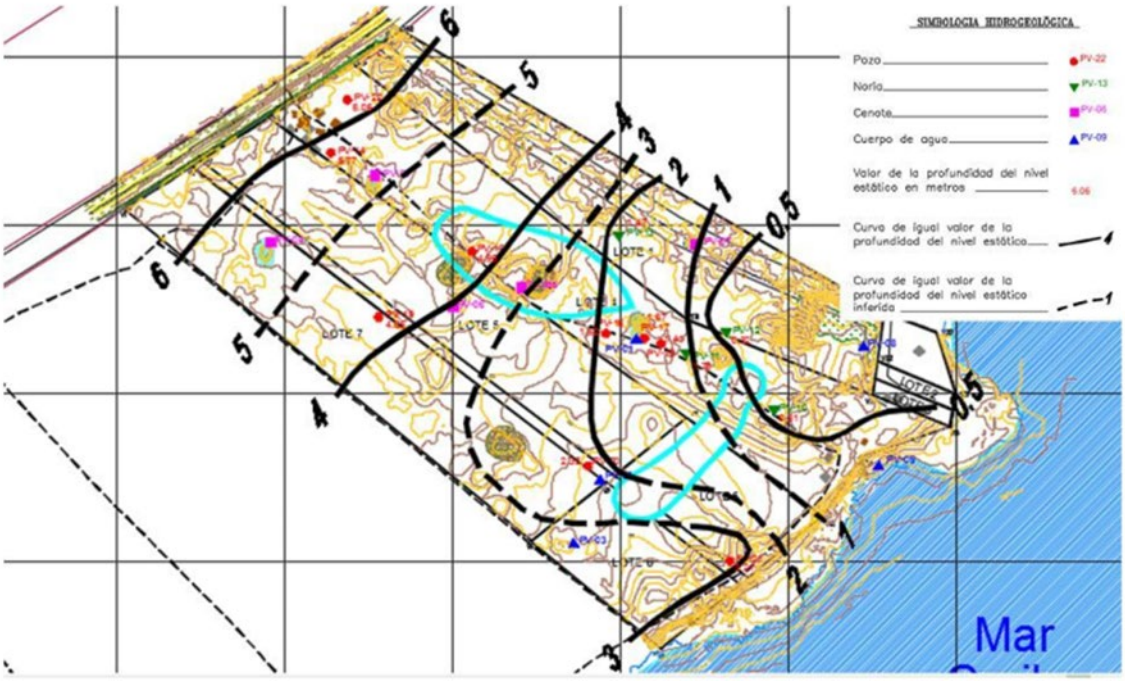


Imagen IV-14 Configuración de la profundidad del nivel estático (febrero 2021)

Se tiene en algunas norias niveles de 0.31 a 1.78 metro; sin embargo, la conductividad eléctrica es muy baja (1,000 µS/cm, en promedio), esto indica que se tiene un cuerpo de agua somero de agua dulce de reciente infiltración y separado del agua del acuífero regional; esto se presenta en los materiales arenosos y separados por materiales calichosos compactos.

La condición de norias se da por la manera de extraer el agua, estos materiales no dan lugar a explotarlos mediante pozos de gastos moderados, solo a través de extracción Manuel y/o bombas de muy bajo gasto.

5. Hidrología

- **Hidrología superficial.**

Como ocurre en casi toda la Península de Yucatán, la Cuenca no presenta corrientes superficiales debido a las características particulares de la roca que conforma el subsuelo, el cual permite alta infiltración del agua proveniente de la precipitación pluvial.

Tales condiciones, aunadas al escaso relieve del terreno generan valores bajos en el coeficiente de escurrimiento, de 0 a 20 % máximo. La mayor parte del terreno que se incluye en la subcuenca d, y por ende el predio en estudio, presenta un coeficiente de escurrimiento del 0 a 5%. Esta condición predomina en la porción continental pero también en aquellas áreas ubicadas en la franja costera. Sin embargo, en ésta última también se presentan algunas áreas cuyos rangos de escurrimiento varían de 5 a 10% y de 10 a 20%.

Las unidades de escurrimiento superficial que se reportan para la franja costera (con rangos de 5 a 10 % y de 10 a 20 %) corresponden a áreas sujetas a inundación. Se trata de pequeñas depresiones del terreno con sedimentos impermeables donde se forman las aguadas y humedales. Las aguadas son cuerpos de agua estacional, cuya formación dependen de la precipitación pluvial, por lo que se trata de cuerpos de agua superficial de tipo temporal.

El rango de escurrimiento de 0 a 5 % ocupa casi toda la porción continental de la Cuenca, en la cual no ocurren escurrimientos en sí, de igual manera; tal condición también se presenta en las zonas con rango de escurrimiento de 5 a 10 %, sin embargo, en esta última ocurren acumulaciones de agua con vegetación semidensa originadas por precipitaciones que van entre los 1,400 y 1,500 mm.

Finalmente, en las zonas que presentan un rango de escurrimiento de 10 a 20 % la cubierta vegetal varía de media a escasa y las precipitaciones van del orden de 1,500 mm. El relieve plano con muy poca elevación sobre el nivel del mar, que, aunado a la cercanía a este último, ocasiona que se relacionen también con la influencia de las mareas.

- **Hidrología subterránea**

Las aguas subterráneas en la subcuenca son de gran dureza y poca salinidad, presentan mantos acuíferos explotables aproximadamente entre los 5 y 10 Km. de distancia de la costa, la dirección inferida de los flujos de las aguas subterráneas son variables.

En la región pueden apreciarse afloramientos de estos grandes flujos y ríos subterráneos en las cercanías del litoral como es el caso del río subterráneo en los parques turísticos de Xcaret y Xel-ha, así como en las inmediaciones de Xpu-ha y Yalku, al sur o en las zonas de Xcalacoco y del parque turístico Tres Ríos al Norte.

Existen cuatro zonas geohidrológicas propuestas en la reglamentación del acuífero en el Estado de Quintana Roo, de las cuales, la Cuenca cubre parte de tres de ellas que son: Cerros y Valles, Cuencas Escalonadas y Planicie Interior, las cuales se describen en los siguientes apartados:

La zona geohidrológica Cerros y Valles, por su mayor elevación y relieve es la más compleja, está conformada por calizas y dolomías del Pleoceno y Eoceno con alto grado de fracturamiento y disolución; presenta una morfología de lomeríos alineados con una altura que va de 60 a 70 m respecto al terreno circundante y que en ocasiones rebasan los 200 msnm.

La dirección del flujo subterráneo de agua en esta zona es hacia el este y norte, el acuífero tiene un espesor medio de 80 m que disminuye en la misma dirección que el flujo al igual que la profundidad respecto a la superficie, que va de 50 a 100 m, y la elevación del nivel estático con respecto al msnm.

En cuanto a la zona Cuencas Escalonadas, se encuentra conformada por rocas calizas de un color blanco del Pleoceno, Mioceno (formación Estero Franco) y Terciario Superior con finas láminas de yeso, que en ocasiones se presentan semiconsolidadas y muy deleznables, llamadas localmente “sascab”. Se encuentran muy influenciadas por un sistema de fallas y fracturas que tienen una dirección preferente noreste-suroeste; que ocasiona que la roca presente un gran fracturamiento y que en la morfología de la zona se vea una serie de escalones orientados hacia esa misma dirección; además las rocas tienen una gran disolución que es característica de las calizas.

La dirección del flujo del agua subterránea es hacia el este, tiene una profundidad promedio del nivel estático entre 20 y 50 m, aunque cerca de las costas es hasta de un metro. El espesor medio del acuífero es de 50 m y la elevación del nivel medio estático va de los 20 m. hasta casi cero en las costas; presenta un abatimiento anual estacional insignificante de 6 cm.

Por su parte, la zona denominada Planicie Interior, se encuentra conformada de rocas calizas de origen marino pertenecientes a la formación Felipe Carrillo Puerto de edad Mioceno Superior-Plioceno, también se encuentran rocas del Terciario Superior. Las calizas presentes manifiestan gran fracturamiento, alta disolución y permeabilidad, por lo que constituyen un buen acuífero.

La dirección del flujo del agua subterránea es hacia el este en su parte media, al oeste cerca de Yucatán y al norte en los Municipios Lázaro Cárdenas e Isla Mujeres. La profundidad del nivel estático va de 20 a 50 m hacia su interior y disminuye a menos de un metro en las costas; tiene un espesor medio de 19 m y un abatimiento medio de 0.15 m en época seca del año. La calidad del agua es buena, excepto cerca de las costas donde se acumulan las sales.

El predio se ubica en la unidad geohidrológica con material consolidado con posibilidades altas, lo cual significa la permeabilidad del suelo permite la infiltración de grandes volúmenes de agua, que originan corrientes subterráneas de gran magnitud, las cuales fluyen hacia la costa siguiendo la escasa inclinación del terreno en dirección oeste-este, a través de cavernas y ríos subterráneos.

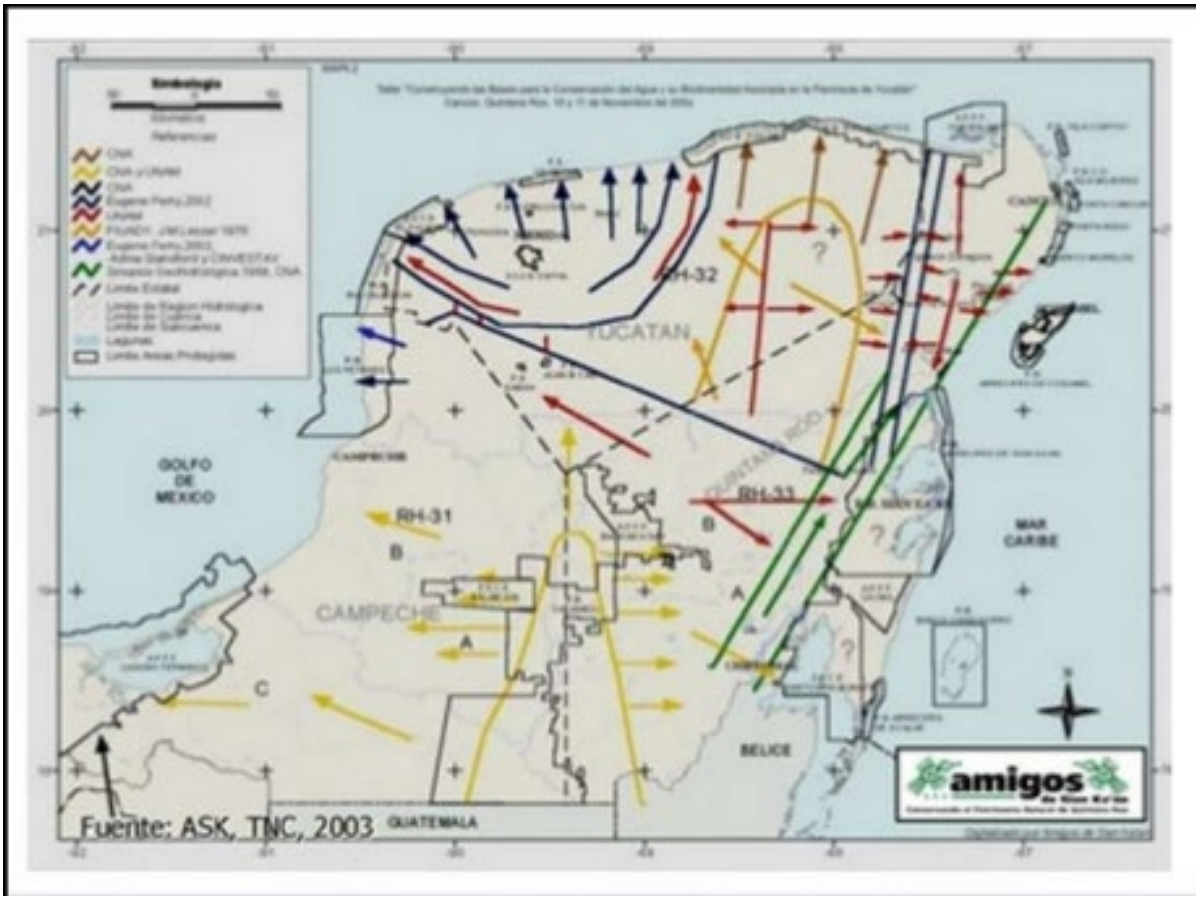


Imagen IV-15 Geohidrología y flujo del agua en el área del sistema ambiental y alrededor del Proyecto.

- **Análisis hidrológico**

Para el desarrollo del estudio hidrológico, se identificaron las estaciones de medición climatológica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ubicadas en la zona de interés. **Se obtuvo y analizó la estadística de lluvias máximas en 24 horas y en 60 minutos de la estación meteorológica** "Observatorio Cancún"**, la cual cuenta con registros históricos que satisfacen adecuadamente las necesidades del proyecto.**

- **Precipitaciones máximas.**

De acuerdo a la información estadística de precipitación, basada en la estación Cancún Observatorio, administrada por la CONAGUA, se dispone de 28 años de datos de lluvias máximas, por lo que resulta adecuada para el análisis estadístico y probabilístico de la precipitación en el sitio del proyecto.

Dicha estación climatológica reporta una precipitación máxima anual en 24 horas de 266.3 mm, en 2005, generada por el huracán WILMA, la cual se ilustra en la Figura 7.1 y tabla 7.1. Como referencia, en la estación Observatorio Cancún, se tiene una lluvia media anual de 1024.0 mm.

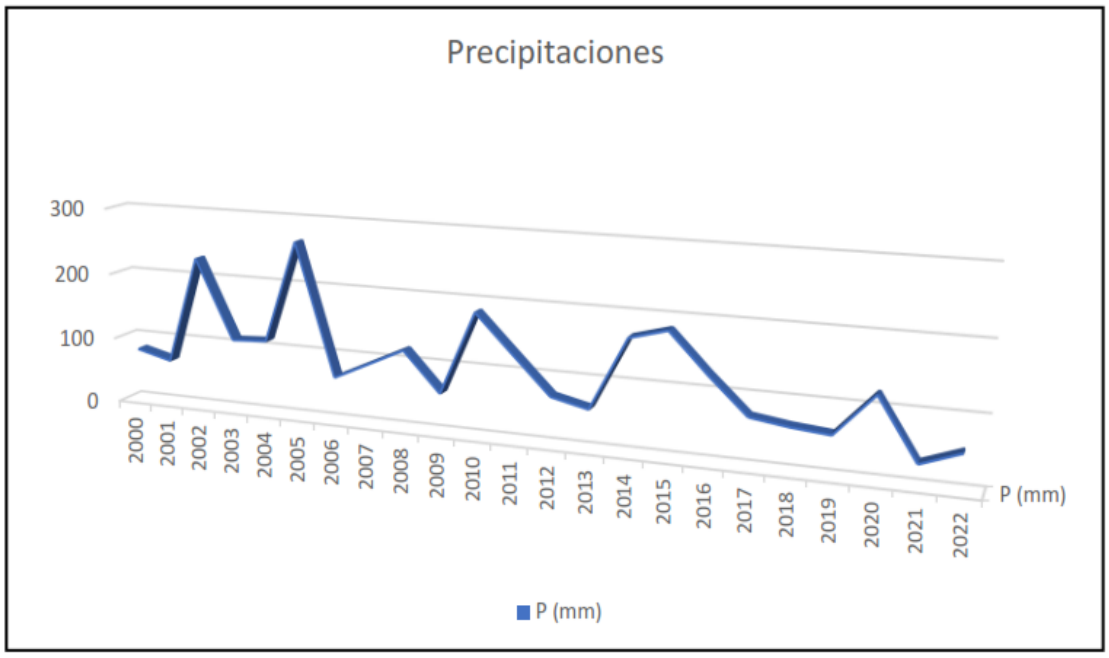


Imagen IV-16 Precipitación máxima

Tabla IV-5. Historico Precipitaciones.

Año	Lluvia Max (mm)	Año	Lluvia Max (mm)	Año	Lluvia Max (mm)	Año	Lluvia Max (mm)
1970	96.2	1982	48.3	1994	83.9	2011	67.8
1971	74.3	1983	92.7	1995	84.8	2012	93.5
1972	70.8	1984	139.7	1996	54.6	2013	119.2
1973	96.3	1985	50.3	1997	82.2	2014	60.1
1974	117.7	1986	59	1998	72	2015	184.5
1975	49.2	1987	47.5	1999	64.1	2016	128.3
1976	148.7	1988	99.1	2000	81	2017	72.9
1977	46.5	1989	43.1	2001	67.6	2018	64.6
1978	81.7	1990	49.8	2002	230.3	2019	60
1979	77.7	1991	162	2003	109.9	2020	266.4
1980	94	1992	134.3	2004	113.1	2021	32.9
1981	47.2	1993	148.8	2005	266.3	2022	54.1

- **Análisis probabilístico de lluvias máximas en 24 horas.**

Para el análisis de lluvias máximas en 24 horas, se utilizaron los registros de las precipitaciones máximas de la estación del Observatorio meteorológico de la ciudad de Cancún, Q. Roo., donde se utilizaron los métodos de ajuste a las Funciones, Normal, Lognormal, Gumbel, Doble Gumbel y Exponencial, para obtener valores ajustados representativos del comportamiento de las tormentas, determinados mediante una función probabilística que involucre un periodo de retorno.

Para determinar la función más conveniente, se busca entre las distintas Funciones de Distribución de Probabilidad, la que mejor se "Ajuste" a los datos medidos, y usar esta función para la extrapolación necesaria. La elección del mejor ajuste, se determina mediante la Prueba del Error Cuadrático en estimación, donde la función que presenta el menor error, corresponde al mejor ajuste respecto a los datos base de lluvias máximas en 24 horas de la estación seleccionada.

De los datos de las Tabla IV-5, se realizó el ajuste para diversas Funciones de Probabilidad, donde se calcularon los valores de las Lluvias Máximas en 24 horas para distintos periodos de retorno, calculándose también los errores cuadráticos en estimación o de ajuste, donde la Función Normal presenta el mayor Error de ajuste y la Función Doble Gumbel resulta el mejor ajuste.

En la Tabla IV-6, se presentan los resultados obtenidos para las diferentes funciones de probabilidad utilizadas y en la Figura IV-17, la función correspondiente al mejor ajuste.

Tabla IV-6 Ajuste de distribución de probabilidad PPM (mm)

Tr(Años)	AJUSTE DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD PPM (mm)				
	Normal	Gumbel	Doble Gumbel	LogNormal	Exponencial
2	86.36	80.14	76.95	79.08	74.73
5	118.27	113.64	107.89	112.59	109.47
10	134.95	135.83	137.02	135.43	135.75
20	148.73	157.11	165.52	157.75	162.03
50	164.23	184.65	197.36	187.29	196.77
100	174.57	205.29	219.50	210.00	223.05
200	184.03	225.86	240.98	233.18	249.34
500	195.49	252.99	268.97	264.74	284.08
1000	203.53	273.50	290.03	289.39	310.36
2000	211.12	293.99	311.07	314.78	336.64
5000	220.59	321.09	338.88	349.55	371.38
10000	227.37	341.58	359.93	376.82	397.66
Error Min. Cuadrados=	88.43	50.53	44.83	46.95	48.20

De acuerdo con los resultados anteriores, el menor error estándar de ajuste corresponde a la función de probabilidad Doble Gumbel.

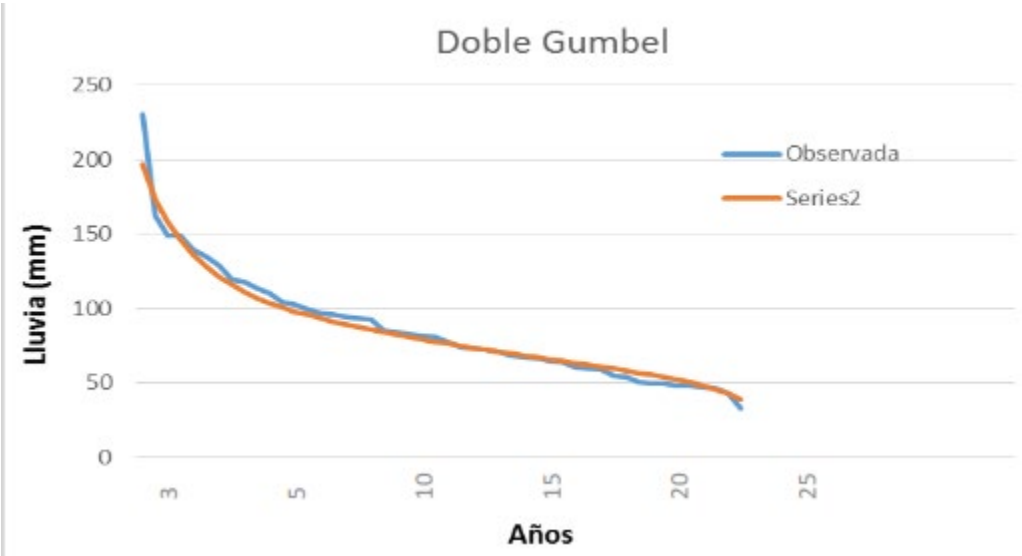


Imagen IV-17 Precipitación máxima

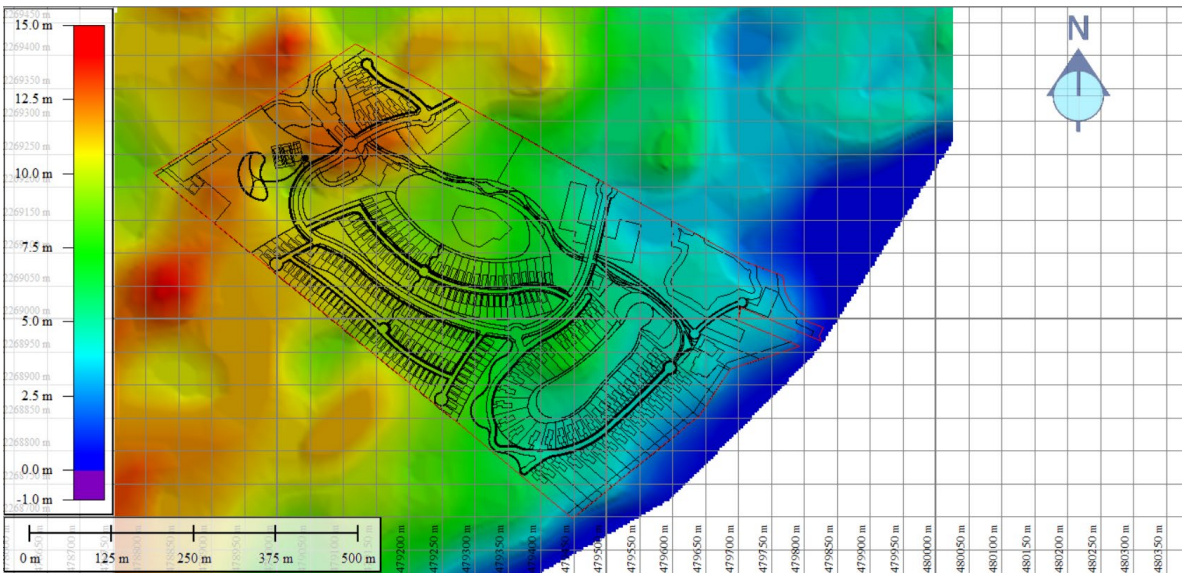
De acuerdo con los resultados de la Tabla IV-5, la precipitación máxima en 24 horas, generada por el huracán WILMA, corresponde a una tormenta de periodo de retorno entre 10 y 15 años del mejor ajuste, la cual corresponde a la máxima registrada en la estación de análisis.

Los valores de lluvia determinados para diferentes periodos de retorno son la base para determinar el escurrimiento en la cuenca de análisis para evaluar el riesgo de inundación en el sitio del proyecto. Sin embargo, debido a que en el estado de Quintana Roo, en general el relieve en su parte norte y centro es plano, con suelos delgados de tierra sobre un sustrato rocoso muy permeable de roca caliza; no existen ríos o arroyos que puedan afectar el predio en estudio, limitándose únicamente a recomendar la sobreelevación de los niveles del proyecto sobre el nivel del terreno y colindancias, basado en la topografía particular del sitio para la no afectación de riesgo de inundación.

6. Topografía, cenotes y cuevas

Se realizó un estudio topográfico que expuso la existencia de dos cenotes y dos cuevas secas por lo cual el proyecto fue modificado con el objeto de que no se realicen obras sobre ellos y se acaten los criterios de ordenamiento que exigen su protección.

El carácter topográfico del predio muestra una superficie irregular y primordialmente plana con una pendiente suave que va de la carretera hacia la costa. el estudio topográfico realizado exhibe que las obras que se solicitan no se encuentran en zonas inundables; las obras se realizarán en las porciones más elevadas del terreno encontrándose, en términos topográficos, a mayor elevación que el propio humedal como se muestra a continuación:



El modelo expuesto, realizado a partir de las curvas de nivel obtenidas, expone que, en caso de marejada asociada a lluvia torrencial equiparable a la asociada al huracán Wilma en octubre de 2005 donde se registró una precipitación de 314.3 mm, ocasionando que las cargas hidráulicas del acuífero ascendieran 1.5 m, se tendrían inundaciones principalmente en la cuenca del manglar y en el frente costero con poco probables afectaciones al Club de Playa o Club de Lago tomándose en consideración la permeabilidad del suelo con valor k = 10-8 cm/S.

Es necesario aclarar que las áreas con potencial de inundación del predio corresponden a bajos topográficos y no de zonas inundables en las que se presente un humedal costero el cual se tiene claramente delimitado en el área de conservación del manglar.

Respecto a los pavimentos, es pertinente indicar que el proyecto considera que, con el objeto de maximizar el traslado del agua pluvial al subsuelo, se opta por pavimento permeable en todas las vialidades y andadores.

Este criterio de diseño obedece a dar atención a las externalidades asociadas al manejo y preservación del agua, además de contar con la resistencia deseada atendiendo a la vez criterios de sustentabilidad ambiental en materia de construcción de infraestructura, en particular los relacionados con la conservación, el aprovechamiento y manejo de las aguas de lluvia.

IV.5 MEDIO BIÓTICO.

1. Flora del sistema ambiental.

Con base a la información de acuerdo con el conjunto de datos vectoriales de la capa de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI del INEGI (2016), el sistema ambiental en cuestión está conformado en un 92.48% de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, seguido de uso turístico suburbano en un 10.793% (sin vegetación aparente) y manglar en un 2.277% (plano IV.5).
De acuerdo con esta información se podría considerar que la vegetación natural de la UGA ha sido impactada en algún tiempo atrás por el humano, por tal motivo se considera que esta se encuentra en algún estado de recuperación. Por otro lado, al consultar la información del INEGI con relación a las áreas geoestadísticas urbanas (2010), observamos una imprecisión en la extensión ocupada por el tipo de uso urbano. Sin embargo, de acuerdo con la verificación de campo y la interpretación de imágenes de satélite, se pudo determinar que en este sistema ambiental se presentan tres tipos predominantes de vegetación: (1) la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, (2) la vegetación de manglar en zona de humedal costero y (3) la vegetación de duna costera sobre sustrato arenoso hacia el Mar Caribe. Entre

estos tipos de vegetación se aprecian pequeñas franjas de vegetación con predominancia herbácea que constituyen el ecotono y donde en algunos sitios pueden observarse algunos ejemplares de ambos tipos de vegetación.

- **Identificación del ecosistema según la clasificación del INEGI.**

En Quintana Roo, la riqueza de ecosistemas está presente a través de toda su geografía, siendo los de tipo selvático los dominantes. Estos bosques tropicales usualmente presentan una estructura compleja que se manifiesta en la distribución de especies en distintos estratos. Los elementos arbóreos manifiestan amplias copas, mismas que al entremezclarse unas con otras llegan a integrar un paisaje sumamente denso. Esta intrincada relación hace que el aprovechamiento de las especies, o la caída natural de los árboles sean eventos masivamente destructivos.

El valor de la vegetación en el estado no solamente está representado en las selvas, sino también en los ecosistemas costeros, en los que se manifiesta una vegetación que alcanza una menor altura y que están representados por una serie de ecosistemas en donde se ve claramente la influencia de la línea litoral. De esta manera, se da lugar a la vegetación de duna costera, selva baja y los manglares, que son zonas de exuberante belleza donde se desarrolla el motor económico de la región, y actividades turísticas.

Miranda (1958), señaló que en Quintana Roo se distribuían tres importantes tipos de vegetación. Asimismo, se menciona que estas comunidades vegetales fueron definidas como agrupaciones primarias óptimas; es decir, correspondientes con grandes áreas cubiertas de vegetación natural cuya característica primordial es que no estaban sujetas a la modificación por las actividades humanas. La distribución de la vegetación del Estado fue representada mediante un plano general, en donde se señaló a la Selva Alta (o Mediana) Subperennifolia como aquella de más amplia distribución, ya que se extendía en prácticamente el 90 % de la superficie estatal. Comprende desde la zona muy al norte de Puerto Juárez, y se extiende hacia el Sur incursionando dentro del territorio de los países de Guatemala y Belice.
El tipo de vegetación predominante que se reporta para la unidad de análisis del sistema ambiental de este Proyecto, de acuerdo con la Carta de Vegetación y Uso del Suelo, Serie VI del INEGI corresponde con las características de la vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia (plano IV.5). Se identifica una condición en este sistema ambiental: la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia (VSA/SMQ) que ocupa una superficie de 164.489 hectáreas (92.48% de la unidad de análisis del sistema ambiental), así mismo tiene una porción de 2.277 hectáreas de vegetación de manglar mixto equivalentes a 1.46% del total del sistema ambiental. Este polígono tiene una superficie total de 177.859 hectáreas que rodean el predio y corresponde al área donde se prevén los efectos directos de este Proyecto. Los asentamientos humanos ocupan la mínima parte de la unidad de análisis del sistema ambiental aportando el 6.06%.

Tabla IV-7 Superficie y uso de suelo y vegetación que prevalecen en la unidad de análisis del sistema ambiental.

CLAVE	Condición de la vegetación y uso de suelo	Hectáreas	Porcentaje
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbórea de selva mediana en recuperación	164.489	92.48
VM	Vegetación de manglar	2.277	1.46
DV	Sin vegetación aparente	10.793	6.06
Total		**177.859**	**100**

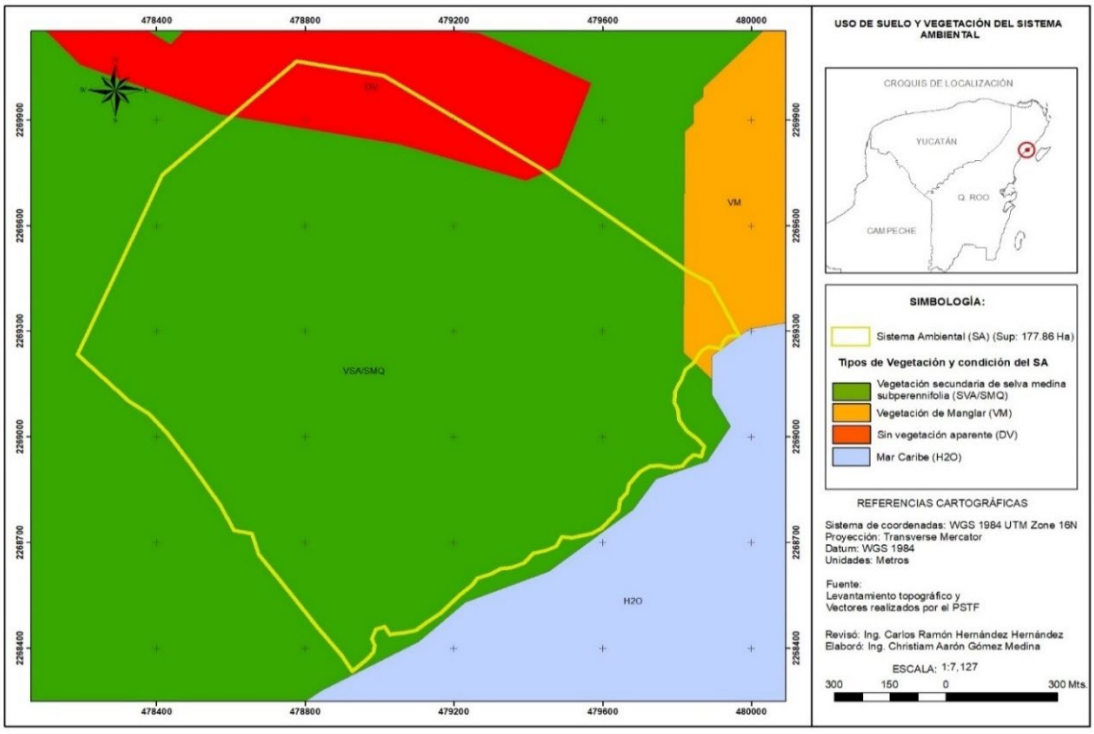


Imagen IV-18 Ubicación del predio, delimitación del área de influencia y descripción del sistema ambiental como la unidad de análisis en el plano de la serie VI del INEGI.

Aunque la carta Uso de Suelo y Vegetación de INEGI (2016) solo identifica dos tipos de vegetación dentro del SA, estudios más específicos del área, de acuerdo con los recorridos de campo y el muestreo indican que la condición más real del sistema ambiental es la de una Vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia, vegetación de manglar, vegetación de duna costera y áreas sin vegetación aparente (desarrollos turísticos urbanos).

- **Tipo de vegetación.**

<u>Descripción del tipo de vegetación dentro del área de influencia del predio (cuantificación de superficie y porcentaje).</u>

Vegetación de Selva Mediana Subperennifolia. En la selva mediana subperennifolia del norte de Quintana Roo predominan los rodales con vegetación secundaria arbustiva, en menor proporción se presentan parches con dominancia arbórea. Esta vegetación presenta una amplia distribución formando extensos macizos con distintos estados de desarrollo y conservación que colindan con los otros tipos de vegetación. En el sotobosque de esta comunidad son comunes las especies de palmas, trepadoras y epifitas. Este tipo de vegetación ha sido severamente afectado y de manera recurrente por huracanes, incendios forestales y actividades antropogénicas.

Según Miranda y Hernández X. (1963); en la selva mediana subperennifolia madura entre el 25 % y el 50 % de los árboles dominantes pierden sus hojas durante la época de sequía. Según la clasificación de alturas de INEGI, la selva mediana presenta una altura de más de 15 m y menor que 30 m. En este tipo de selva se distinguen tres estratos arbóreos de 4 a 12 m, de 12 a 20 m y de 22 a 25 m de altura total. En condiciones de una vegetación madura, entre las especies dominantes del dosel destacan el chicozapote (*Manilkara zapota*), ramón (*Brosimum alicastrum*), huaya (*Talisia olivaeformis*), zapotillo (*Pouteria reticulata*) y yaité (*Gymnanthes lucida*). Mientras que, entre las especies más abundantes en la vegetación secundaria, destacan la chaca (Bursera simaruba), chechén (*Metopium brownei*), tsalan (*Lysiloma latisiliquum*) y sacchaca (*Dendropanax arboreus*). En el sotobosque son comunes las palmas xiat (*Chamaedorea seifrizii*), chit (*Thrinax radiata*) y huano (*Sabal japa*).

Vegetación Secundaria de Selva. Algunos autores como Flores y Espejel (1994), coinciden en señalar que la vegetación primaria o agrupaciones óptimas que fueron descritas para la región a mediados del siglo XX han desaparecido (Miranda, 1958). De tal manera que su lugar ha sido tomado por la vegetación con desarrollo secundario. Por lo tanto, dentro de la unidad de análisis del sistema ambiental se distribuyen extensas zonas en donde la vegetación natural de selva (en su nivel más alto), ha sido reemplazada por áreas de vegetación alterada y en distintos grados de recuperación, la cual en la gran mayoría de los casos alcanza alturas entre los 2 y 10 m y en donde sobresalen especies arbóreas solitarias o en conjuntos más diversos de dimensiones de escasas a regulares. La composición florística es semejante a la de una vegetación conservada de selva mediana, solamente que la estructura horizontal y vertical se encuentra completamente modificada.

Las causas que han afectado a la vegetación son variadas y pueden ser atribuidas a fenómenos naturales como son: el impacto de huracanes y la presencia de incendios. Además de las acciones de uso del suelo con fines agropecuarios como son las acciones de desmote bajo el sistema tradicional de Rosa-Tumba-Quema una práctica milenaria en la región, el aprovechamiento furtivo de la madera, el cual se realiza sin ninguna tecnificación, a no ser el empleo de la motosierra para la tumba de los árboles y para su aserrío. Así como el propio desarrollo urbano.

Dentro de esta zona en mayor abundancia dominan individuos de tallas bajas como: *Bursera simaruba* (chaka roja), *Drypetes lateriflora* (kekenche), *Guettarda combsii* (tastab), *Lysiloma latisiliquum* (tzalam), *Nectandra coriacea* (laurelillo), *Piscidia piscipula* (habin), *Sabal yapa* (huano), entre otras. Estas especies alcanzan alturas entre los 4 y 12 m.

Los arbustos que integran una inmensa mayoría de los elementos de esta vegetación se intercalan entre las especies de árboles y le dan a la comunidad un carácter de impenetrable y una alta densidad de individuos. Estas especies alcanzan las alturas referidas (de 4 a 10 m). Algunas especies de este estrato son; *Casearia corymbosa* (isinche), *Cupania glabra* (palo chachalaco), *Hampea trilobata* (mahahua), *Malvaviscus arboreus* (tulipancillo), *Psychotria nervosa*, *Pithecellobium stevensonii* (cacaoche), entre otras.

Además se debe considerar que dentro de toda esta zona se distribuyen especies estrictamente secundarias dentro de las cuales sobresalen: el helecho *Pteridium aquilimum* el cual alcanza una cobertura de 100 % en terreno incendiados; *Viguiera dentata* (tajonal) y *Trema micrantha* (pixoy) propias de orillas de caminos y terrenos abandonados; *Acacia collinsii* (cornezuelo), *Acacia gaumeri* (katzim), *Carica papaya* (papaya cimarrona), *Cecropia peltata* (guarumbo), Colubrina greggii (pixoy), *Hamelia patens* (xcanan), todas ellas ampliamente distribuidas en acahuales jóvenes; *Guazuma ulmifolia* (guazima), propia de potreros.

Duna Costera (DC). De acuerdo con la guía de interpretación de la cartografía de uso del suelo y vegetación de la serie VI emitida por el INEGI 2016. Esta comunidad vegetal se establece a lo largo de las costas, se encuentra distribuido en franjas de entre 30 y 100 m de ancho, dentro de esta vegetación se puede observar dos tipos de asociaciones las cuales se distinguen de acuerdo a la dominancia de especies herbáceas, arbustivas y/o arbóreas.

En el predio del Proyecto se puede observar especies herbáceas y rastreras tolerantes a la elevada salinidad prácticamente sin espinas, las especies más representativas de esta zona son: turnefortia (*Tournefortia gnaphalodes*), frijol de playa (Canavalia rosea), verdolaga (*Sesuvium portulacastrum*), lirio de mar, (*Hymenocallis americana*) entre otros, de las especies arbustivas tenemos la uva de mar (*Coccoloba uvifera*), el Icaco (*Chrysobalanus icaco*), y el Siricote de playa (*Cordia sebestena*), y desde luego el elemento importante el cual se encuentra distribuido en la superficie que es el Chit (*Thrinax radiata*) y que en esta zona las alturas son menores de un metro y pocos pueden observarse sobresalir de la de la vegetación.

En general las zonas de dunas están expuestas a fenómenos naturales como son las tormentas y huracanes, a los cambios sistemáticos en el nivel de la marea, etc. Los cuales azotan con toda su intensidad depositando sedimentos o causando procesos de erosión, factores que finalmente dan forma al litoral.

De forma particular este tipo de vegetación dado a la naturaleza de los constantes vientos en la zona se desarrollan en forma rastrera. Así mismo de conformidad con el plano de caracterización esta zona cubre una superficie de 23,770.024 m^2. El diseño del Proyecto consideró la protección del primer cordón de dunas de tal forma que no se establezca ningún tipo de infraestructura en dicha área para evitar que pierda su efectividad como protección contra olas y vientos.

Manglar (VM). Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m, pudiendo alcanzar hasta los 30 m. Una característica que presenta los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófitas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá el uso más importante que presenta el manglar es el alberge de muchas especies de invertebrados como los moluscos y crustáceos, destacando el camarón y el ostión cuyo valor alimenticio y económico es alto.

Aun cuando los manglares tienen muchos usos reconocidos, en esta zona no existen aprovechamientos autorizados. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción. Pero quizá la función más importante que presenta el manglar es el albergue de muchas especies de fauna en particular de invertebrados como los moluscos y crustáceos. Los tipos de manglares comunes en esta zona son:

- Manglares de franja: Pantano presente en los cayos y en los bordes de laguna costera, con comúnmente de 2 a 4 metros de altura. Sus componentes típicos son; el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), en este orden de resistencia a la salinidad del agua.

- Manglar chaparro: Esta formación de *Rhizophora mangle*, es junto con el pantano de zacates. Tiene alrededor de 2 m de altura (porque los nutrientes no pueden ser absorbidos por la abundancia de carbonato de calcio) y cubre grandes extensiones de áreas interiores bajas que en época seca posiblemente concentren sales.

Sin Vegetación Aparente. - Las zonas urbanas y los asentamientos humanos generan las alteraciones más severas a los ecosistemas naturales, así como alto riesgo de contaminación del acuífero y de los cuerpos de agua. También se observan otras áreas sin vegetación aparente

como los caminos y carreteras, los bancos de materiales pétreos, entre otras áreas desmontadas de menor extensión.

- **Composición florística dentro del SA.**

Con el objetivo de conocer de primera mano la composición florística presente dentro del SA delimitado para el presente Proyecto, se llevó a cabo un muestreo dentro del mismo. Se realizaron 4 sitios, cuyas coordenadas UTM WGS84 (Región 16N) se muestran en la Tabla IV.3, y su ubicación geográfica dentro del SA se muestra en el plano IV.6.

Para obtener datos cuantitativos sobre la vegetación en la unidad de análisis del sistema ambiental que permitan comparar los valores y características de la vegetación con las del área sujeta a cambio de uso de suelo; se realizaron estimaciones de la flora mediante 4 sitios de muestreo dentro de la unidad de análisis del sistema ambiental cerca del predio en estudio en donde se desarrolla la vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia y vegetación de duna costera, lo anterior con la intención de obtener valores de densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, el valor de importancia y Índice de Shannon-Wiener (riqueza de especies y la distribución de los individuos entre las especies) del sistema ambiental, todo lo anterior para compararlos con los valores obtenidos en el área sujeta a cambio de uso de suelo.

De la misma manera como se realiza la caracterización del predio, las unidades de muestreo consistieron en sitios circulares con subunidades concéntricos de diferentes dimensiones. Tomando en cuenta las características de la vegetación existente en el predio en donde se desarrollan e interactúan arbolado adulto, juveniles, delgados, arbustos y plantas herbáceas, el tamaño de cada unidad de muestreo consistió en una unidad de 500 m^2, con subunidades concéntricos de 100 m^2 y 5 m^2, la forma del muestreo fue iniciando dirección norte y siguiendo el sentido de las manecillas del reloj.

Los 4 sitios de muestreo de 500 m^2 que se establecieron para medir la riqueza de la unidad de análisis del sistema ambiental se realizaron fuera del área de afectación y se presentan en la siguiente tabla, donde se expresan sus coordenadas de ubicación de los sitios de muestreo dentro del sistema ambiental de análisis para este Proyecto.

Tabla IV-8 Coordenadas en UTM de los sitios de muestreo empleados durante el levantamiento de datos en campo en el Sistema de la unidad de análisis ambiental. DATUM: WGS-84, México.

Núm. Sitio	Coordenadas UTM (WGS-84)		
	X	Y	Vegetación
1	479339	2268651	Duna costera
2	479209	2268783	VSA/SMQ
3	478949	2269004	
4	478817	2269119	

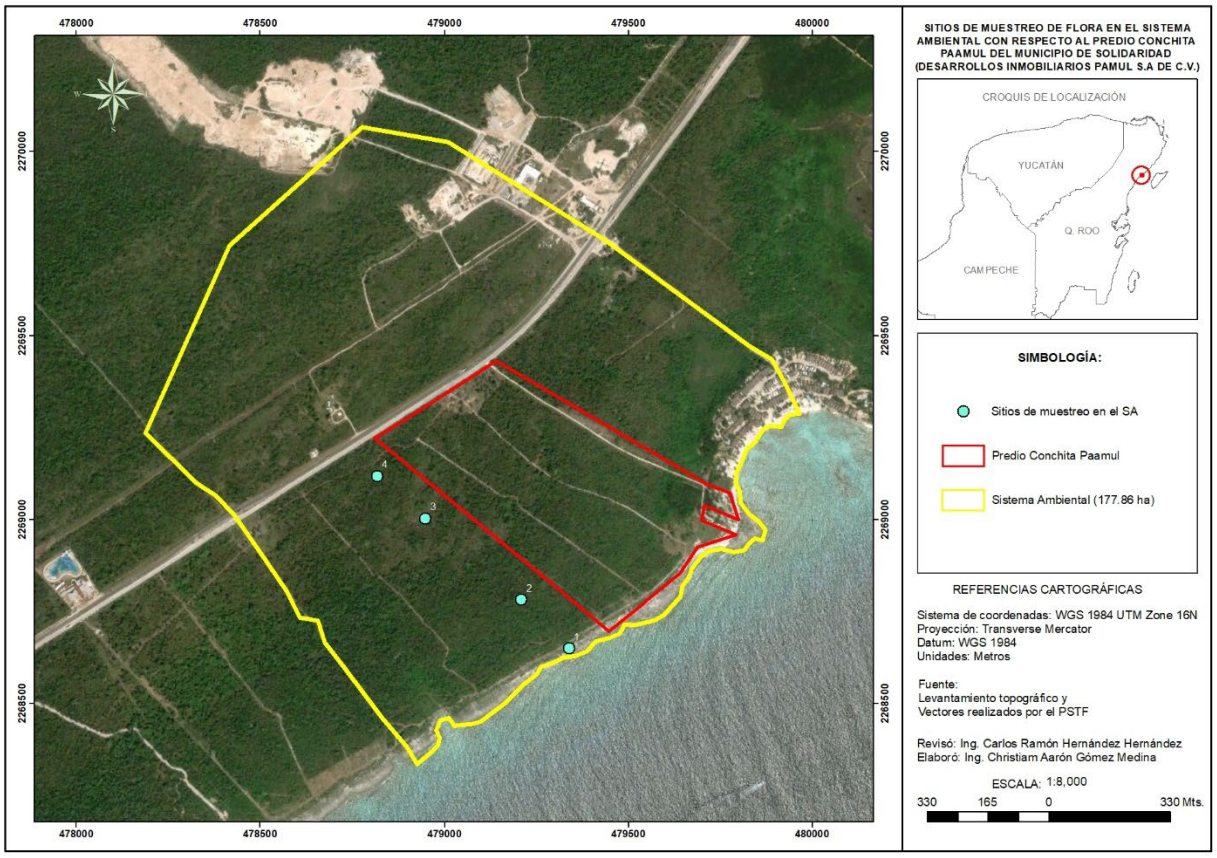


Imagen IV-19 Distribución espacial de los sitios de muestreo para la diversidad de flora en el sistema de la unidad de análisis ambiental.

Para la determinación de las especies presentes en el sitio a estudiar, fueron consultados entre otros: los manuales y claves de identificación existentes en la Flora de Yucatán (Standley, 1930); La lista florística de Quintana Roo (Sousa y Cabrera, 1983); el listado de Etnoflora Yucatanense (Sosa, et. al. 1984), y Arboles Tropicales de México (Pennington y Sarukhán, 2005).

La distribución de la flora en el sistema ambiental responde a un patrón determinado, en primera instancia por las comunidades vegetales que le dan sustento y por las variables climáticas de la región.

El listado florístico del sistema ambiental se obtuvo de los recorridos realizados en las distintas partes del sistema ambiental a través de caminatas para identificar las especies de flora y de los sitios de muestreo realizados dentro del mismo, en donde se identificó un elevado número de especies vegetales, y por lo consiguiente una buena riqueza florística, las cuales se pueden observar en las siguientes tablas.

En total se identificaron 46 especies de plantas, de las cuales 32 especies son árboles, 9 especies son arbustivas, arborescentes, 2 son herbáceas y 3 especie rastreras y trepadoras. Estas especies se encuentran agrupadas en 24 familias, de la cual las leguminosas son las más abundantes con 8 especies identificadas.

Tabla IV-9 Riqueza florística registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección.

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FORMA DE VIDA	PROTECCIÓN
APOCYNACEAE	Akitz	*Thevetia gaumeri*	Árbol	-
BORAGINACEAE	Bojon	*Cordia alliodora*	Árbol	-
FABACEAE	Box catzin	*Senegalia gaumeri*	Árbol	-
BURSERACEAE	Chacah	*Bursera simaruba*	Árbol	-
APOCYNACEAE	Chacniche	*Plumeria rubra*	Árbol	-
FABACEAE	Chacte viga	*Caesalpinia platyloba*	Árbol	-
FLACOURTIACEAE	Chauche	*Laetia thamnia*	Árbol	-
ANACARDIACEAE	Chechem	*Metopium brownei*	Árbol	-
RHAMNACEAE	Chintoc	*Krugiodendrum ferreum*	Árbol	-
BORAGINACEAE	Ciricote	*Cordia dodecandra*	Árbol	-
POLYGONACEAE	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	Árbol	-
PUTRANJIVACEAE	Eculeb	*Drypetes lateriflora*	Árbol	-
APOCYNACEAE	Flor de mayo	*Plumeria obtusa*	Árbol	-
LEGUMINOSAE	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	Árbol	-
SAPINDACEAE	Huaya	*Talisia olivaeformis*	Árbol	-
AKANIACEAE	Ik bach	*Akania belizensis*	Arbusto	-
FABACEAE	Jabin	*Piscidia piscipula*	Árbol	-
FABACEAE	Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Árbol	-
SAPINDACEAE	Kanchunup	*Thouinia paucidantata*	Arbusto	-
SAPOTACEAE	Kaniste	*Pouteria campechiana*	Árbol	-

FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FORMA DE VIDA	PROTECCIÓN
POLYGONACEAE	Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	Arbusto	-
RUTACEAE	Kekenche	*Esembeckia pentaphylla*	Árbol	-
RUBIACEAE	Kibche	*Guettarda gaumeri*	Árbol	-
RHAMNACEAE	Lunche	*Karwinskia humboldtiana*	Árbol	-
MALVACEAE	Majahua	*Hampea trilobata*	Arbusto	-
MALVACEAE	Piim	*Ceiba aesculifolia*	Árbol	-
LAMIACEAE	Pukin	*Callicarpa acuminata*	Arbusto	-
MORACEAE	Sac away	*Ficus obtusifolia*	Árbol	-
APOCYNACEAE	Sac chechem	*Cameraria latifoliada*	Árbol	-
RUTACEAE	Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	Árbol	-
EBENACEAE	Silil	*Diospyros tetrasperma*	Árbol	-
MALPIGHIACEAE	Sipche	*Bunchosia glandulosa*	Arbusto	-
FABACEAE	Subin tul	*Albizia tomentosa*	Árbol	-
NYCTAGINACEAE	Tadzi	*Neea psychotroides*	Árbol	-
SP.	Tajteyuc	*Spp.*	Arbusto	-
FABACEAE	Takiche	*Caesalpinia yucatanensis*	Árbol	-
FABACEAE	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Árbol	-
MALPIGHIACEAE	Wayate	*Malpighia emarginata*	Arbusto	-
LAMIACEAE	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Árbol	-
SAPOTACEAE	Zapote	*Manilkara zapota*	Árbol	-
VITACEAE	Ta'ab Kanil	*Cissus gossypiifolia*	Trepadora	-
MALVACEAE	Tulipán	*Malvaviscus arboreus*	Arbustiva	-
RUBIACEAE	Café de monte	*Psychotria nervosa*	Herbácea	-
RUBIACEAE	X-yax K'anan	*Psychotria pubescens*	Herbácea	-
SMILACACEAE	Ts'ay Keej	*Smilax mollis*	Trepadora	-
SAPINDACEAE	P'aak ak'	*Cardiospermum halicacabum*	Trepadora	-

- **Análisis del ecosistema conformado por vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.**

  - **Estrato arbóreo.**

Para el estrato arbóreo se identificaron 23 especies que corresponden a 15 familias de las cuales, Fabaceaes están representadas en 7 especies, es decir, el 26.8% de las especies están ubicadas en dicha familia botánica. La familia Boraginaceae contribuye con 2 especies al igual que las Sapotaceaes y el restante de las especies está distribuidas en 12 familias.

Tabla IV-10 Riqueza florística estrato arbóreo registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección.

REGISTRO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FORMA DE VIDA
1	APOCYNACEAE	Akitz	*Thevetia gaumeri*	Árbol
2	BORAGINACEAE	Bojon	*Cordia alliodora*	Árbol
3	FABACEAE	Box catzin	*Senegalia gaumeri*	Árbol
4	BURSERACEAE	Chacah	*Bursera simaruba*	Árbol
5	FABACEAE	Chacte viga	*Caesalpinia platyloba*	Árbol
6	ANACARDIACEAE	Chechem	*Metopium brownei*	Árbol
7	RHAMNACEAE	Chin toc	*Krugiodendrum ferreum*	Árbol
8	BORAGINACEAE	Ciricote	*Cordia dodecandra*	Árbol
9	LEGUMINOSAE	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	Árbol
10	FABACEAE	Jabin	*Piscidia piscipula*	Árbol
11	FABACEAE	Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	Árbol
12	SAPOTACEAE	Kaniste	*Pouteria campechiana*	Árbol
13	POLYGONACEAE	Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	Arbusto
14	RUBIACEAE	Kibche	*Guettarda gaumeri*	Árbol
15	MALVACEAE	Piim	*Ceiba aesculifolia*	Árbol
16	MORACEAE	Sac away	*Ficus obtusifolia*	Árbol
17	FABACEAE	Subin tul	*Albizia tomentosa*	Árbol
18	NYCTAGINACEAE	Tadzi	*Neea psychotroides*	Árbol
19	FABACEAE	Takiche	*Caesalpinia yucatanensis*	Árbol
20	FABACEAE	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	Árbol
21	MALPIGHIACEAE	Wayate	*Malpighia emarginata*	Arbusto
22	LAMIACEAE	Yaxnic	*Vitex gaumeri*	Árbol
23	SAPOTACEAE	Zapote	*Manilkara zapota*	Árbol

FAMILIA	ESPECIES	%
APOCYNACEAE	1	4.35
BORAGINACEAE	2	8.70
FABACEAE	7	30.43
BURSERACEAE	1	4.35
ANACARDIACEAE	1	4.35
RHAMNACEAE	1	4.35
LEGUMINOSAE	1	4.35
SAPOTACEAE	2	8.70
POLYGONACEAE	1	4.35
RUBIACEAE	1	4.35
MALVACEAE	1	4.35
MORACEAE	1	4.35
NYCTAGINACEAE	1	4.35
MALPIGHIACEAE	1	4.35
LAMIACEAE	1	4.35
TOTAL	23	100

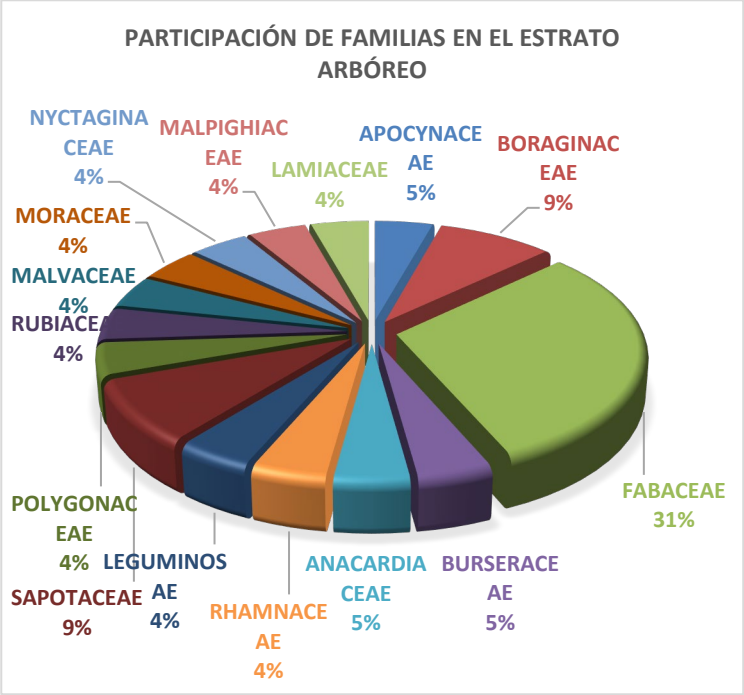


Tabla IV-11 Participación por familia botánica en la riqueza específica del estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

- **Estrato arbustivo.**

Para el estrato arbustivo se identificaron 26 especies que corresponden a 18 familias de las cuales, Apocynaceaes, Fabaceaes y Sapindaceaes están representadas en 3 especies cada una, es decir, el 34.62% de las especies están ubicadas en las 3 familias botánicas. El restante de las especies está distribuido en 15 familias.

Tabla IV-12 Riqueza florística estrato arbustivo registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección.

REGISTRO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FORMA DE VIDA
1	BORAGINACEAE	Bojon	*Cordia alliodora*	Árbol
2	BURSERACEAE	Chacah	*Bursera simaruba*	Árbol
3	APOCYNACEAE	Chacniche	*Plumeria rubra*	Árbol
4	FABACEAE	Chacte viga	*Caesalpinia platyloba*	Árbol
5	FLACOURTIACEAE	Chauche	*Laetia thamnia*	Árbol
6	RHAMNACEAE	Chintoc	*Krugiodendrum ferreum*	Árbol
7	POLYGONACEAE	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	Árbol
8	PUTRANJIVACEAE	Eculeb	*Drypetes lateriflora*	Árbol

REGISTRO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FORMA DE VIDA
9	APOCYNACEAE	Flor de mayo	*Plumeria obtusa*	Árbol
10	LEGUMINOSAE	Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	Árbol
11	SAPINDACEAE	Huaya	*Talisia olivaeformis*	Árbol
12	SAPINDACEAE	Kanchunup	*Thouinia paucidantata*	Arbusto
13	RUTACEAE	Kekenche	*Esembeckia pentaphylla*	Árbol
14	RHAMNACEAE	Lunche	*Karwinskia humboldtiana*	Árbol
15	MALVACEAE	Majahua	*Hampea trilobata*	Arbusto
16	APOCYNACEAE	Sac chechem	*Cameraria latifoliada*	Árbol
17	RUTACEAE	Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	Árbol
18	EBENACEAE	Silil	*Diospyros tetrasperma*	Árbol
19	FABACEAE	Subin tul	*Albizia tomentosa*	Árbol
20	NYCTAGINACEAE	Tadzi	*Neea psychotroides*	Árbol
21	SP.	Tajteyuc	*Spp.*	Arbusto
22	MALPIGHIACEAE	Wayate	*Malpighia emarginata*	Arbusto
23	VITACEAE	Ta'ab Kanil	*Cissus gossypiifolia*	Trepadora
24	MALVACEAE	Tulipán	*Malvaviscus arboreus*	Arbustiva
25	SAPINDACEAE	P'aak ak'	*Cardiospermum halicacabum*	Trepadora
26	SMILACACEAE	Ts’ay Keej	*Smilax mollis*	Trepadora

FAMILIA	ESPECIES	%
BORAGINACEAE	1	3.85
BURSERACEAE	1	3.85
APOCYNACEAE	3	11.54
FABACEAE	2	7.69
FLACOURTIACEAE	1	3.85
RHAMNACEAE	2	7.69
POLYGONACEAE	1	3.85
PUTRANJIVACEAE	1	3.85
LEGUMINOSAE	1	3.85
SAPINDACEAE	3	11.54
RUTACEAE	2	7.69
MALVACEAE	2	7.69
EBENACEAE	1	3.85
NYCTAGINACEAE	1	3.85
SP.	1	3.85
MALPIGHIACEAE	1	3.85
VITACEAE	1	3.85
SMILACACEAE	1	3.85
TOTAL	26	100

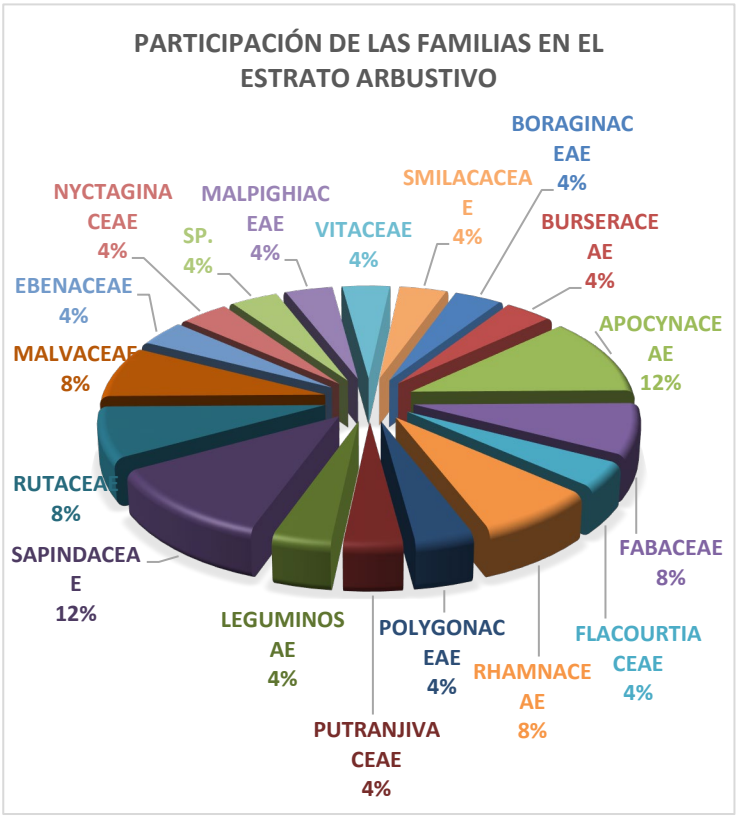


Tabla IV-13 Participación por familia botánica en la riqueza específica del estrato arbustivo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

- **Estrato herbáceo.**

Para el estrato herbáceo se identificaron 9 especies que corresponden a 8 familias de las cuales, Rubiaceae están representadas en 2 especies, es decir, el 22.22% de las especies. El restante de las especies está distribuido en 7 familias.

Tabla IV-14 Riqueza florística estrato herbáceo registrada en el Sistema Ambiental y su correspondiente forma de vida y categoría de protección.

REGISTRO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FORMA DE VIDA
1	RUTACEAE	Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	Árbol
2	AKANIACEAE	Ik bach	*Akania belizensis*	Arbusto
3	MALPIGHIACEAE	Sipche	*Bunchosia glandulosa*	Arbusto
4	POLYGONACEAE	Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	Árbol
5	LAMIACEAE	Pukin	*Callicarpa acuminata*	Arbusto
6	SP.	Tajteyuc	*Spp.*	Arbusto

REGISTRO	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FORMA DE VIDA
7	RUBIACEAE	Café de monte	*Psychotria nervosa*	Herbácea
8	RUBIACEAE	X-yax K'anan	*Psychotria pubescens*	Herbácea
9	SMILACACEAE	Ts'ay Keej	*Smilax mollis*	Trepadora

FAMILIA	ESPECIES	%
RUTACEAE	1	11.11
AKANIACEAE	1	11.11
MALPIGHIACEAE	1	11.11
POLYGONACEAE	1	11.11
LAMIACEAE	1	11.11
SP.	1	11.11
RUBIACEAE	2	22.22
SMILACACEAE	1	11.11
TOTAL	**9**	**100**

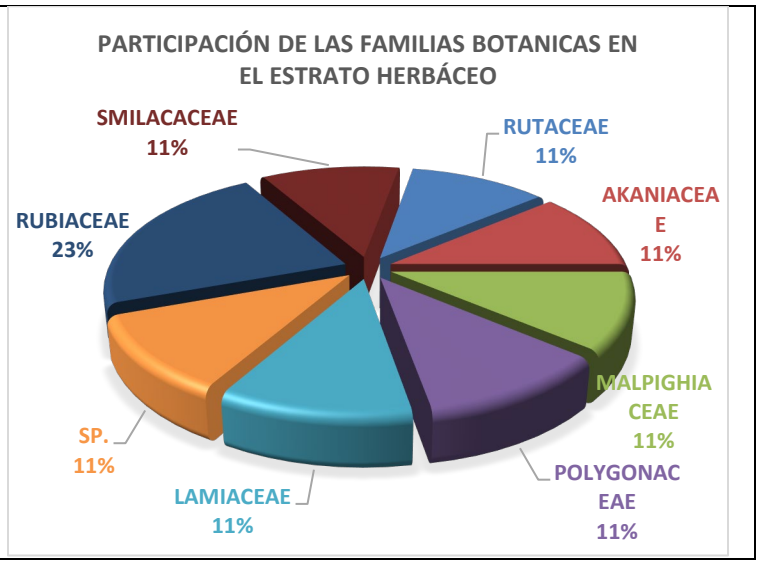


Tabla IV-15 Participación por familia botánica en la riqueza específica del estrato herbáceo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

- **Función de acumulación de especies.**

Se considera que el muestreo fue bueno ya que la función de acumulación, que se muestra a continuación, el gráfico indica que la asíntota de la curva de acumulación de especies se alcanza, por lo que el esfuerzo de muestreo en el inventario forestal es suficientemente representativo de las especies que el predio tiene.

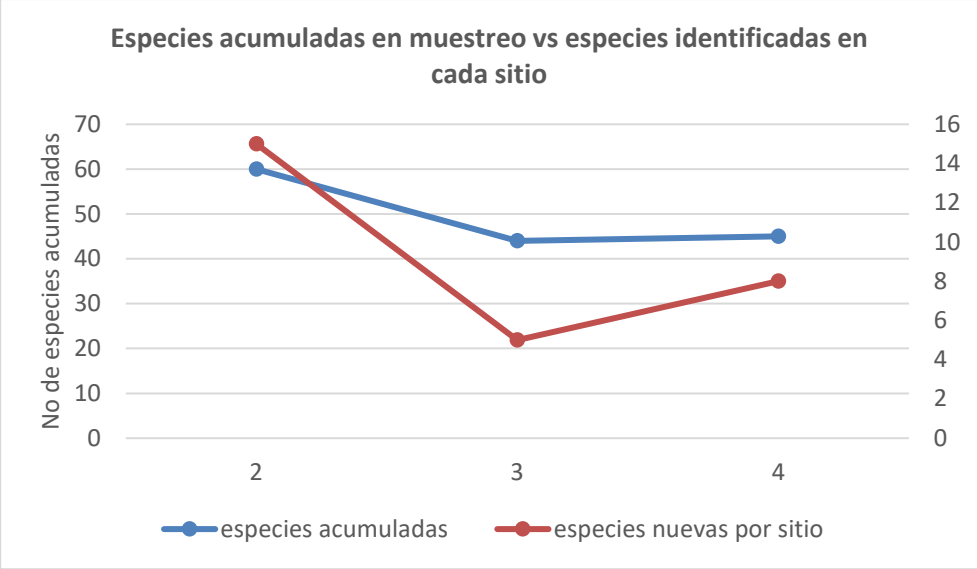


Imagen IV-20 Curva de acumulación de especies registradas en el muestreo.

La cantidad de individuos por sitio fluctúa entre 40 y 60 individuos, lo cual dependió de la condición de la vegetación y de la presencia, por lo general, de juveniles de ***Bursera simaruba***.

- **Análisis de diversidad de la vegetación para los diferentes tipos de vegetación existentes en el sistema ambiental.**

El valor de importancia es un índice que indica la relevancia y nivel de ocupación del sitio de una especie con respecto a los demás, en función de su cuantía, frecuencia, distribución y dimensión de los individuos de dicha especie (Krebs, 1985).

Según Moreno (2001), el análisis del valor de importancia de las especies tiene como objetivo medir la diversidad biológica, para contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones a favor de la conservación de taxa o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente.

Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que, por su escasa representatividad en la comunidad, son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Además, identificar un cambio en la biodiversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de las especies o en la dominancia, nos alerta acerca de procesos empobrecedores.

Para evaluar la importancia ecológica de las especies en la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia se determinaron los parámetros estructurales básicos de la selva: densidad, definida como el número de individuos por unidad de área; frecuencia, como el porcentaje de submuestras en las que aparece la especie; dominancia, estimada a través del área basal de una especie entre el área muestreada, y con estos valores se obtuvo el valor de importancia (Frecuencia relativa + densidad relativa + dominancia relativa).

Para cada individuo registrado se obtuvo el área basal, la densidad, la frecuencia y el valor de importancia relativa, estimado este último como la suma del área basal relativa, densidad y frecuencia relativas.

VI = densidad relativa + dominancia relativa + frecuencia relativa

Donde:

- ✓ Densidad relativa = (Número de individuos de una especie/ Número de individuos de todas las especies) x100
- ✓ Dominancia relativa = (Área basal de una especie/Área basal de todas las especies) x100

Área basal= AB= $\pi D^2/4$

Donde:
π = 3.1416;
D = diámetro

El área basal por especie ésta dada por la sumatoria de las áreas basales de los individuos de cada especie. El área basal total de la comunidad está dada por la suma de las áreas básales de todas las especies.

- ✓ El área basal relativa= (Área basal de una especie/ sumatoria de área basal de todas las especies) X 100.
- ✓ La frecuencia relativa (FR) = (Frecuencia de una especie/ Sumatoria de las frecuencias de todas las especies) x100.

El listado de las especies observadas dentro del sistema ambiental se preparó de acuerdo con la nomenclatura de Durán *et al*. (2000) y se ordenó alfabéticamente por familias y especies. Se incluyen las categorías de forma de vida correspondientes a cada especie y las categorías de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El mapa de vegetación se elaboró con base en el plano topográfico del predio, el cual fue sobrepuesto al ortófono del INEGI, lo que permitió la diferenciación de los rodales con mayor concentración de los individuos más desarrollados de las zonas con menor cobertura vegetal. Para la referenciación geográfica de los sitios de muestreo y la verificación de las áreas afectadas se utilizó un GPS marca Garmin modelo 76 con datum WGS84 y una precisión de 4 a 6 m.

- **Resultados de los valores obtenidos de Importancia Ecológica en el Sistema de la unidad de análisis ambiental (VIR).**

Para calcular la densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, el valor de importancia e índice de diversidad de Shannon–Wiener para el predio se utilizaron los datos obtenidos en 2 sitios de muestreo en donde se registran individuos de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. Dichos cálculos corresponden a la superficie de cambio de uso de suelo. El tamaño de cada unidad de muestreo consistió en una unidad circular de 500 m^2, con subunidades concéntricos de 25 m^2 y 4 m^2, la forma del muestreo fue iniciando dirección norte y siguiendo el sentido de las manecillas del reloj. Los parámetros que se establecieron para la toma de datos de cada unidad, con sus correspondientes subunidades de muestreo, se describe en el capítulo correspondiente.

- **Análisis de los valores obtenidos de Importancia Ecológica de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.**

Los sitios de muestreo para este tipo de vegetación que se seleccionaron para realizar el análisis comparativo de: valor de importancia, diversidad y riqueza, entre la superficie propuesta de CUSTF y el sistema de la unidad ambiental, como se ha mencionado se realizó en 2 sitios. En el siguiente cuadro, se presentan las coordenadas de ubicación de dichos sitios de muestreo.

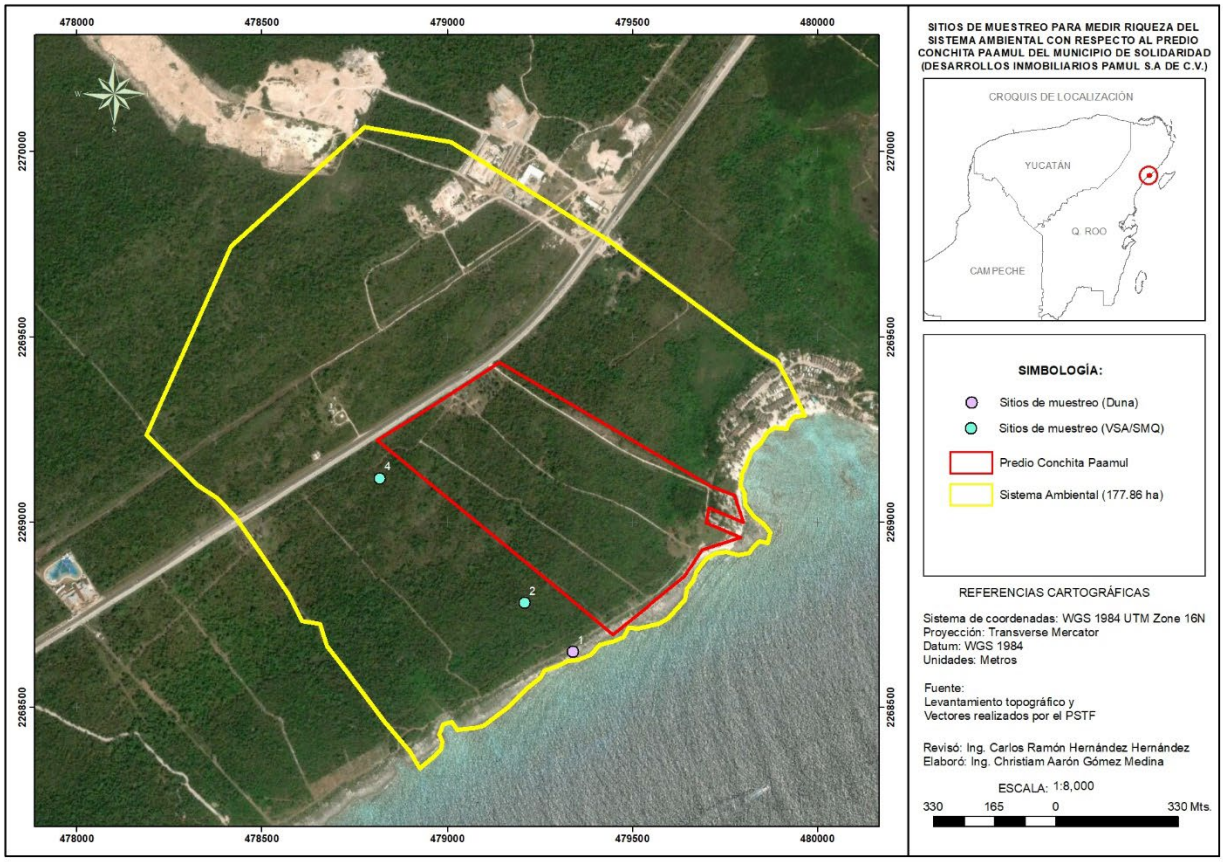


Imagen IV-21 Distribución de las 2 unidades de muestreo para avaluar la diversidad florística del sistema ambiental para la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia en color Azul.

Tabla IV-16 Coordenadas en UTM de los sitios de muestreo empleados durante el levantamiento de datos en campo dentro del predio. Datum WGS-84 México.

sitio	X	Y
2	479209	2268783
4	478817	2269119

En el análisis de los índices de valor ecológico, se estimó cual es la especie con mayor peso ecológico, en cada condición y estrato, en los siguientes cuadros se presenta el índice de valor de importancia por estrato, en el estrato herbáceo únicamente se suma la densidad relativa y la frecuencia relativa en virtud de que no se determinó la dominancia relativa.

De acuerdo con las fórmulas anteriores y con los datos del muestreo se calcularon los valores de importancia de las especies presentes en el sitio del Proyecto, los valores fueron separados

por estratos para su análisis y descripción, en la (Tabla IV.9) se presentan los resultados del valor de importancia para el estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

Tabla IV-17 Valores de importancia del estrato arbóreo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbóreas registradas en el predio en estudio del sistema ambiental.

Nombre (común)	Nombre científico	Ind	AB/Ind (m^2)	frec.	D. Relativa	F. Relativa	Do. Relativa	Valor de importancia
Bojon	*Cordia alliodora*	1	0.009	1	1.39	4.17	0.79	6.35
Box catzin	*Senegalia gaumeri*	1	0.030	1	1.39	4.17	2.77	8.32
Chacah	*Bursera simaruba*	18	0.259	2	25.00	8.33	23.71	57.04
Chacte viga	*Caesalpinia platyloba*	1	0.024	1	1.39	4.17	2.18	7.74
Chechem	*Metopium brownei*	8	0.115	2	11.11	8.33	10.56	30.00
Chin toc	*Krugiodendrum ferreum*	3	0.040	1	4.17	4.17	3.71	12.04
Ciricote	*Cordia dodecandra*	1	0.015	1	1.39	4.17	1.41	6.97
Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	1	0.009	1	1.39	4.17	0.79	6.35
Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	2	0.042	1	2.78	4.17	3.83	10.78
Kaniste	*Pouteria campechiana*	1	0.013	1	1.39	4.17	1.24	6.79
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	0.023	1	1.39	4.17	2.13	7.69
Kibche	*Guettarda gaumeri*	1	0.012	1	1.39	4.17	1.07	6.63
Piim	*Ceiba aesculifolia*	2	0.053	1	2.78	4.17	4.90	11.84
Sac away	*Ficus obtusifolia*	4	0.076	1	5.56	4.17	7.01	16.74
Subin tul	*Albizia tomentosa*	9	0.098	1	12.50	4.17	8.97	25.63
Takiche	*Caesalpinia yucatanensis*	1	0.009	1	1.39	4.17	0.82	6.38
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	7	0.102	2	9.72	8.33	9.34	27.40
Wayate	*Malpighia emarginata*	1	0.009	1	1.39	4.17	0.84	6.40
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	5	0.065	2	6.94	8.33	5.99	21.26
Zapote	*Manilkara zapota*	4	0.086	1	5.56	4.17	7.93	17.65
		72	**1.091**	**24**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

En la se puede observar de manera gráfica las especies presentes en el estrato arbóreo de acuerdo a su valor de importancia en orden descendente.

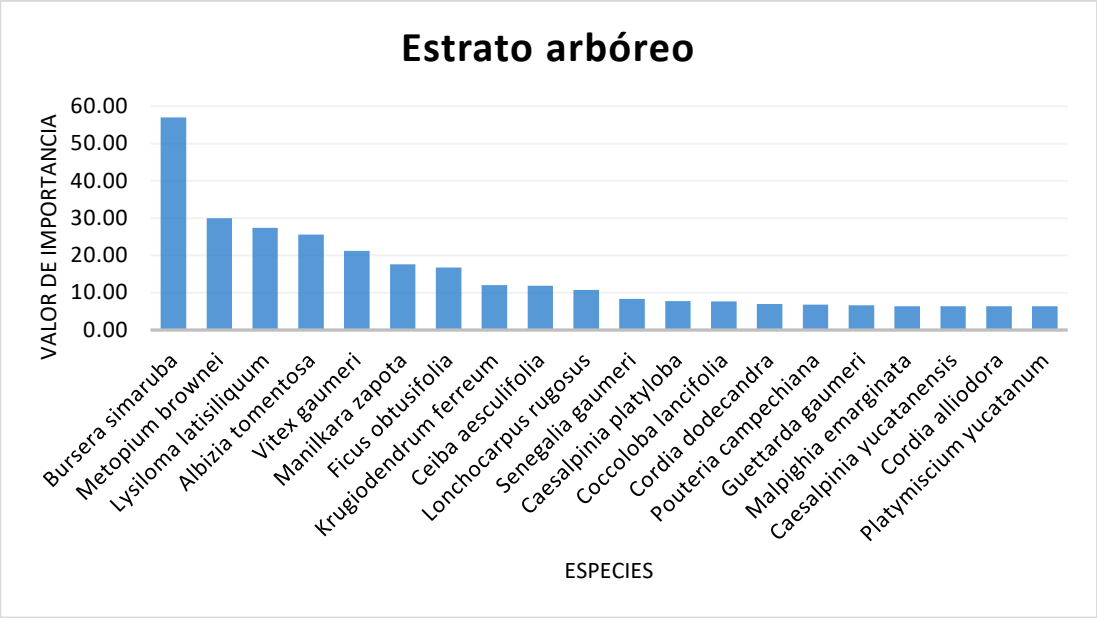


Imagen IV-22 Valor de importancia del estrato arbóreo. Se representan las especies que componen el estrato arbóreo de acuerdo a su valor de importancia.

Las especies con mayor valor de importancia en este estrato: Chaca (*Bursera simaruba*), Chechem (*Metopium brownei*), Tzalam (*Lysiloma latisiliquum*) y Yaaxnik (*Vitex gaumeri*), son propias de ecosistemas de una vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia; y especies como el Wayate (*Malpighia emarginata*) y Takiche (*Caesalpinia yucatanensis*) se encuentran con valores de importancia menores, estas especies típicas de vegetación secundaria.

Las especies que obtuvieron los valores más altos son las que cuentan con mayor densidad y cobertura, presentando una amplia distribución en comparación con las demás especies ya que están presentes en la mayoría de los sitios muestreados.

Estos valores reflejan que la comunidad vegetal se está regenerando y las especies arbóreas de vegetación madura están desplazando a las especies de vegetación secundaria; actualmente se encuentra un estado sucesional avanzado, asemejándose paulatinamente a la vegetación de selva mediana subperennifolia.

Los valores de importancia del estrato arbustivo reflejan una dinámica de componentes semejante a la del estrato arbóreo, ya que la densidad y dominancia relativas son los factores de mayor peso para las especies con altos valores de importancia, mientras que la frecuencia relativa se observa como factor determinante sólo en las especies con menor valor de importancia (Tabla IV.10 y Figura IV.10).

Tabla IV-18 Valores de importancia del estrato arbustivo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbustivas registradas en el SA.

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	AB/Ind (m^2)	frec.	D. Relativa	F. Relativa	Do. Relativa	Valor de importancia
Bojon	*Cordia alliodora*	1	0.003	1	3.23	5.00	4.70	12.92
Chacah	*Bursera simaruba*	7	0.015	2	22.58	10.00	27.39	59.98
Chacte viga	*Caesalpinia platyloba*	1	0.002	1	3.23	5.00	2.95	11.18
Chintoc	*Krugiodendrum ferreum*	3	0.004	2	9.68	10.00	7.29	26.97
Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	1	0.001	1	3.23	5.00	1.91	10.14
Eculeb	*Drypetes lateriflora*	1	0.001	1	3.23	5.00	1.71	9.94
Flor de mayo	*Plumeria obtusa*	1	0.002	1	3.23	5.00	4.38	12.60
Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	1	0.002	1	3.23	5.00	2.95	11.18
Huaya	*Talisia olivaeformis*	1	0.001	1	3.23	5.00	1.81	10.04
Kekenche	*Esembeckia pentaphylla*	2	0.005	1	6.45	5.00	8.47	19.92
Majahua	*Hampea trilobata*	3	0.003	1	9.68	5.00	5.24	19.91
Sac chechem	*Cameraria latifoliada*	2	0.004	1	6.45	5.00	6.57	18.03
Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	2	0.006	1	6.45	5.00	11.46	22.91
Subin tul	*Albizia tomentosa*	1	0.001	1	3.23	5.00	1.26	9.48
Tadzi	*Neea psychotroides*	1	0.003	1	3.23	5.00	5.03	13.25
Tajteyuc	*Spp.*	1	0.001	1	3.23	5.00	2.58	10.81
Wayate	*Malpighia emarginata*	2	0.002	2	6.45	10.00	4.29	20.75
		31	**0.056**	**20**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

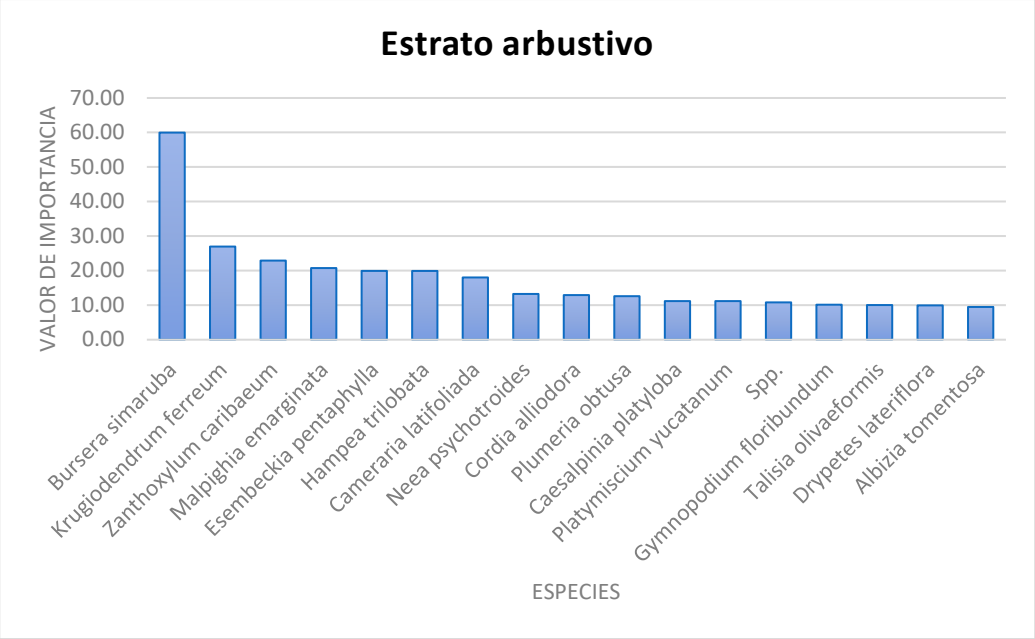


Imagen IV-23 Valor de importancia de las especies presentes en el estrato arbustivo. La especie *Bursera simaruba* presentó mayor valor de importancia (59.98).

En este estrato, las especies más representativas en cuanto a valor de importancia son Chaca (*Bursera simaruba*), Chintok (*Krugiodendrum ferreum*), Sacniche (*Zanthoxylum caribaeum*) y Wayate (*Malpighia emarginata*).

En el estrato herbáceo se tienen relativamente pocas especies, de las cuales los mayores valores de importancia los obtuvieron los arbustos y con menor valor se encuentra el *Zanthoxylum caribaeum*, (tabla IV.11 y figura IV.11), una especie que crece en los espacios abiertos es indicadora de las perturbaciones que en algún momento ha sufrido el ecosistema, cabe resaltar que estas especies se han reportado en otros estudios de ecosistemas con vegetación secundaria de selva mediana.

Tabla IV-19 Valor de Importancia Relativa (VIR). Estrato herbáceo del sistema ambiental.

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	frec.	D. Relativa	F. Relativa	Valor de importancia
Sipche	*Bunchosia glandulosa*	1	1	20.00	20.00	40.00
Ikbach	*Akania belizensis*	1	1	20.00	20.00	40.00
Tajteyuc	*Spp.*	1	1	20.00	20.00	40.00
Pukin	*Callicarpa acuminata*	1	1	20.00	20.00	40.00
sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	1	1	20.00	20.00	40.00

5	5	100.00	100.00	200.00

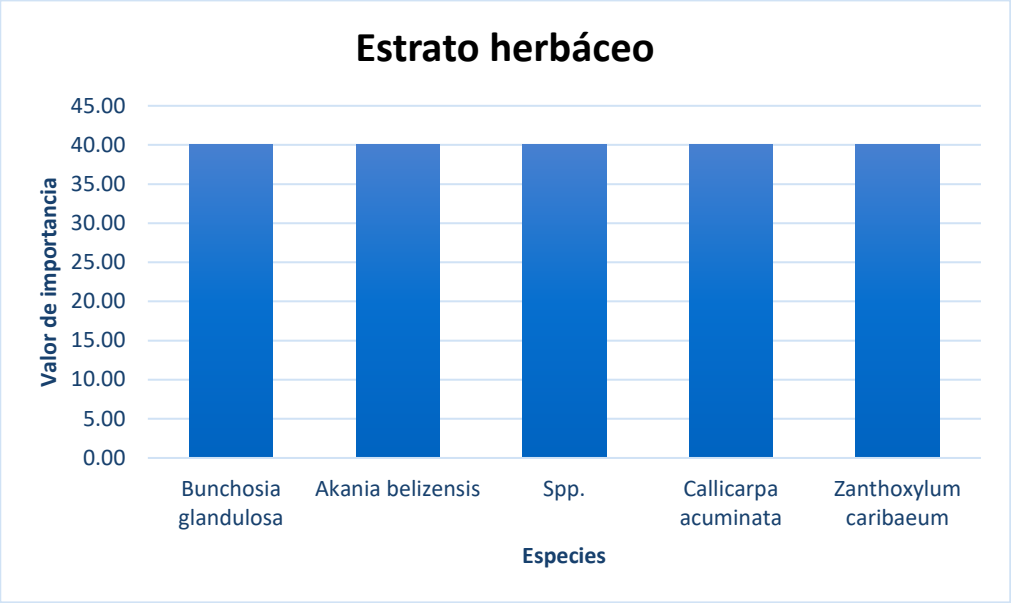


Imagen IV-24 Valores de importancia de las especies herbáceas. Se muestran gráficamente los valores de importancia de las especies herbáceas registradas en el SA de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

- **Valor de diversidad florística (H') de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.**

Se analiza la diversidad de especies por estrato para observar la variación de la riqueza y la abundancia de las especies de los grupos diamétricos registrados en las unidades de muestreo. Para este análisis se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'), este índice refleja la relación entre riqueza y uniformidad (Magurran, 1988; citado por Moreno C., 2002).

Fórmula para calcular el índice de Shannon Wiener (H'):

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

Donde:

H'= contenido de la información de la muestra.
Pi=proporción de la muestra que pertenecen a la especie i.
Para conocer la distribución de los individuos entre las especies registradas por grupo diamétrico se calculó el índice de Equidad de Pielou (Moreno, 2001).

Índice de Equidad de Pielou.

$$E = H/Hmax,$$

Donde:

E=Equidad
H=Diversidad de especies
Hmax= Diversidad de especies máxima= logS y log2S

Los factores ambientales y antropogénicos que han afectado al área se analizaron para evaluar el estado actual de la vegetación del sistema ambiental definido para este caso. Este análisis sirve de base para respaldar las recomendaciones sobre las medidas de mitigación que se proponen en función de las condiciones de la vegetación y de las especies seleccionadas, que se encuentran dentro del sistema ambiental y del predio.

De esta forma, el índice se expresa como H' y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

En las siguientes tablas, se presentan los valores de diversidad de especies (Índice de Shannon-Wiener) en los tres estratos de la vegetación de las especies registradas en las unidades de muestreo que corresponden al sistema ambiental. La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies (Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

Los resultados de la prueba nos indican que el estrato herbáceo presenta una baja diversidad ya que el valor encontrado fue de 1.61 y su equitatividad fue de 1.00 que se considera alta.

Tabla IV-20 Diversidad (H'), equidad de las especies por estrato. Estrato herbáceo.

ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	IND.	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Sipche	*Bunchosia glandulosa*	1	0.200	-1.61	-0.32
Ikbach	*Akania belizensis*	1	0.200	-1.61	-0.32
Tajteyuc	*Spp.*	1	0.200	-1.61	-0.32
Pukin	*Callicarpa acuminata*	1	0.200	-1.61	-0.32
sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	1	0.200	-1.61	-0.32
TOTAL		**5**	**1.000**	**-8.05**	**-1.61**

Riqueza (S) =	5
H' Calculada =	1.61
H max	1.609437912
Equitatividad (j) =	1.000349245
H max - H' =	-0.000562088

Este segundo estrato igualmente se encuentra con una diversidad baja (2.60) y su equitatividad (J) también es alta ya que el valor obtenido es de 0.757.

Tabla IV-21 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbustivo.

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Bojon	*Cordia alliodora*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Chacah	*Bursera simaruba*	7	0.0933	0.226	-1.49	-0.34
Chacte viga	*Caesalpinia platyloba*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Chintoc	*Krugiodendrum ferreum*	3	0.0400	0.097	-2.34	-0.23
Dzidzilche	*Gymnopodium floribundum*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Eculeb	*Drypetes lateriflora*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Flor de mayo	*Plumeria obtusa*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Huaya	*Talisia olivaeformis*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Kekenche	*Esembeckia pentaphylla*	2	0.0267	0.065	-2.74	-0.18
Majahua	*Hampea trilobata*	3	0.0400	0.097	-2.34	-0.23

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Sac chechem	*Cameraria latifoliada*	2	0.0267	0.065	-2.74	-0.18
Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	2	0.0267	0.065	-2.74	-0.18
Subin tul	*Albizia tomentosa*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Tadzi	*Neea psychotroides*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Tajteyuc	*Spp.*	1	0.0133	0.032	-3.43	-0.11
Wayate	*Malpighia emarginata*	2	0.0267	0.065	-2.74	-0.18
TOTAL		**31**	**0.4133**	**1.000**	**-51.46**	**-2.60**

Riqueza (S) =	31
H' Calculada =	2.6
H max	3.433987204
Equitatividad (j) =	0.757137358
H max - H' =	0.833987204

De acuerdo con los datos obtenidos se tiene que este estrato no se considera con buena diversidad ya que sus valores son de 2.51 y de acuerdo a Shannon –Weiner, para ser un estrato con buena diversidad sus valores deben ser igual o mayores a 3. En cuanto a Equitatividad (J), el estrato tiende a ser alto en virtud de que se encontraron valores de 0.586.

Tabla IV-22 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbóreo.

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Bojon	*Cordia alliodora*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Box catzin	*Senegalia gaumeri*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Chacah	*Bursera simaruba*	18	0.012	0.250	-1.39	-0.35
Chacte viga	*Caesalpinia platyloba*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Chechem	*Metopium brownei*	8	0.005	0.111	-2.20	-0.24
Chin toc	*Krugiodendrum ferreum*	3	0.002	0.042	-3.18	-0.13
Ciricote	*Cordia dodecandra*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Granadillo	*Platymiscium yucatanum*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Kanasin	*Lonchocarpus rugosus*	2	0.001	0.028	-3.58	-0.10
Kaniste	*Pouteria campechiana*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Kibche	*Guettarda gaumeri*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Piim	*Ceiba aesculifolia*	2	0.001	0.028	-3.58	-0.10
Sac away	*Ficus obtusifolia*	4	0.003	0.056	-2.89	-0.16
Subin tul	*Albizia tomentosa*	9	0.006	0.125	-2.08	-0.26
Takiche	*Caesalpinia yucatanensis*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Tzalam	*Lysiloma latisiliquum*	7	0.005	0.097	-2.33	-0.23
Wayate	*Malpighia emarginata*	1	0.001	0.014	-4.28	-0.06
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	5	0.003	0.069	-2.67	-0.19
Zapote	*Manilkara zapota*	4	0.003	0.056	-2.89	-0.16
TOTAL		**72**	**0.048**	**1.000**	**-69.55**	**-2.51**

Riqueza (S) =	72
H' Calculada =	2.51
H max	4.276666119
Equitatividad (j) =	0.586905765
H max - H' =	1.766666119

- **Descripción de la vegetación del predio:**

Lo vegetación predominante dentro del predio de estudio tiene una existencia de una superficie de 283,050 m^2, que significan el (82.91%) del predio con cobertura de selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbórea en proceso de degradación, en tanto que las áreas afectadas con impactos antrópicos previos corresponde a 14,220 m^2 (4.17%) y los caminos secundarios de 9,66 m^2 (2.83%); complementa el total, la "Duna costera con presencia de *Coccoloba uvifera*" que tiene una superficie de 24,930 m^2 (7.30%) y la vegetación de manglar mixto que tiene 8,610.417 m^2 (2.52%).

Tabla IV-23 Superficie y porcentaje de ocupación de las condiciones que prevalecen en el predio del Proyecto.

Cobertura del predio	
TIPO	**Superficies**
Áreas intervenidas (PROFEPA)	3.545
Selva Mediana Subperennifolia	26.095

Vegetación de Duna Costera	2.713
Vegetación de Humedal	0.788
TOTAL	**33.14**

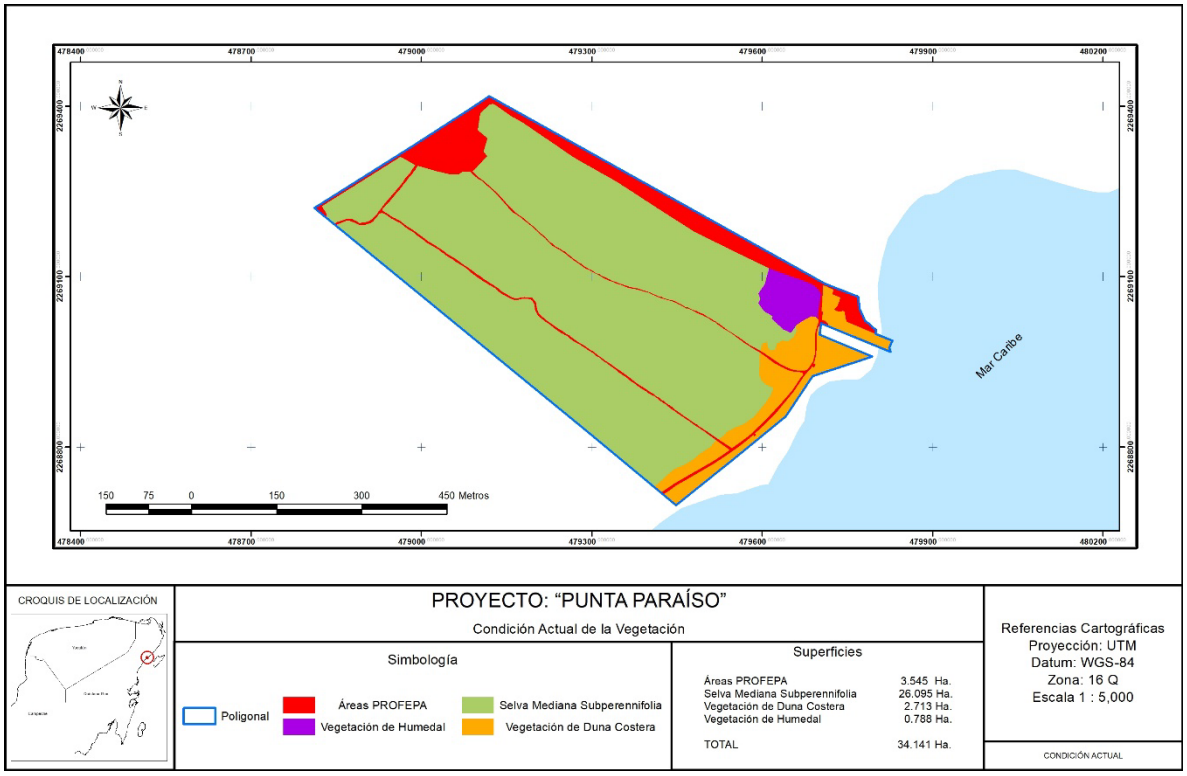


Imagen IV-25 Distribución de los tipos de vegetación que se encontraron en el predio

Por lo antes citado, el Proyecto se pretende edificar en una zona de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia y de duna costera con presencia de especies de matorral costero, que se encuentra sobre un sustrato arenoso y que carece de flujos hidrológicos superficiales, por lo tanto, con la ejecución del Proyecto no se tendrá influencia directa con el ecosistema de manglar, ni se afectará a individuos de las especies protegidas de mangle.

- **Composición Florística (Riqueza Específica) en el predio.**

La descripción de la vegetación en este apartado se fundamenta en los resultados y observaciones obtenidos a partir del Inventario Forestal realizado con motivo de la elaboración del presente Documento Técnico Unificado Modalidad B.

De acuerdo con el listado en la vegetación al interior del predio se registra una riqueza de 45 especies de plantas vasculares pertenecientes a 30 familias botánicas, de las cuales destacan como las familias más representativas la Fabaceae, Apocynaceae y Boriginaceae.
El resto de las familias están. Con relación a la forma biológica que presentan los componentes de la vegetación destacan la arbórea y la arbustiva, seguida de la herbácea.

Tabla IV-24 Listado taxonómico de las especies registradas en el predio, así como la familia a la cual pertenecen y su forma biológica.

No.	N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO
1	Akitz	*Casabela gaumeri*	APOCYNACEAE	1	0	0
2	Bojon	Cordia gerascantus	BORAGINACEAE	1	0	0
3	Botun	Sp_1	SP_1	0	0	1
4	Box catzin	Acacia gaumeri	FABACEAE	0	1	0
5	Caracolillo	Sideroxylon foetidissimum	SAPOTACEAE	1	0	1
6	Chac canan	Cydista potosina	BIGNONIACEAE	0	0	1
7	Chacah	Bursera simaruba	BURSERACEAE	1	0	0
8	Chacmolche	Parathesis cubana	MYRSINACEAE	0	1	0
9	Chacniche	Plumeria rubra	APOCYNACEAE	0	1	0
10	Chacte viga	Caesalpinea molis	FABACEAE	1	0	0
11	Chechem	Metopium brownei	ANACARDICACEAE	1	0	0
12	Chit	Thrinax radiata	ARECACEAE	0	1	0
13	Chobenche	Trichilia arborea	MELIACEAE	0	0	1
14	Coc che	Lonchocarpus rugosus	FABACEAE	0	1	1
15	Coco	Cocos nucifera	ARECACEAE	1	0	0
16	Despeinada	Beaucarnea pliabilis	NOLINACEAE	1	0	0
17	Dzidzilche	Gymnopodium floribundum	POLYGONACEAE	0	1	0
18	Guarumbo	Cecropia obtudifolia	CECROPIACEAE	0	1	0
19	Huaya	Talisia olivaeformis	SAPINDACEAE	1	1	1
20	Huayun ak	Sp_2	SP_2	0	0	1
21	Jabin	Piscidia piscipula	FABACEAE	1	1	0
22	Kanchunup	Tohuinia paucidantata	SAPINDACEAE	1	1	0
23	Kantun bob	Coccoloba lancifolia	POLYGONACEAE	1	1	1
24	Kekenche	Esembeckia pentaphylla	RUTACEAE	1	0	0
25	Lunche	Karkinskia humboldtinana	RHAMNACEAE	1	0	0

No.	N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	FAMILIA	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO
26	Oreganillo	Lantana hirta	VERBANACEAE	1	0	0
27	Pata de vaca	Bauhinia divaricata	FABACEAE	0	1	1
28	Pech kitan	Randia aculeata	RUBIACEAE	0	0	1
29	Ramon	Brosimum alicastrum	MORACEAE	1	0	0
30	Sac chechem	Cameraria latifolia	APOCYNACEAE	0	1	1
31	Sac yab	Gliricidia sepium	FABACEAE	1	0	0
32	Sacbakecan	Sp_3	SP_3	0	0	1
33	Saclobche	Eugenia mayana	MYRTACEAE	1	1	0
34	Sacniche	Zanthoxylum caribaeum	RATACEA	1	1	1
35	Sipche	Bunchosia glandulosa	MALPIGHIACEAE	0	0	1
36	Subin	Acacia dolichostaquia	FABACEAE	0	0	1
37	Subin tul	Albizia tomentosa	LEGUMINOSEAE	1	0	0
38	Suput	Helicteres baruensis	MALVACEAE	0	1	0
39	Tadzi	Neea psychotrioides	HIPPOCRATACEAE	1	1	1
40	Tajteyub	Sp_4	SP_4	0	0	1
41	Tastab	Guettarda combsi	RUBIACEAE	1	0	0
42	Tzutzuc	Diphysa carthaginensis	FABACEAE	1	0	0
43	Yax ek	Pithecellobium leucaspermum	FABACEAE	1	1	0
44	Yaxnic	Vitex gaumeri	VERBANACEAE	1	0	0
45	Zapote	Manilkara zapota	ZAPOTACEAE	1	0	0

De acuerdo con los resultados obtenidos en los sitios de muestreo, se estima que en la vegetación secundaria de selva mediana de este predio existen en promedio 10,154 individuos por hectárea de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas; de los cuales 394 individuos (3.88%) corresponden al estrato arbóreo, 3,760 individuos (37.03%) corresponden al estrato arbustivo, mientras que 6,000 (59.09%) corresponden al estrato herbáceo (Tabla IV.17).

Tabla IV-25 Número de individuos por hectárea de cada especie según el estrato.

		No. INDIVIDUOS/HA			
N. COMÚN	N. CIENTÍFICO	ARBOLES	ARBUSTOS	HERBÁCEO	TOTAL
Akitz	*Casabela gaumeri*	4	-	-	4
Bojon	Cordia gerascantus	6	-	-	6
Botun	Sp_1	-	-	250	250
Box catzin	Acacia gaumeri	-	760	250	1010

		No. INDIVIDUOS/HA			
N. COMÚN	**N. CIENTÍFICO**	**ARBOLES**	**ARBUSTOS**	**HERBÁCEO**	**TOTAL**
Caracolillo	Sideroxylon foetidissimum	8	-	250	258
Chac canan	Cydista potosina	-	-	250	250
Chacah	Bursera simaruba	94	-	-	94
Chacmolche	Parathesis cubana	-	320	-	320
Chacniche	Plumeria rubra	-	320	-	320
Chacte viga	Caesalpinea molis	6	-	-	6
Chechem	Metopium brownei	6	-	-	6
Chit	Thrinax radiata	-	40	-	40
Chobenche	Trichilia arborea	-	-	250	250
Coc che	Lonchocarpus rugosus	-	160	250	410
Coco	Cocos nucifera	2	-	-	2
Despeinada	Beaucarnea pliabilis	2	-	-	2
Dzidzilche	Gymnopodium floribundum	-	120	-	120
Guarumbo	Cecropia obtudifolia	-	40	-	40
Huaya	Talisia olivaeformis	46	680	750	1476
Huayun ak	Sp_2	-	-	250	250
Jabin	Piscidia piscipula	94	200	-	294
Kanchunup	Tohuinia paucidantata	10	40	-	50
Kantun bob	Coccoloba lancifolia	12	80	500	592
Kekenche	Esembeckia pentaphylla	2	-	-	2
Lunche	Karkinskia humboldtinana	6	-	-	6
Oreganillo	Lantana hirta	8	-	-	8
Pata de vaca	Bauhinia divaricata	-	120	250	370
Pech kitan	Randia aculeata	-	-	750	750
Ramon	Brosimum alicastrum	2	-	-	2
Sac chechem	Cameraria latifolia	-	80	250	330
Sac yab	Gliricidia sepium	6	-	-	6
Sacbakecan	Sp_3	-	-	250	250
Saclobche	Eugenia mayana	6	80	-	86
Sacniche	Zanthoxylum caribaeum	4	320	500	824
Sipche	Bunchosia glandulosa	-	-	250	250
Subin	Acacia dolichostaquia	-	-	250	250
Subin tul	Albizia tomentosa	8	-	-	8

		No. INDIVIDUOS/HA			
N. COMÚN	**N. CIENTÍFICO**	**ARBOLES**	**ARBUSTOS**	**HERBÁCEO**	**TOTAL**
Suput	Helicteres baruensis	-	80	-	80
Tadzi	Neea psychotrioides	24	280	250	554
Tajteyub	Sp_4	-	-	250	250
Tastab	Guettarda combsi	2	-	-	2
Tzutzuc	Diphysa carthaginensis	6	-	-	6
Yax ek	Pithecellobium leucaspermum	16	40	-	56
Yaxnic	Vitex gaumeri	10	-	-	10
Zapote	Manilkara zapota	4	-	-	4
TOTAL		**394**	**3760**	**6000**	**10154**

En el estudio para el estrato arbóreo se estima en promedio una altura total de 4.7 metros y un diámetro normal promedio del tallo de 11.5 cm. Por su parte, en el estrato arbustivo se registra una altura total promedio de 3.2 metros y 4.1 cm de DAP promedio. Finalmente, en el estrato herbáceo se registra una altura promedio de 0.9 m. (Tabla IV.18).

Tabla IV-26 Valores promedio del número de individuos por hectárea, altura total y DAP por grupo diamétrico de la vegetación de duna costera (matorral costero).

VALORES PROMEDIO	**ESTRATOS**		
	ARBÓREO	**ARBUSTIVO**	**HERBÁCEO**
Individuos/Ha	394	3,760	6,000
Altura total promedio (m)	7.93	5.33	0.94
Diámetro promedio (cm)	13.89	4.82	- -

- **Resultados de los valores obtenidos de Importancia Ecológica en el predio (VIR).**

Para calcular la densidad relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa, el valor de importancia e índice de diversidad de Shannon–Wiener para el predio se utilizaron los datos obtenidos en 2 sitios de muestreo en donde se registran individuos de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. Dichos cálculos corresponden a la superficie de cambio de uso de suelo. El tamaño de cada unidad de muestreo consistió en una unidad circular de 500 m2, con subunidades concéntricos de 25 m2 y 4 m2, la forma del muestreo fue iniciando dirección norte y siguiendo el sentido de las manecillas del reloj. Los parámetros que se establecieron para la toma de datos de cada unidad, con sus correspondientes subunidades de muestreo.

<u>Análisis de los valores obtenidos de Importancia Ecológica de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.</u>

Los sitios de muestreo para este tipo de vegetación que se seleccionaron para realizar el análisis comparativo de: valor de importancia, diversidad y riqueza, entre la superficie propuesta de CUSTF y el sistema de la unidad ambiental, como se ha mencionado se realizó en 2 sitios. En la siguiente tabla IV.19, se presentan las coordenadas de ubicación de dichos sitios de muestreo.

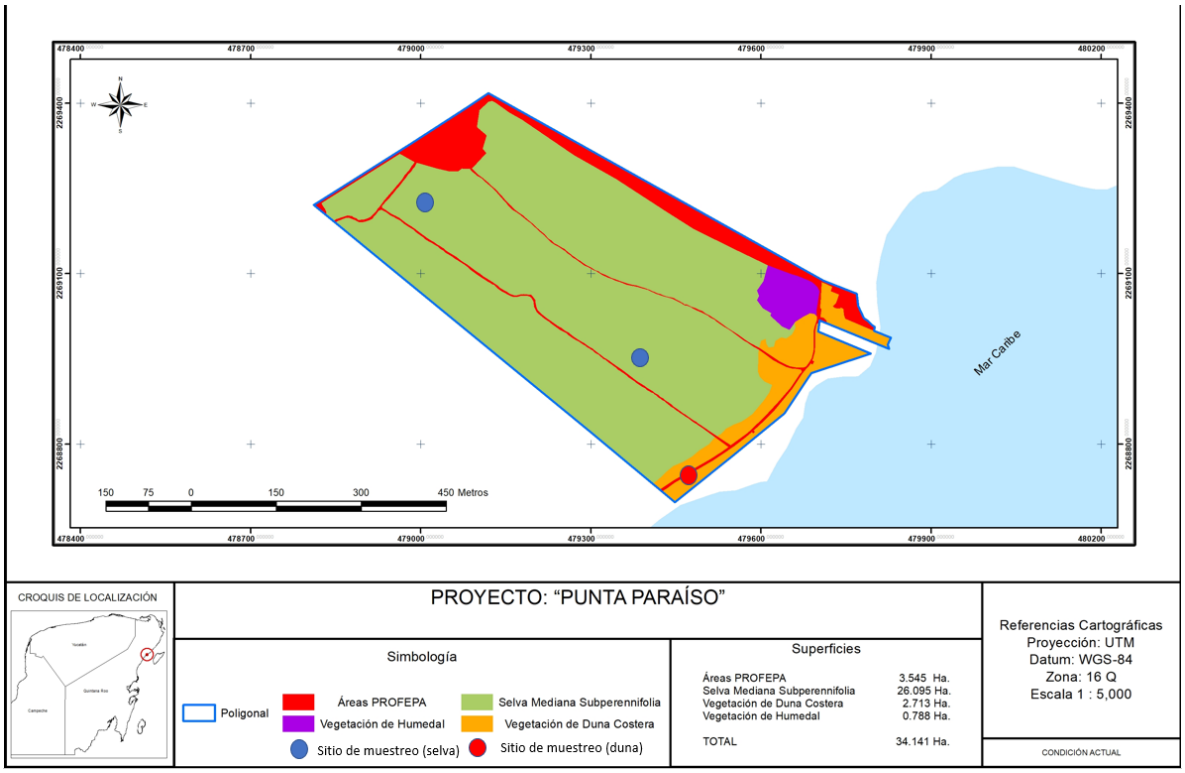


Imagen IV-26 Distribución de las 2 unidades de muestreo para evaluar la diversidad florística del predio para la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

Tabla IV-27 Coordenadas en UTM de los sitios de muestreo empleados durante el levantamiento de datos en campo dentro del predio. Datum WGS-84 México.

sitio	X	Y
1	478999	2269237
4	479396	2268929

En el análisis de los índices de valor ecológico, se estimó cual es la especie con mayor peso ecológico, en cada condición y estrato, en las siguientes tablas de contenido se presenta el índice de valor de importancia por estrato, en el estrato herbáceo únicamente se suma la densidad relativa y la frecuencia relativa en virtud de que no se determinó la dominancia relativa.

De acuerdo con las fórmulas anteriores y con los datos del muestreo se calcularon los valores de importancia de las especies presentes en el sitio del Proyecto, los valores fueron separados por estratos para su análisis y descripción, en la Tabla siguiente se presentan los resultados del valor de importancia para el estrato arbóreo de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.

Tabla IV-28 Valores de importancia del estrato arbóreo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbóreas registradas en el predio en estudio.

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	AB/Ind (m2)	frec.	D. Relativa	F. Relativa	Do. Relativa	Valor de importancia
Akitz	*Casabela gaumeri*	1	0.010	1	2.00	6.25	1.61	9.86
Chacah	*Bursera simaruba*	2	0.044	1	4.00	6.25	7.19	17.44
Huaya	*Talisia olivaeformis*	5	0.060	1	10.00	6.25	9.80	26.05
Jabin	*Piscidia piscipula*	20	0.220	2	40.00	12.50	35.99	88.49
Kanchunup	*Tohuinia paucidantata*	2	0.021	1	4.00	6.25	3.44	13.69
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	0.010	1	2.00	6.25	1.58	9.83
Kekenche	*Esembeckia pentaphylla*	1	0.011	1	2.00	6.25	1.73	9.98
Sac yab	*Gliricidia sepium*	1	0.010	1	2.00	6.25	1.55	9.80
Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	1	0.008	1	2.00	6.25	1.31	9.56
Subin tul	*Albizia tomentosa*	2	0.040	1	4.00	6.25	6.52	16.77
Tadzi	*Neea psychotrioides*	8	0.091	2	16.00	12.50	14.88	43.38
Tastab	*Guettarda combsi*	1	0.013	1	2.00	6.25	2.07	10.32
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	5	0.075	2	10.00	12.50	12.34	34.84
TOTAL		**50**	**0.612**	**16**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

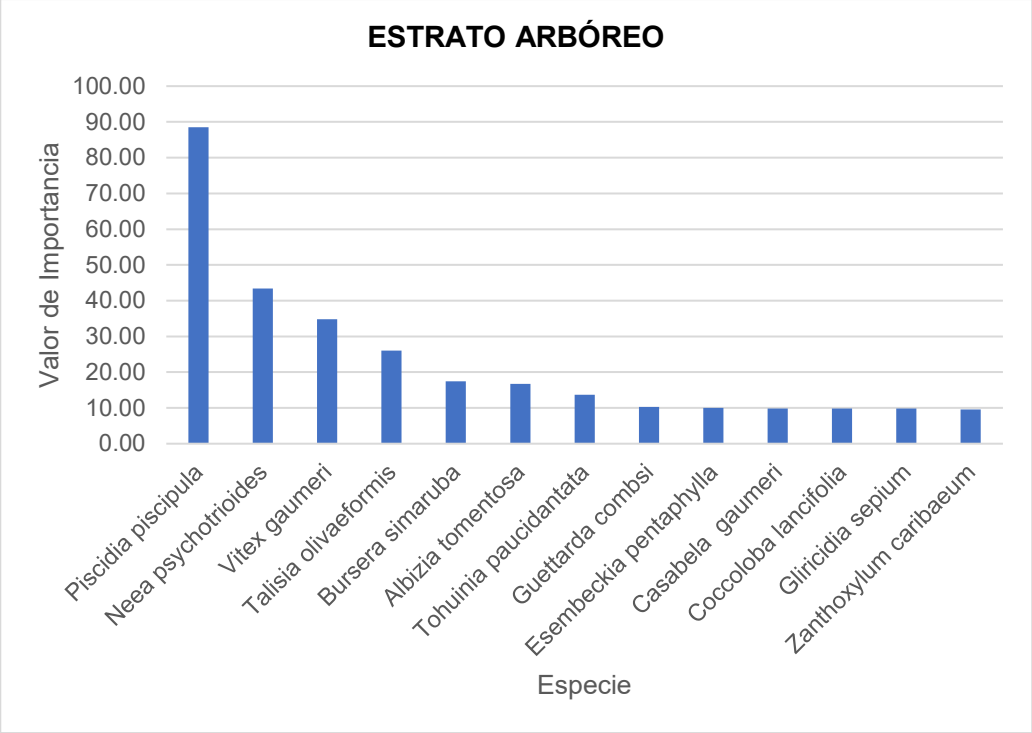


Imagen IV-27 Valor de importancia del estrato arbóreo. Se representan las especies que componen el estrato arbóreo de acuerdo a su valor de importancia.

Las especies con mayor valor de importancia en este estrato: Jabín (*Piscidia piscipula*), Tadzi (*Neea psychotrioides*), Yaaxnik (*Vitex gaumeri*), Huaya (*Talisia olivaeformis*) y Chaca (*Bursera simaruba*), son propias de ecosistemas de una vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia; y especies como el Sac yab (*Gliricidia sepium*) y SAcniche (*Zanthoxylum caribaeum*) que se encuentran con valores de importancia menores, estas especies típicas de vegetación secundaria.
Las especies que obtuvieron los valores más altos son las que cuentan con mayor densidad y cobertura, presentando una amplia distribución en comparación con las demás especies ya que están presentes en la mayoría de los sitios muestreados.

Estos valores reflejan que la comunidad vegetal se está regenerando y las especies arbóreas de vegetación madura están desplazando a las especies de vegetación secundaria; actualmente se encuentra en un estado sucesional avanzado, asemejándose paulatinamente a la vegetación de selva mediana subperennifolia.

Los valores de importancia del estrato arbustivo reflejan una dinámica de componentes semejante a la del estrato arbóreo, ya que la densidad y dominancia relativas son los factores

de mayor peso para las especies con altos valores de importancia, mientras que la frecuencia relativa se observa como factor determinante sólo en las especies con menor valor de importancia (Tabla IV.21 y Figura IV.13).

Tabla IV-29 Valores de importancia del estrato arbustivo. La tabla indica los valores de importancia de las especies arbustivas registradas en el predio.

Nombre (común)	Nombre científico	Ind.	AB/Ind (m^2)	frec.	D. Relativa	F. Relativa	Do. Relativa	Valor de importancia
Box catzin	*Acacia gaumeri*	6	0.020	1	21.43	10.00	30.23	61.66
Chacniche	*Plumeria rubra*	2	0.004	1	7.14	10.00	6.85	23.99
Huaya	*Talisia olivaeformis*	5	0.010	1	17.86	10.00	15.50	43.35
Jabin	*Piscidia piscipula*	1	0.005	1	3.57	10.00	7.90	21.47
Kanchunup	*Tohuinia paucidantata*	1	0.004	1	3.57	10.00	5.41	18.98
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	0.002	1	3.57	10.00	3.01	16.58
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	3	0.003	1	10.71	10.00	4.27	24.98
Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	4	0.003	2	14.29	20.00	4.79	39.08
Tadzi	*Neea psychotrioides*	5	0.014	1	17.86	10.00	22.05	49.90
TOTAL		**28**	**0.065**	**10**	**100.00**	**100.00**	**100.00**	**300.00**

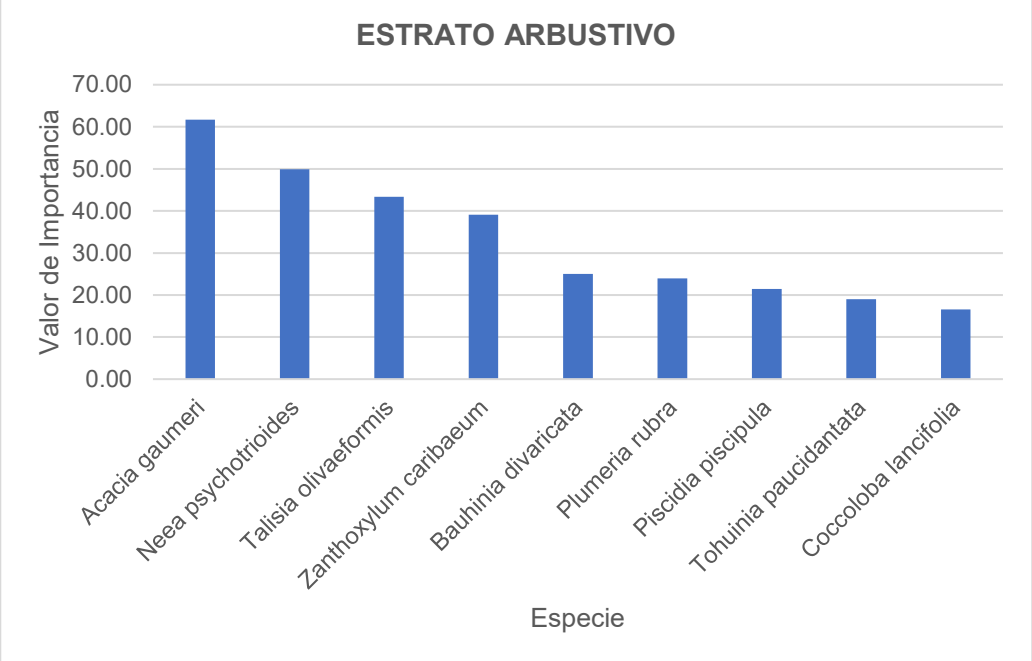


Imagen IV-28 Valor de importancia de las especies presentes en el estrato arbustivo. La especie *Acacia gaumeri* presentó mayor valor de importancia (61.66).

En este estrato, las especies más representativas en cuanto a valor de importancia son Box catzin (*Acacia gaumeri*), Tadzi (*Neea psychotrioides*), Huaya (*Talisia olivaeformis*) y Sacniche (*Zanthoxylum caribaeum*).

En el estrato herbáceo se tienen relativamente pocas especies, de las cuales los mayores valores de importancia los obtuvieron los arbustos y estos se encuentran con una buena distribución y diversidad, (tabla IV.22), una especie que crece en los espacios abiertos es indicadora de las perturbaciones que en algún momento ha sufrido el ecosistema, cabe resaltar que estas especies se han reportado en otros estudios de ecosistemas con vegetación secundaria de selva mediana.

Tabla IV-30 Valor de Importancia Relativa (VIR). Estrato herbáceo del predio.

NOMBRE COMÚN	ESPECIE	Ind.	frec.	D. Relativa	F. Relativa	Valor de importancia
Huaya	*Talisia olivaeformis*	1	1	25.00	25.00	50.00
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	1	25.00	25.00	50.00
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	1	1	25.00	25.00	50.00
Pech kitan	*Randia aculeata*	1	1	25.00	25.00	50.00
TOTAL		**4**	**4**	**100.00**	**100.00**	**200.00**

- **Valor de diversidad florística (H') de la vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia.**

Se analiza la diversidad de especies por estrato para observar la variación de la riqueza y la abundancia de las especies de los grupos diamétricos registrados en las unidades de muestreo. Para este análisis se utilizó el índice de Shannon Wiener (H'), este índice refleja la relación entre riqueza y uniformidad (Magurran, 1988; citado por Moreno C., 2002).

Fórmula para calcular el índice de Shannon Wiener (H'):

$$H' = -\sum pi \ln pi$$

Donde:

H'= contenido de la información de la muestra.

Pi=proporción de la muestra que pertenecen a la especie i.

Para conocer la distribución de los individuos entre las especies registradas por grupo diamétrico se calculó el índice de Equidad de Pielou (Moreno, 2001).

Índice de Equidad de Pielou.

$$E= H/Hmax,$$

Donde:

E=Equidad

H=Diversidad de especies

Hmax= Diversidad de especies máxima= logS y log2S

Los factores ambientales y antropogénicos que han afectado al área se analizaron para evaluar el estado actual de la vegetación del predio de estudio. Este análisis sirve de base para respaldar las recomendaciones sobre las medidas de mitigación que se proponen en función de las condiciones de la vegetación y de las especies seleccionadas, que se encuentran dentro del predio.

De esta forma, el índice se expresa como H' y contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). Este índice normalmente se refiere con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. Excepcionalmente puede haber ecosistemas con valores mayores (bosques tropicales, arrecifes de coral) o menores (algunas zonas desérticas). Entre mayor es el índice, mayor es la diversidad.

En las siguientes tablas de contenido, se presentan los valores de diversidad de especies (Índice de Shannon-Wiener) en los tres estratos de la vegetación de las especies registradas en las unidades de muestreo que corresponden al sistema ambiental. La equitatividad (E) puede entenderse como que: tan uniformemente están distribuidos los individuos entre las especies (Newman, 2003). Esto es, refleja la distribución de individuos entre especies (Clements y Newman, 2002). Se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies.

Los resultados de la prueba nos indican que el estrato herbáceo presenta una baja diversidad ya que el valor encontrado fue de 1.39 y su equitatividad fue de 1.00 que se considera alta.

Tabla IV-31 Diversidad (H'), equidad de las especies por estrato. Estrato herbáceo.

ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	IND.	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Huaya	*Talisia olivaeformis*	1	0.250	-1.39	-0.35
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	0.250	-1.39	-0.35
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	1	0.250	-1.39	-0.35
Pech kitan	*Randia aculeata*	1	0.250	-1.39	-0.35
TOTAL		**4**	**1.000**	**-5.55**	**-1.39**

Riqueza (S) =	4
H' Calculada =	1.39
H max	1.386294361
Equitatividad (j) =	1.002673053
H max - H' =	-0.003705639

Este segundo estrato igualmente se encuentra con una diversidad baja (2.01) y su equitatividad (J) también es alta ya que el valor obtenido es de 0.603.

Tabla IV-32 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbustivo.

Nombre (común)	NOMBRE CIENTÍFICO	Ind.	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Box catzin	*Acacia gaumeri*	6	0.012	0.214	-1.54	-0.33
Chacniche	*Plumeria rubra*	2	0.004	0.071	-2.64	-0.19
Huaya	*Talisia olivaeformis*	5	0.010	0.179	-1.72	-0.31
Jabin	*Piscidia piscipula*	1	0.002	0.036	-3.33	-0.12
Kanchunup	*Tohuinia paucidantata*	1	0.002	0.036	-3.33	-0.12
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	0.002	0.036	-3.33	-0.12
Pata de vaca	*Bauhinia divaricata*	3	0.006	0.107	-2.23	-0.24

Nombre (común)	NOMBRE CIENTÍFICO	Ind.	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	4	0.008	0.143	-1.95	-0.28
Tadzi	*Neea psychotrioides*	5	0.010	0.179	-1.72	-0.31
		28	**0.056**	**1.000**	**-21.80**	**-2.01**

Riqueza (S) =	28
H' Calculada =	2.01
H max	3.332
Equitatividad (j) =	0.603
H max - H' =	1.322

De acuerdo con los datos obtenidos se tiene que este estrato no se considera con buena diversidad ya que sus valores son de 1.98 y de acuerdo a Shannon –Weiner, para ser un estrato con buena diversidad sus valores deben ser igual o mayores a 3. En cuanto a Equitatividad (J), el estrato tiende a ser alto en virtud de que se encontraron valores de 0.506.

Tabla IV-33 Diversidad (H') y Equidad del Estrato Arbóreo.

Nombre (común)	NOMBRE CIENTIFICO	Ind.	ABUNDANCIA ABSOLUTA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
Akitz	*Casabela gaumeri*	1	0.0020	0.020	-3.91	-0.08
Chacah	*Bursera simaruba*	2	0.0040	0.040	-3.22	-0.13
Huaya	*Talisia olivaeformis*	5	0.0100	0.100	-2.30	-0.23
Jabin	*Piscidia piscipula*	20	0.0400	0.400	-0.92	-0.37
Kanchunup	*Tohuinia paucidantata*	2	0.0040	0.040	-3.22	-0.13
Kantun bob	*Coccoloba lancifolia*	1	0.0020	0.020	-3.91	-0.08
Kekenche	*Esembeckia pentaphylla*	1	0.0020	0.020	-3.91	-0.08
Sac yab	*Gliricidia sepium*	1	0.0020	0.020	-3.91	-0.08
Sacniche	*Zanthoxylum caribaeum*	1	0.0020	0.020	-3.91	-0.08
Subin tul	*Albizia tomentosa*	2	0.0040	0.040	-3.22	-0.13
Tadzi	*Neea psychotrioides*	8	0.0160	0.160	-1.83	-0.29

Tastab	*Guettarda combsi*	1	0.0020	0.020	-3.91	-0.08
Yaxnic	*Vitex gaumeri*	5	0.0100	0.100	-2.30	-0.23
		50	**0.1000**	**1.000**	**-40.48**	**-1.98**

Riqueza (S) =	50
H' Calculada =	1.98
H max	3.912
Equitatividad (j) =	0.506
H max - H' =	1.932

2. Fauna del sistema ambiental.

El objetivo de este estudio es establecer las bases de conocimiento del tipo de fauna presente en el predio, que permitan diseñar una estrategia de protección a la fauna nativa que actualmente habita o utiliza la zona del predio a desarrollar, de manera que se conserve la biodiversidad de la comunidad de macro vertebrados, mediante técnicas de ahuyentamiento, rescate, rehabilitación y reinserción en ecosistemas que favorezcan su sobrevivencia. Así como para establecer una serie de estrategias que permitan el gradual desmonte y desarrollo del Proyecto, de manera que se favorezca el desplazamiento de la macrofauna presente en el predio, desde las áreas que serán desmontadas.

Una fase del trabajo de gabinete que consistió en la revisión bibliográfica sobre estudios realizados en la zona a fin de contar con un listado lo más completo posible. Y una segunda fase correspondiente al trabajo de campo en el cual la metodología empleada para el reconocimiento de los vertebrados terrestres se fundamentó en los trabajos de Acosta-Aburto (2001), Aranda-Sánchez (1981,2000), Day et al. (1980), Gaviño et al. (1979), Manzanilla y Péefaur (2000), donde se indican formas de captura, observación y análisis de información sobre vertebrados terrestres. En la corroboración de los individuos se recurrió a listados y guías especializadas, particularmente en los trabajos de Berlanga (1993), Campbell (1999), Ceballos y Oliva (2005), Howell and Webb (1995), Lee (2000), López Ornat (1990), Mackinnon (1986), NGS (1995), Peterson and Chalif (1993), Reid (1997) y Navarro et al. (1990).

Como se mencionó anteriormente se realizó un muestreo de fauna presente en la unidad de análisis ambiental, para lo cual a continuación se muestra el análisis realizado en cuanto a la fauna que se encuentra a nivel de cuenca, del cual se obtuvo la diversidad (riqueza, abundancia), mediante diversos índices, clasificándola en los diferentes grupos de vertebrados e invertebrados encontrados.

- **Descripción del método de muestreo de la fauna del sistema ambiental.**

Se utilizaron distintas técnicas para muestrear cada grupo de fauna; como es el caso de mamíferos pequeños, mamíferos medianos a grandes y aves. En cuanto a los mamíferos pequeños se utilizó el método, en donde se colocaron 10 trampas tipo Sherman dispuestas en una cuadricula de manera que atravesarán el sitio ubicadas a 10 m de distancia entre ellas para estimar la densidad y registrar las especies de los mismos. Las trampas fueron cebadas con una mezcla de avena y crema de cacahuate para atraer y garantizar la captura de los roedores, estas se mantuvieron activas durante 3 noches acumulando un esfuerzo total de 120hrs/ trampa/ noche.

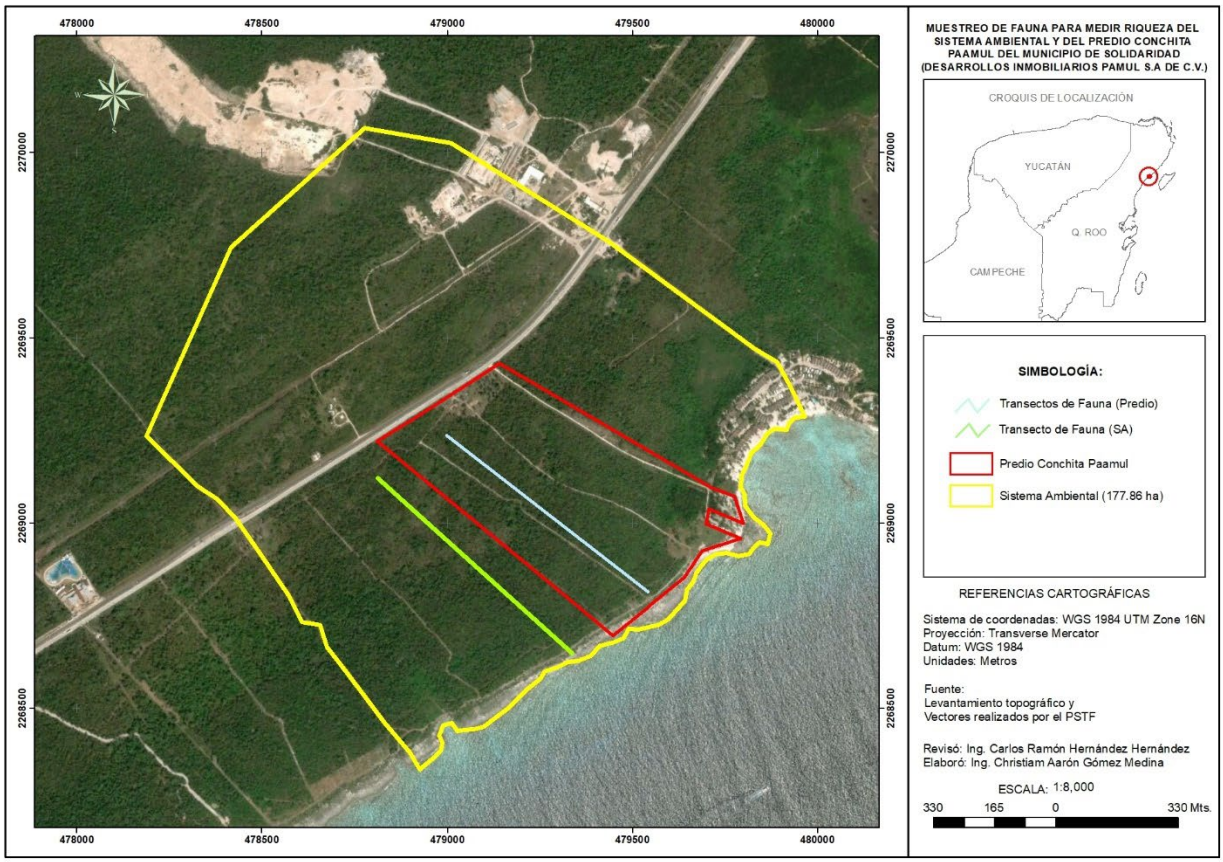


Imagen IV-29 Transectos de muestreo de fauna silvestre de la Unidad Ambiental, en color verde.

Cada trampa fue revisada y cerrada por las mañanas para evitar capturas durante el día ya que representa mayor estrés y riesgo de muerte por calor para los animales trampeados. En caso de captura los individuos serían identificados, sexados, marcados con pintura y liberados en el mismo sitio de su captura.

Para registrar las especies de mamíferos de talla mediana y grande se dispusieron de cuatro cámaras trampa Marca Moultrie modelo Game Spy por tres días, lo que representa un esfuerzo de muestreo de 288 ha/cámara trampa.

Las cámaras se colocaron a una altura promedio de 35 cm y fueron programadas para hacer dos disparos al momento de detectar el movimiento de cualquier tipo de organismo.
Estos se restablecían a los 60 seg. después del último disparo. Dos de las cámaras fueron cebadas con frutas como atrayente para especies frugívoras y herbívoras; y otras dos fueron cebadas con menudillo de pollo como atrayente para especies carnívoras. La identificación de los mamíferos se basó en las descripciones de Ceballos y Oliva (2005).

Las cámaras fueron colocadas en senderos o brechas y cerca de pasaderos o madrigueras que indicaron la presencia de fauna.

Para caracterizar la avifauna y reptiles y anfibios se utilizó el método de conteo por puntos, para ello se seleccionaron cuatro sitios, en cada punto se realizaron observaciones con duración de 30 minutos cada una, durante ese tiempo se registraron todos los individuos que se percharon a los alrededores y los que pasaron volando. Las observaciones se realizaron entre las 06:00 a 08:00 hrs.

En el área de estudio el análisis de la fauna terrestre se enfocó a los vertebrados que la habitan de manera permanente o temporal para reproducción, refugio o alimentación en alguna época del año, o que se encontraban de paso al momento de los muestreos. La zona estudiada, al encontrarse inmersa en un área cerca de una carretera, presenta una escasa riqueza de especies de fauna debido a su ahuyentamiento por causa del tránsito vehicular y el ruido generado. Para los grupos registrados en este estudio se obtuvo la riqueza específica, definida como el número de especies presentes, así como la cantidad de individuos por especie registrados durante los muestreos.

Al final, una vez recabada la información del número total de especies de los diferentes grupos registrados (Riqueza Especifica [S]), además del conteo de todos los individuos pertenecientes a cada especie registrada (Abundancia), se elaboraron una serie de cuadros y gráficos para representar lo anterior.

- **Resultados del muestreo de fauna del sistema ambiental.**

Se obtuvieron 129 registros de animales, los cuales están representados en cuatro grupos, 21 familias y 25 especies.

Tabla IV-34 Especies predominantes en el sitio de estudio.

Comunidad	Grupo	Familia	Nombre común	Especies	Estatus	Total absoluto
1	Anfibio	Hylidae	Ranita amarilla	*Hyla ebraccata*		2
2	Anfibio	Bufonidae	Sapo común	*Bufo valliceps*		4
3	Reptil	Polychridae	Toloquito	*Anolis sagrei*		9
4	Reptil	Corytophanidae	Toloc	*Basiliscus vittatus*		4
5	Reptil	Iguanidae	Iguana rayada	*Ctenosaura similis*	A	9
6	Reptil	Teiidae	Kankalás	*Ameiva undulata*		5
7	Reptil	Colubridae	Culebra rallada	*Coniophanes schmidti*		1
8	Reptil	Colubridae	Culebra ratonera	*Pseustes poecilonotus*		1
9	Reptil	Gekkonidae	Cuija	*Phylodactylus tuberculosus*		3
10	Aves	Cardinalidae	Tangara rojinegra	*Piranga olivácea*		3
11	Aves	Cathartidae	Coragyps	*Atratus*		3
12	Aves	Icteridae	Zanate	*Quiscalus mexicanus*		8
13	Aves	Icteridae	Calandria	*Icterus cucullatus*		4
14	Aves	Mimidae	Cenzontle	*Mimus gilvus*		5
15	Aves	Tyrannidae	Xtakay	*Tyrannus melancholicus*		4
16	Aves	Ramphastidae	Carpintero	*Melanerpes pygmaeus*		3
17	Aves	Cracidae	Chachalaca	*Ortalis vetula*		6
18	Aves	Columbidae	Tortola	*Zenaida asiática*		5
19	Aves	Columbidae	Paloma	*Columba flavirostris*		7
20	Aves	Corvidae	Chara yucateca	*Cyanocorax yucatanicus*		4
21	Mamífero	Procyionidae	Tejón	*Nasua narica*		25
22	Mamífero	Procyionidae	Mapache	*Procyon lotor*		2
23	Mamífero	Sciuridae	Ardilla	*Sciurus yucatanensis*		3
24	Mamífero	Dasyproctidae	Cereque	*Dasyprocta punctata*		4
25	Mamífero	Didelphidae	Tlacuache	*Didelphys virginiana*		5
Riqueza: 25						**129**

De los resultados del cuadro anterior el más representativo de todos fue el grupo de las aves teniendo un total de 52 individuos y el menos distintivo el grupo de los anfibios con únicamente 6 individuos en total.

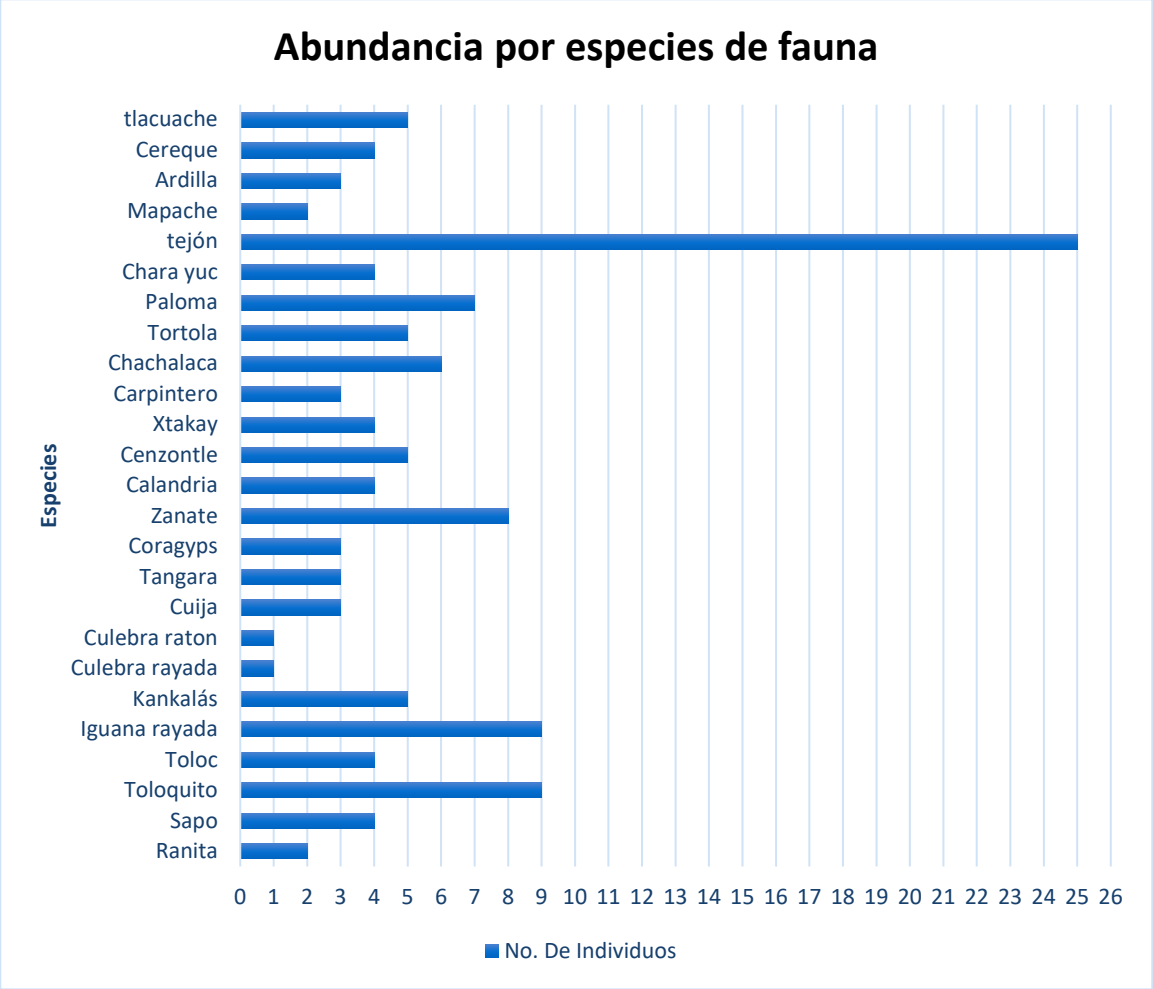


Imagen IV-30 Número de individuos muestreados presentes en el ecosistema.

A pesar de que en cuanto a riqueza y abundancia general el grupo de las aves resulto ser el dominante, en cuanto a la abundancia por especie, *Nasua narica* resulto ser el que presenta un mayor número de individuos (25) en comparación a todos los demás como se muestra en la gráfica presentada a continuación.

El análisis de datos se realizó a partir de la tabulación de los registros obtenidos y se aplicó la siguiente fórmula para determinar la abundancia relativa (A.R).

$$A.R. = \frac{Número\ de\ registros\ para\ la\ especie\ \text{X}}{\text{Número de registros de la especie más abundante}} x\ 100$$

Con la finalidad de estandarizar el análisis de los datos para los diversos grupos de vertebrados terrestres, una vez que se calculó la abundancia relativa se asignaron las siguientes categorías de abundancia de acuerdo con lo propuesto para aves por Petingill (1969):
Abundante. De 90% hasta 100% de abundancia relativa
Común. De 65% hasta 89% de abundancia relativa.
Frecuente. Con 31% hasta 64% de abundancia relativa.
Escasa. Con 10% hasta 30% de abundancia relativa
Rara. Con 1% hasta 9% de abundancia relativa.

Tabla IV-35 Concentrado de las especies de fauna identificadas en campo del SA.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTRO DE CAMPO	ABUNDANCIA RELATIVA	
				%	Clase
	Mamíferos	**Nombre**	**Individuos**		
1	*Nasua narica*	Tejón	25	64.10	Frecuente
2	*Procyon lotor*	Mapache	2	5.12	Rara
3	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla	3	7.69	Rara
4	*Dasyprocta punctata*	Cereque	4	10.25	Escasa
5	*Didelphys virginiana*	Tlacuache	5	12.82	Escasa
	TOTAL		**39**		
	Aves	**Nombre**	**Individuos**		
1	*Piranga olivácea*	Tangara rojinegra	3	5.76	Rara
2	*Atratus*	Coragyps	3	5.76	Rara
3	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	8	15.38	Escasa
4	*Icterus cucullatus*	Calandria	4	7.69	Rara
5	*Mimus gilvus*	Cenzontle	5	9.61	Rara
6	*Tyrannus melancholicus*	Xtakay	4	7.69	Rara
7	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero	3	5.76	Rara
8	*Ortalis vetula*	Chachalaca	6	11.53	Escasa
9	*Zenaida asiática*	Tórtola	5	9.61	Rara
10	*Columba flavirostris*	Paloma	7	13.46	Escasa
11	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	4	7.69	Rara
	Total		**52**		
	Reptiles	**Nombre**	**Individuos**		
1	*Anolis sagrei*	Toloquito	9	28.12	Escasa
2	*Basiliscus vittatus*	Toloc	4	12.5	Escasa

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTRO DE CAMPO	ABUNDANCIA RELATIVA	
				%	Clase
3	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	9	28.12	Escasa
4	*Ameiva undulata*	Kankalás	5	15.62	Escasa
5	*Coniophanes schmidti*	Culebra rallada	1	3.12	Rara
6	*Pseustes poecilonotus*	Culebra ratonera	1	3.12	Rara
7	*Phylodactylus tuberculosus*	Cuija	3	9.37	Rara
	Total		**32**		
	Anfibio	**Nombre**	**Individuos**		
1	*Hyla ebraccata*	Ranita amarilla	*2*	33.33	Frecuente
2	*Bufo valliceps*	Sapo común	*4*	66.66	Común
	Total		**6**		

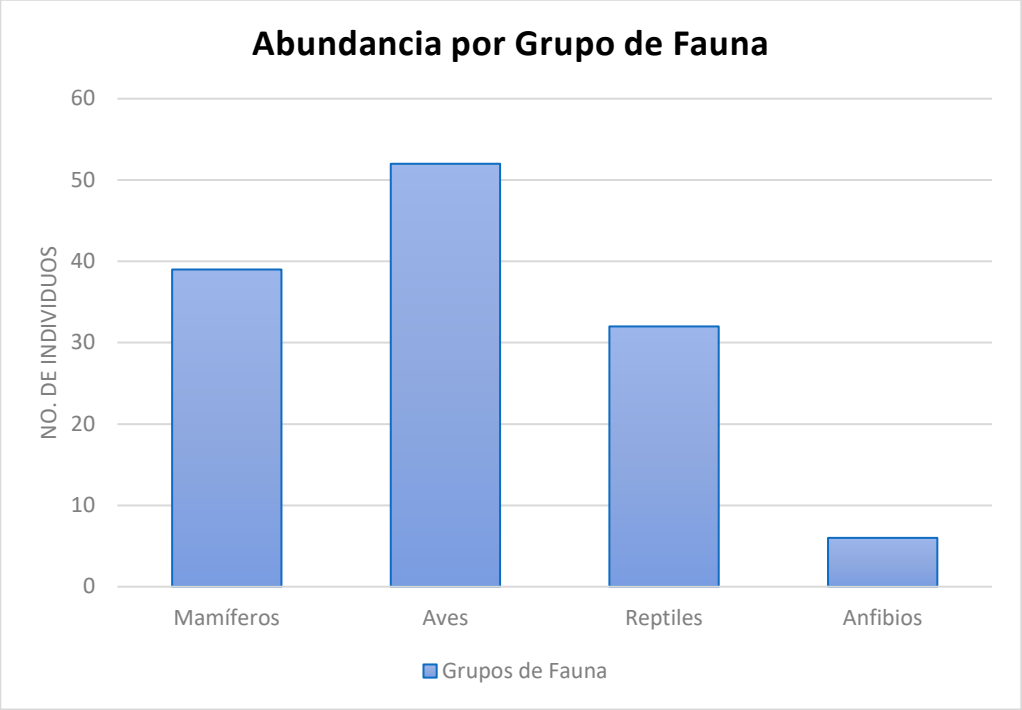


Imagen IV-31 Abundancia por tipo de grupo registrados en la unidad de análisis.

Para determinar el índice de diversidad en el caso de la fauna se estimó el Índice de Shannon-Wiener para medir la riqueza de especies registrada en la unidad de análisis ambiental. Los resultados por grupo se presentan en los siguientes cuadros.

Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$H'=-\sum pi \ln pi$$

Donde:
H'= contenido de la información de la muestra.
Pi=proporción de la muestra que pertenecen a la especie i.

Tabla IV-36 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Mamíferos.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Nasua narica*	Tejón	25	0.641	-0.44	-0.29
2	*Procyon lotor*	Mapache	2	0.051	-2.97	-0.15
3	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla	3	0.077	-2.56	-0.20
4	*Dasyprocta punctata*	Cereque	4	0.103	-2.28	-0.23
5	*Didelphys virginiana*	Tlacuache	5	0.128	-2.05	-0.26
	Total		**39**	1.000	-10.31	-1.13

Riqueza (S) =	39
H' Calculada =	1.13
H max	3.664
Equitatividad (j) =	0.308
H max - H' =	2.534

Tabla IV-37 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Aves.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Piranga olivácea*	Tangara rojinegra	3	0.058	-2.85	-0.16
2	*Atratus*	Coragyps	3	0.058	-2.85	-0.16
3	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	8	0.154	-1.87	-0.29
4	*Icterus cucullatus*	Calandria	4	0.077	-2.56	-0.20
5	*Mimus gilvus*	Cenzontle	5	0.096	-2.34	-0.23

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
6	*Tyrannus melancholicus*	Xtakay	4	0.077	-2.56	-0.20
7	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero	3	0.058	-2.85	-0.16
8	*Ortalis vetula*	Chachalaca	6	0.115	-2.16	-0.25
9	*Zenaida asiática*	Tortola	5	0.096	-2.34	-0.23
10	*Columba flavirostris*	Paloma	7	0.135	-2.01	-0.27
11	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	4	0.077	-2.56	-0.20
	Total		**52**	**1.000**	**-26.97**	**-2.34**

Riqueza (S) =	52
H' Calculada =	2.34
H max	3.951
Equitatividad (j) =	0.592
H max - H' =	1.611

Tabla IV-38 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Reptiles.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Anolis sagrei*	Toloquito	9	0.281	-1.27	-0.36
2	*Basiliscus vittatus*	Toloc	4	0.125	-2.08	-0.26
3	*Ctenosaura similis*	Iguana rayada	9	0.281	-1.27	-0.36
4	*Ameiva undulata*	Kankalás	5	0.156	-1.86	-0.29
5	*Coniophanes schmidti*	Culebra rallada	1	0.031	-3.47	-0.11
6	*Pseustes poecilonotus*	Culebra ratonera	1	0.031	-3.47	-0.11
7	*Phylodactylus tuberculosus*	Cuija	3	0.094	-2.37	-0.22
	Total		**32**	**1.000**	**-15.77**	**-1.70**

Riqueza (S) =	32
H' Calculada =	1.7
H max	3.466

Equitatividad (j) =	0.491
H max - H' =	1.766

Tabla IV-39 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Anfibios.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Hyla ebraccata*	Ranita amarilla	*2*	0.333	-1.10	-0.37
2	*Bufo valliceps*	Sapo común	*4*	0.667	-0.41	-0.27
	Total		**6**	**1.000**	**-1.50**	**-0.64**

Riqueza (S) =	6
H' Calculada =	0.64
H max	1.792
Equitatividad (j) =	0.357
H max - H' =	1.152

Como se puede observar en las tablas anteriores, el grupo de las aves obtuvo el valor H más alto con 2.34 que se considera alto, en tanto que los reptiles y los mamíferos obtuvieron un Índice H de 1.7 y 1.13 considerado bajo, asimismo, los anfibios obtuvieron un índice de 0.64 muy bajo en razón a que sólo se registraron dos especies. La equitatividad resultó muy similar en todos los grupos.

En esta unidad de análisis ambiental se verificó la presencia de un reducido número de especies de fauna silvestre (25 especies) que representan el 9.1% y el 10.5% reconocido para la Península y el Estado, respectivamente (Pozo 2011). Esta reducida representación proporcional, así como los valores de abundancia relativa obtenidos y los índices de diversidad estimados, se deben a las condiciones de aislamiento del predio, a la presencia humana permanente y por el reducido periodo de muestreo.

Las 177.859 hectáreas de vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia que se encuentra presente en la unidad de análisis ambiental definido para el Proyecto, mismo que representa el 92.48 %, según (Carta de Vegetación y Uso del Suelo, Serie VI del INEGI 2016), únicamente se afectara de manera puntual por la implementación del Proyecto el 4.18 % de la vegetación secundaria de selva, considerando lo anterior y mediante la información obtenida, se tiene que no se compromete a la biodiversidad, toda vez que al permanecer en la unidad de análisis ambiental 170.439 hectáreas de selva con desarrollo secundario, esto garantiza la permanencia de la vegetación y por consecuente la permanencia de la fauna en una amplia extensión.

- **Caracterización de la fauna del predio en estudio.**

A continuación, se muestra el análisis realizado en cuanto a la fauna que se encuentra en el predio del Proyecto, del cual se obtuvo la diversidad (riqueza, abundancia), mediante diversos índices, clasificándola en los diferentes grupos de vertebrados e invertebrados encontrados.

- **Descripción del método de muestreo.**

Se utilizaron distintas técnicas para muestrear cada grupo de fauna; como es el caso de mamíferos pequeños, mamíferos medianos a grandes y aves. En cuanto a los mamíferos pequeños se utilizó el método, en donde colocaron 10 trampas tipo Sherman dispuestas en una cuadricula de manera que atravesarán el sitio ubicadas a 10 m de distancia entre ellas para estimar la densidad y registrar las especies de estos. Las trampas fueron cebadas con una mezcla de avena y crema de cacahuate para atraer y garantizar la captura de los roedores, estas se mantuvieron activas durante 3 noches acumulando un esfuerzo total de 120 hrs/ trampa/ noche.

Cada trampa fue revisada y cerrada por las mañanas para evitar capturas durante el día ya que representa mayor estrés y riesgo de muerte por calor para los animales trampeados. En caso de captura los individuos serían identificados, sexados, marcados con pintura y liberados en el mismo sitio de su captura.

Para registrar las especies de mamíferos de talla mediana y grande se dispusieron de cuatro cámaras trampa Marca Moultrie modelo Game Spy por tres días, lo que representa un esfuerzo de muestreo de 288 hras/ cámara trampa.

Las cámaras se colocaron a una altura promedio de 35 cm y fueron programadas para hacer dos disparos al momento de detectar el movimiento de cualquier tipo de organismo.

Estos se restablecían a los 60 seg, después del último disparo. Dos de las cámaras fueron cebadas con frutas como atrayente para especies frugívoras y herbívoras; y otras dos fueron cebadas con menudillo de pollo como atrayente para especies carnívoras. La identificación de los mamíferos se basó en las descripciones de Ceballos y Oliva (2005).

Las cámaras fueron colocadas en senderos o brechas y cerca de pasaderos o madrigueras que indicaron la presencia de fauna.

Para caracterizar la avifauna y reptiles y anfibios se utilizó el método de conteo por puntos, para ello se seleccionaron cuatro sitios, en cada punto se realizaron observaciones con duración de 30 minutos cada una, durante ese tiempo se registraron todos los individuos que se percharon a los alrededores y los que pasaron volando. Las observaciones se realizaron entre las 06:00 a 08:00 hrs.

Al final, una vez recabada la información del número total de especies de los diferentes grupos registrados (Riqueza Especifica [S]), además del conteo de todos los individuos pertenecientes a cada especie registrada (Abundancia), se elaboraron una serie de tablas y gráficos para representar lo anterior.

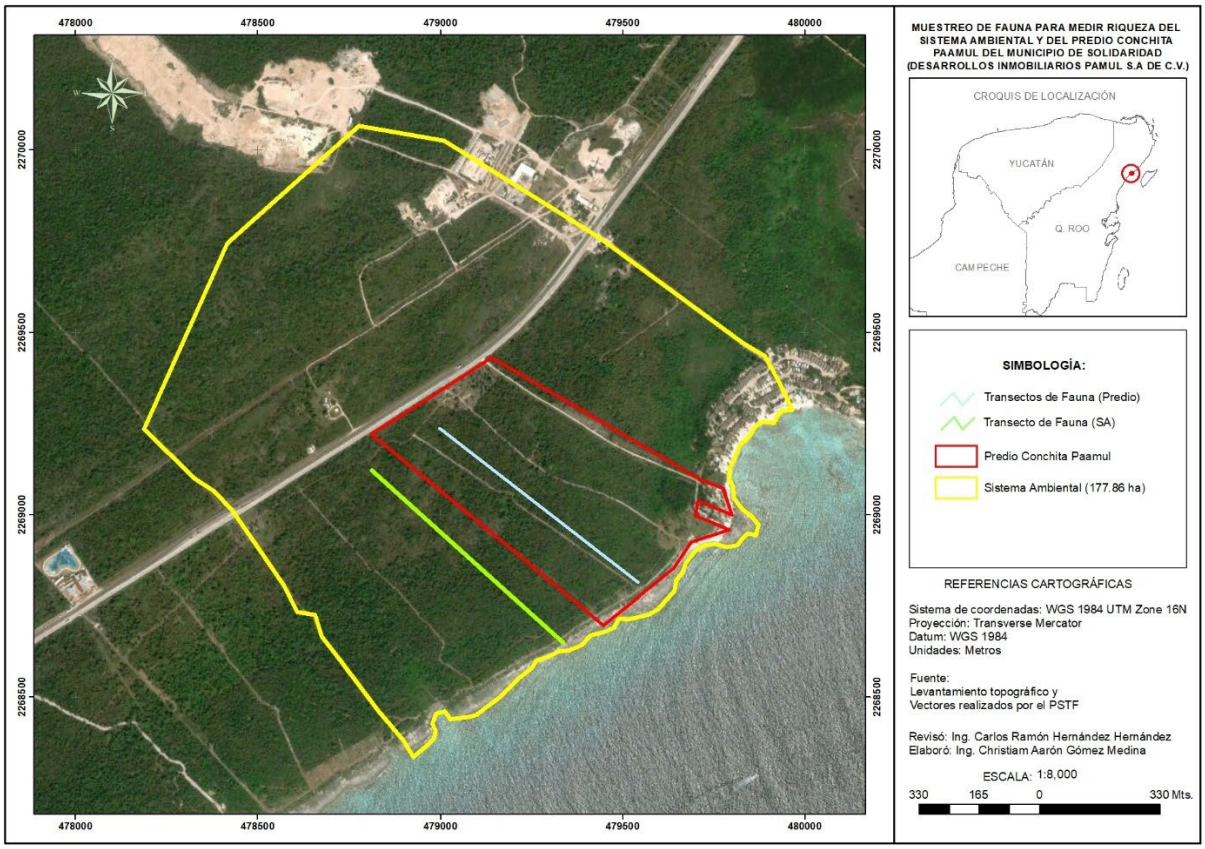


Imagen IV-32 Transectos de muestreo de fauna en el predio en color Azul.

- **Resultados del muestreo de fauna.**

El análisis de datos se realizó a partir de la tabulación de los registros obtenidos y se aplicó la siguiente fórmula para determinar la abundancia relativa (A.R).

$$A.R. = \frac{Número\ de\ registros\ para\ la\ especie\ \text{X}}{\text{Número de registros de la especie más abundante}}\ x\ 100$$

Con la finalidad de estandarizar el análisis de los datos para los diversos grupos de vertebrados terrestres, una vez que se calculó la abundancia relativa se asignaron las siguientes categorías de abundancia de acuerdo con lo propuesto para aves por Petingill (1969):

Abundante. De 90% hasta 100% de abundancia relativa
Común. De 65% hasta 89% de abundancia relativa.
Frecuente. Con 31% hasta 64% de abundancia relativa.
Escasa. Con 10% hasta 30% de abundancia relativa
Rara. Con 1% hasta 9% de abundancia relativa.

Se obtuvieron 33 registros de animales, los cuales están representados en el cuadro inmediato siguiente.

Tabla IV-40. Concentrado de las especies de fauna identificadas en el predio.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTRO DE CAMPO
Mamíferos	**Nombre**	**Individuos**
Sciurus yucatanensis	Ardilla	1
Didelphys virginiana	Tlacuache	3
Total		**4**
Aves	**Nombre**	**Individuos**
Piranga olivácea	Tangara rojinegra	2
Quiscalus mexicanus	Zanate	3
Mimus gilvus	Cenzontle	2
Tyrannus melancholicus	Xtakay	2
Melanerpes pygmaeus	Carpintero	1
Ortalis vetula	Chachalaca	4
Zenaida asiática	Tortola	3
Cyanocorax yucatanicus	Chara yucateca	7
Total		**24**

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	REGISTRO DE CAMPO
Reptiles	**Nombre**	**Individuos**
Basiliscus vittatus	Toloc	2
Coniophanes schmidti	Culebra rayada	1
Ctenosaura similis	Iguana gris	16
Total		**19**
Anfibio	**Nombre**	**Individuos**
Bufo valliceps	Sapo común	2
Total		**2**

De los cuales el más representativo de todo fue el grupo de las aves teniendo un total de 24 individuos y el menos distintivo el grupo de los anfibios con únicamente 2 individuos en total, como se puede observar en la tabla anterior.

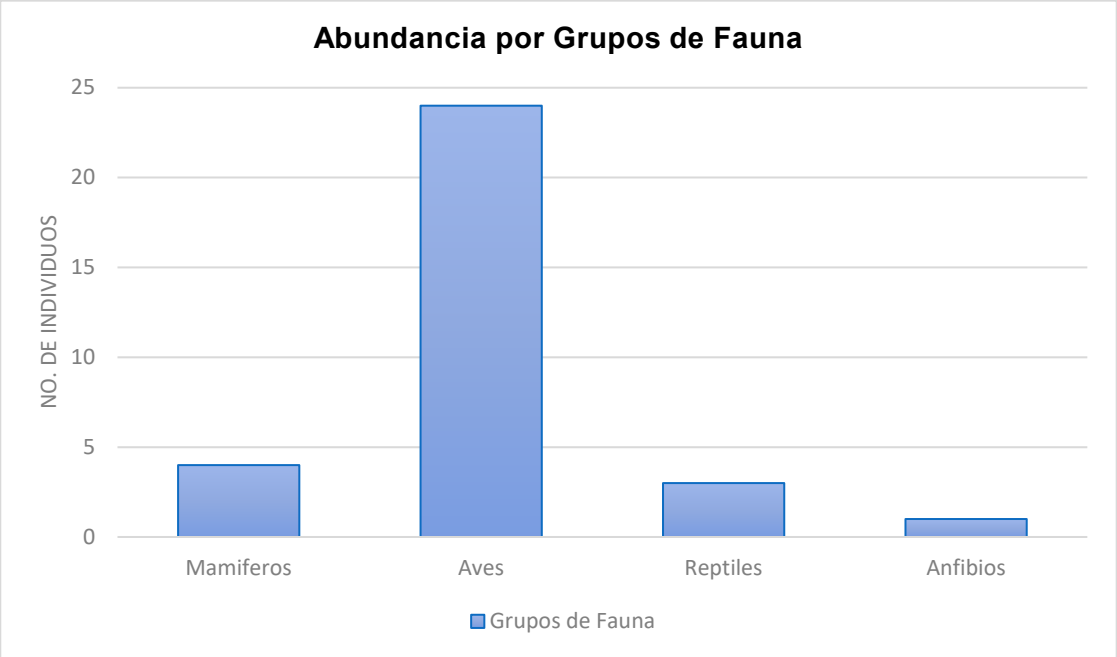


Imagen IV-33 Abundancia por grupo de faunas registradas en el sitio de estudio.

Además de que el grupo de las aves resulto dominante en riqueza y abundancia general, de igual forma en cuanto a la abundancia por especie, la chara yucateca (*Cyanocorax yucatanicus*)

resulto ser el que presenta un mayor número de individuos en comparación a todos los demás como se muestra en la gráfica presentada a continuación.

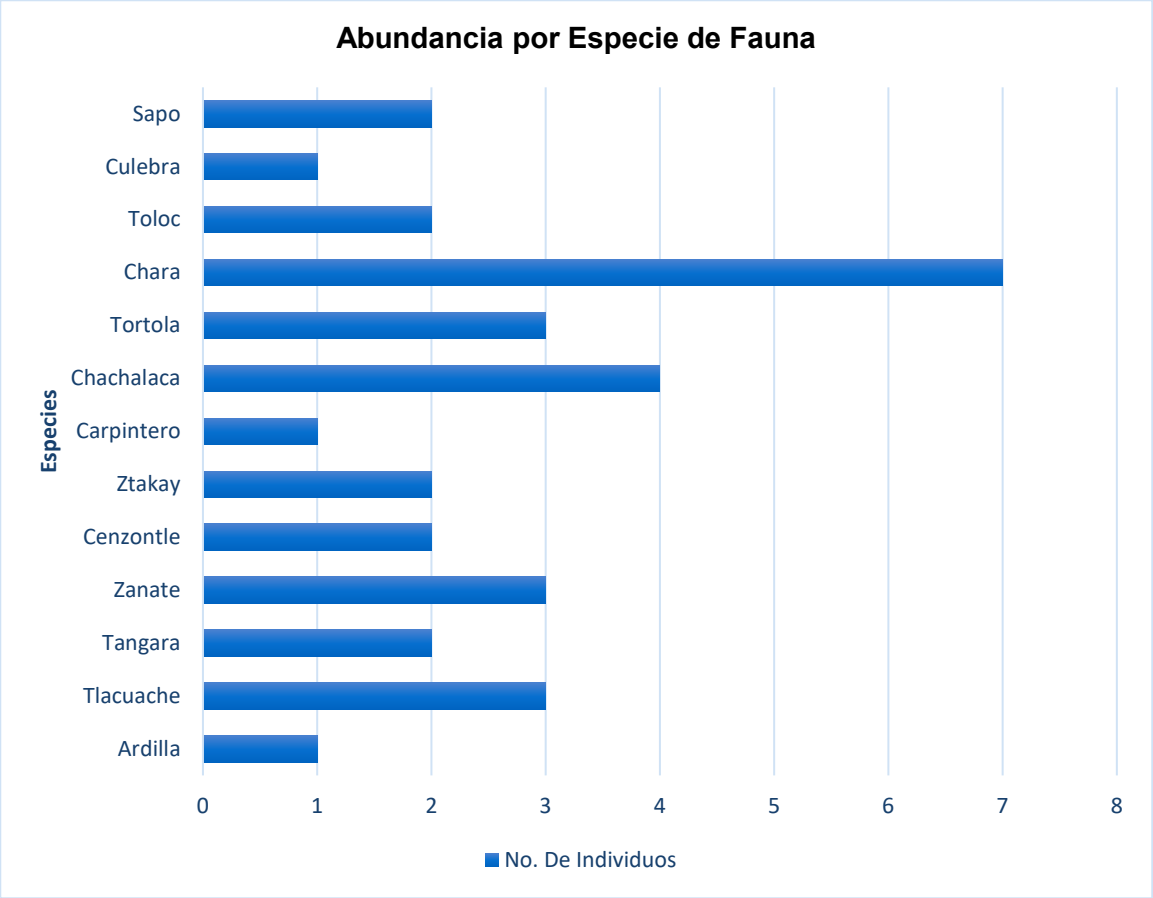


Imagen IV-34 Abundancia por especie de fauna registrada en el sitio de estudio.

El escaso número de especies registradas encuentra su explicación en dos aspectos fundamentales: el estado de deterioro de la vegetación originado por las constantes actividades que se realizan a los alrededores del predio; y por la presencia humana debido a que la zona de estudio se encuentra rodeada a sitios habitados. Además, es necesario mencionar que estudios de corta duración como el presente, tienen la limitación que los registros obtenidos sólo reflejan una parte de las especies que ocurren en un sitio en particular; ya que fluctuaciones estacionales y ambientales en el corto plazo afectan la posibilidad de observar la mayor parte de los individuos que habitan el área en un momento en particular (cf. Manzanilla y Péfaur, 2000).

Por otra parte, es necesario implementar un Programa de Rescate de Fauna Silvestre para evitar afectaciones adicionales a la fauna; el cual deberá ser realizado previo a las actividades de

desmonte. Asimismo, es necesario establecer en el Reglamento de Vigilancia Ambiental las disposiciones para evitar que los trabajadores molesten o dañen a la fauna en los sitios que se mantengan con vegetación, tanto en el predio como en su zona aledaña.

Para determinar el índice de diversidad en el caso de la fauna se estimó el Índice de Shannon-Wiener para medir la riqueza de especies registrada en el predio. Los resultados por grupo se presentan en los siguientes cuadros.

Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$H'=-\sum pi \ln pi$$

Donde:

H'= contenido de la información de la muestra.
Pi=proporción de la muestra que pertenecen a la especie i.

Tabla IV-41 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Mamíferos.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla	1	0.250	-1.39	-0.35
2	*Didelphys virginiana*	Tlacuache	3	0.750	-0.29	-0.22
	Total		4	1.000	-1.67	-0.56

Riqueza (S) =	4
H' Calculada =	0.56
H max	1.386
Equitatividad (j)	0.404
H max - H' =	0.826

Tabla IV-42 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Aves.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Piranga olivácea*	Tangara rojinegra	2	0.083	-2.48	-0.21

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
2	*Quiscalus mexicanus*	Zanate	3	0.125	-2.08	-0.26
3	*Mimus gilvus*	Cenzontle	2	0.083	-2.48	-0.21
4	*Tyrannus melancholicus*	Xtakay	2	0.083	-2.48	-0.21
5	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero	1	0.042	-3.18	-0.13
6	*Ortalis vetula*	Chachalaca	4	0.167	-1.79	-0.30
7	*Zenaida asiática*	Tortola	3	0.125	-2.08	-0.26
8	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	7	0.292	-1.23	-0.36
	Total		**24**	**1.000**	**-17.82**	**-1.93**

Riqueza (S) =	24
H' Calculada =	1.93
H max	3.178
Equitatividad (j)	0.607
H max - H' =	1.248

Tabla IV-43 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Reptiles.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Basiliscus vittatus*	Toloc	2	0.667	-0.41	-0.27
2	*Coniophanes schmidti*	Culebra rallada	1	0.333	-1.10	-0.37
	Total		**3**	**1.000**	**-1.50**	**-0.64**

Riqueza (S) =	3
H' Calculada =	0.64
H max	1.099
Equitatividad (j)	0.583
H max - H' =	0.459

Tabla IV-44 Diversidad (H') y Equidad de las especies por grupo de los Anfibios.

REGISTRO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	D-MUESTRA	ABUNDANCIA RELATIVA	LOG Pi LN	Pi * LOG2 Pi
1	*Bufo valliceps*	Sapo común	*2*	1.000	0.00	0.00
	Total		**2**	**1.000**	**0.00**	**0.00**

Riqueza (S) =	2
H' Calculada =	0
H max	0.693
Equitatividad (j)	0.000
H max - H' =	0.693

Como es de esperarse, el grupo de las aves obtuvo el valor H más alto con 1.93 que se considera alto, esto indica que existe una muy buena cantidad de especies de aves en el área, en tanto que los reptiles y los mamíferos obtuvieron un Índice H de 0.64 y 0.56 considerado bajo. Los anfibios obtuvieron un índice H de 0.0 esto quiere decir que la riqueza de este grupo de vertebrado es muy baja en razón a que sólo se registraron dos individuos y una especie. La equitatividad resultó muy similar en todos los grupos lo que considera que existe una muy buena distribución de las especies de fauna.

El escaso número de especies registradas en este estudio encuentra su explicación en dos aspectos fundamentales: el estado de deterioro de la vegetación originado por las perturbaciones meteorológicas y antropogénicas, por la presencia humana debido a que la zona de estudio se encuentra muy próxima a sitios habitados y por los ruidos continuos que se generan en las obras en construcción colindantes, así como, la cercanía de una carretera estatal.

Con base en los resultados obtenidos de la fauna de vertebrados terrestres que se registró en el predio donde se realizará el Proyecto se establecen las siguientes conclusiones:

- Debido a la condición de la vegetación del predio, la cual presenta evidencias notorias de actividades antropogénicas y secuelas de eventos hidrometereológicos recurrentes, la mayoría de las especies de fauna que se registraron en el predio toleran o se ven favorecidas por el desarrollo de actividades humanas.

3. Medio socioeconómico.

Debido a la carencia de información específica de las características del medio socioeconómico al nivel del Sistema Ambiental, se optó por describir las características del Municipio de Solidaridad, que es la unidad geográfica más pequeña para la cual se tiene información oficial disponible.

- **Demografía.**

De acuerdo con cifras del Conteo de Población y Vivienda del 2010, en el municipio de Solidaridad habría 159,310 habitantes permanentes, de los cuales 52.4% hombres y 47.6% mujeres. Hacia 2019 la población en el Municipio de Solidaridad se estimó 121,646 hombres; 112,967 mujeres, dando un total de 234,613[3]. La edad mediana de los habitantes de Solidaridad es de 24 años. La actividad principal es el turismo.

Este crecimiento acelerado de la población ha derivado en una rápida sustitución de las áreas naturales por áreas urbanas, debido a la presión que ejerce la creciente demanda para el desarrollo de vivienda, fuentes de empleo, bienes y servicios, particularmente en los alrededores de Playa del Carmen y en general en el corredor turístico Riviera Maya.

De acuerdo con los datos obtenidos en el último Censo de Población y Vivienda, en el municipio se observa que el mayor grupo de población corresponde a la división quinquenal de 25 a 29 años, en segundo lugar, de 20 a 24 años y de 30 a 34 años y 00 a 04 años empatados en tercer lugar (figura IV.5). La población total de acuerdo con el último censo es de 159,310 personas, que representa el 12 % de la población del Estado. En cuanto a los nacimientos observamos que las mujeres entre 15 y 19 años han tenido en promedio 0.2 hijos nacidos vivos, mientras que este promedio es de 3.2 para las mujeres entre 45 y 49 años. Asimismo, las mujeres entre 15 y 19 años, se registran 2 fallecimientos por cada 100 hijos nacidos vivos, mientras que para las mujeres entre 45 y49 años el porcentaje es de 6.

[3] Gobierno del Estado.

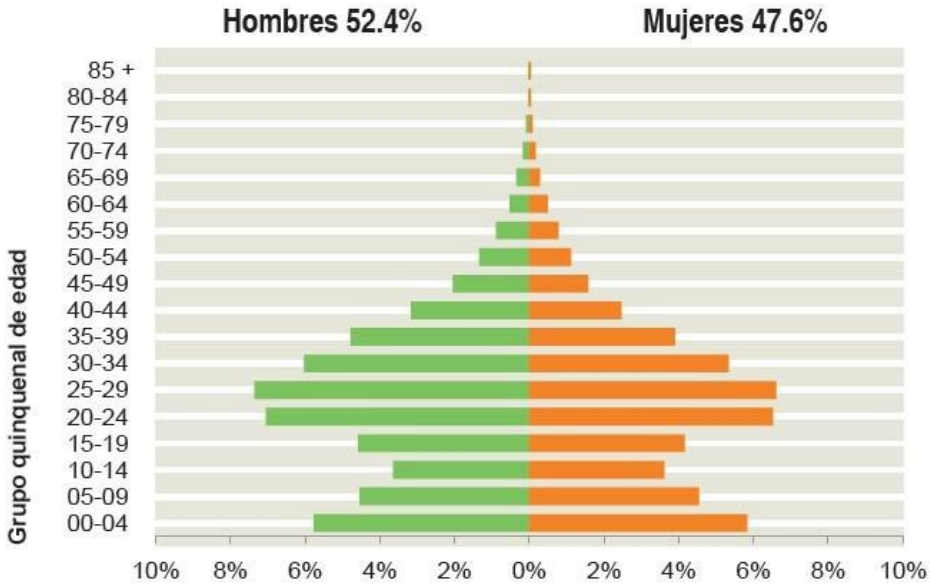


Imagen IV-35 Pirámide poblacional por rangos de edad del municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

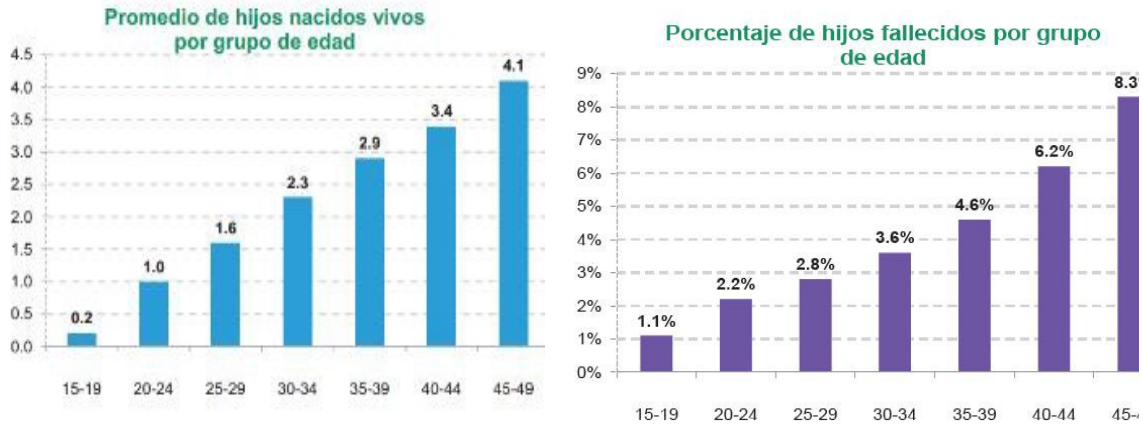


Imagen IV-36 Nacimientos de niños vivos vs niños fallecidos en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo.

El Municipio de Solidaridad es un centro de atracción de migrantes. Como factores de atracción se pueden citar la amplia oferta de empleo en el sector turístico y los servicios conexos, el crecimiento económico sostenido de los últimos 15 años y la conformación de redes sociales de los primeros migrantes que acogen a los recién llegados.

De acuerdo con las estadísticas del INEGI, 2010, al estado de Quintana Roo llegaron un total de 143 mil 899 personas a establecerse, cuya procedencia del resto de las entidades del país

principalmente se tiene que de cada 100 personas 16 provenían de Yucatán, 15 de Chiapas, 14 de Tabasco, 13 del otrora Distrito Federal (hoy Ciudad de México) y 12 de Veracruz.

- **Características socioeconómicas.**

En tan sólo quince años el municipio pasó de ser una villa de pescadores a un destino turístico de interés mundial, generadora de una derrama económica estimada en mil 700 millones de pesos, hasta el año 2010. De la población económicamente activa que representa el 68.5% del total de la población, 84.8 son hombres, mientras que el 50.1% son mujeres; mientras que de un total de 3.6% refiere a población no ocupada, siendo 4.0% hombres y 2.8% mujeres.

El Municipio de Solidaridad reporta un egreso bruto de $1,535,913,610 de pesos, canalizando $175,396,214 a servicios generales, $396,943,408 a obra pública. De acuerdo con los indicadores turísticos emitidos por SEDETUR para el periodo enero abril 2016, la Riviera Maya reportó una afluencia de 1,568,965 turistas, cifra que representa 41.52% del total de turistas registrados para Quintana Roo en ese periodo; así como una ocupación hotelera de 85.4%, con estancia promedio de 6 días –la mayor del estado- y una derrama económica de 988.45 mdd para ese periodo, con un gasto promedio por visitante por estancia de $630 dólares.

- **Actividades Económicas.**

En el sistema ambiental regional no se registran poblados o asentamientos humanos, pero existen al menos 24 desarrollos turísticos hoteleros, en su mayoría de la categoría 5 estrellas, que en conjunto cuentan con 8,212 cuartos hoteleros, que representan 19.55% de la oferta de cuartos hoteleros en la Riviera Maya, que de acuerdo con SEDETUR contaba al término de 2014 con 394 hoteles con 42,011 cuartos hoteleros.

- **Infraestructura social y de comunicaciones.**

Solidaridad es un municipio en crecimiento constante y sostenido, por lo tanto, se requiere de una infraestructura urbana que pueda cubrir las necesidades de la población. El municipio cuenta con los Centros de Atención a la Mujer del Sistema Municipal para el Desarrollo Integral de la Familia, los cuales son especializados para la atención de casos de violencia familiar. El DIF tiene bajo su cargo tres centros dedicados a la atención de Adultos Mayores, en la Colonia Gonzalo Guerrero, “La Estancia de Día para la Tercera Edad”, en la colonia Ejidal el “Club Fuente de la Sabiduría” y en la Colonia 28 de Julio el “Centro Especializado para Adultos Mayores”, donde se brindan diversos talleres y servicios a 130 personas, de quienes acuden el 95% son mujeres y sólo un 5% son hombres.

Para la comunicación marítima existe una terminal en Playa del Carmen con un muelle para las embarcaciones de ruta a Cozumel y para el servicio de tender a los cruceros turísticos internacionales que llegan frecuentemente. En cuanto a la comunicación aérea, se atiende con un aeródromo para aviones de corto alcance, que hacen el servicio entre Playa del Carmen y otros centros turísticos situados a corta distancia, sobre todo Cozumel. La Carretera Federal No. 307 es el principal soporte de la red regional de comunicaciones y cumple la función de conectar el norte y el sur del Estado. Su función original es la de conducir flujos vehiculares en viajes interurbanos, es decir entre localidades, por lo que su operación tiene características de vía regional (flujo continuo, alta velocidad, amplitud en diseño geométrico, alta resistencia en superficie de rodamiento, etc.) y vía directa al Aeropuerto Internacional de Cancún (CUN) que genera la principal afluencia de visitantes nacionales e internacionales al Estado en general.

Al interior del sistema ambiental regional definido se cuenta con una red de drenaje sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales la cual opera bajo la supervisión de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Quintana Roo (CAPA). También se cuenta con un sitio para la disposición final de residuos sólidos operado por el Ayuntamiento de Solidaridad, que presta a su vez el servicio de recolección y traslado de residuos sólidos urbanos a través del Servicio de Limpia Municipal.

4. Paisaje.

El Proyecto no modificará significativamente el área donde se pretende desarrollar, ya que solamente considera desplantar el Proyecto en una superficie de 6.960 hectáreas de las cuales 0.575 se encuentran actualmente sin vegetación forestal y 6.384 hectáreas están cubiertas con vegetación forestal siendo esta última superficie la que se solicita para cambio de uso de suelo; además que considera y propone medidas de prevención y mitigación para conservación de ciertos ecosistemas presentes en el sitio; por otra parte considera su integración, al pretender desplantarse principalmente en la zona sin vegetación y con vegetación forestal antes referida.

Por otra parte, existen varios desarrollos turísticos o sistemas de producción acuícolas puntuales en la zona que se han construido o en su caso están por construir, por lo cual, se considera que el Proyecto se integraría al constante desarrollo de la zona.

Para el análisis de la integración al paisaje, se consideraron los elementos: visibilidad, calidad paisajística y la fragilidad del paisaje.

Visibilidad: Se entiende como el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o una zona determinada.

Considerando, la premisa anterior, se determina que el sitio presenta una visibilidad de hasta 200 m de largo; por lo que prácticamente desde el centro del predio se puede observar la zona de playa. Esto se debe a que el paisaje actual del sitio donde se pretende desplantar parte del Proyecto se encuentra libre de vegetación arbórea (duna costera).

Sin embargo, la visibilidad cambia desde la carretera actual hacia la zona de playa (norte) disminuyendo entre los 50 a 80 m; lo cual se debe a la presencia de vegetación secundaria arbórea de selva mediana subperennifolia y agrupaciones de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), matorral de duna costera, con presencia de palma chit (*Thrinax radiata*) y guano (*Sabal yapa*); así como la presencia de matorral costero con presencia predominante de especies como el icaco (*Crisubalanus icaco*), chechem (*Metopium brounei*) y *Caparis flexuosa*.

El paisaje que envuelve la zona de influencia donde se pretende el desarrollo corresponde a una zona semiurbanizada, en la cual ya existen algunos Proyectos productivos principalmente acuícolas y algunos desarrollos inmobiliarios, integrados, ya que se encuentran rodeados por superficie de conservación, las cuales serán reforzadas con la siembra de ejemplares producto de rescate y reforestación que imita a la vegetación nativa de la zona.

Así mismo, cabe hacer mención que la construcción del proyectada, estará de acuerdo con el paisaje costero circundante, mejorando la calidad visual del sitio.

Calidad paisajística: Considera tres elementos; las características intrínsecas del sitio basadas en su morfología, vegetación, cuerpos de agua, entre otros. La calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia de 500 y 700 m, en el que se aprecian otros valores como las formaciones vegetales, litología, entre otros.

Finalmente, la calidad de fondo escénico; es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el Proyecto. Los elementos indicados otorgan gran importancia a la adecuada apreciación de los componentes naturales presentes en el predio.

Tal definición nos obliga a determinar la singularidad paisajística y distinguir los elementos sobresalientes naturales dignos de apreciación presentes en el predio. A pesar de que la zona actualmente cuenta con tipos de vegetación apreciable debemos mencionar que se encuentra

impactado debido a actividades principalmente de tipo antropogénico y natural como son: -La carretera costera existente, -La introducción de red de energía eléctrica, -Paso de huracanes, tormentas tropicales y nortes, -El desarrollo de Proyectos ecoturísticos.

Fragilidad: Es la capacidad o la ausencia de esta que posee el paisaje para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos antes descritos y los factores que la integran se pueden clasificar como biofísicos y morfológicos. De acuerdo con el análisis estadístico de la vegetación presente en el sitio del Proyecto se determinó que el sitio presenta una fragilidad por la presencia de los diferentes tipos de vegetación y del manglar que se encuentran en el sitio, sin embargo, el desarrollo no afectara de forma alguna a la superficie cubierta con el tipo de vegetación de manglar. Por lo que no será afectada de forma alguna. Así mismo, por las características fisonómicas de los tipos de vegetación, no permite la existencia de hábitat para la fauna silvestre, situación que se refleja al ser sitio de transito solamente de fauna.

Considerando lo anterior, es importante mencionar que el efecto del establecimiento del Proyecto y la ejecución de medidas propuestas para mitigar o prevenir los impactos ambientales que son, para este caso, las actividades de reforestación y preservación de la superficie de conservación traerá consigo el bajo deterioro del sitio.

Valor del paisaje en el sitio del Proyecto: El paisaje que actualmente se percibe en la zona próxima al sitio de intervención, es el resultado de interacciones humanas con el uso del suelo. Existen edificaciones próximas diseminadas en una retícula suburbana al norte de la cual se integra la propuesta constructiva. Así visto, el Proyecto resulta coherente en términos urbanos, ambientales, paisajísticos, territoriales, sociales e institucionales. Esto porque este Proyecto parte de un diseño de la construcción planteado en función de su entorno y es congruente con el uso de suelo vigente. En este contexto, se considera que el predio cuenta con un valor paisajístico medio, y se prevé que las construcciones se integren mediante el empleo de materiales y alturas acordes, para hacer que el Proyecto, sea armónico con el entorno.

Integración visual:
Con el objeto de integrar el Proyecto a la cuenca visual de manera armónica se tomó, como lineamiento central, mantener los parámetros normativos aplicables, así como privilegiar áreas naturales y jardinería con especies vegetales nativas.

Por otra parte, la superficie que será ocupada por el desarrollo del Proyecto se encuentra colindante con la costa del Caribe, altamente apreciada por el turismo que las visita por su

característico mar y la blancura de sus playas. Con relación a las modificaciones escénicas al sitio que permiten considerar viable el desarrollo inmobiliario turístico por lo que las modificaciones al paisaje del sitio se estiman puntuales, es decir al interior del predio siendo congruentes con las condiciones actuales de la zona.

5. Diagnóstico ambiental.

De manera general se puede afirmar que las condiciones ambientales del predio corresponden a una zona semi urbanizada derivada del poblado de Paamul, la cual presenta modificación antropogénica en los ecosistemas presentes en la zona.

Por lo anterior, para la integración del diagnóstico ambiental, se siguieron los siguientes criterios de valoración: normatividad, rareza, grado de aislamiento y calidad.

Normativo: En el predio del Proyecto se determinó que existe la presencia de especies con diversas categorías enlistadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT2010 Protección Ambiental – Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres – Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión o Cambio – Lista de Especies en Riesgo, por lo que para mitigar los posibles impactos ambientales derivados de la remoción de la vegetación por la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales y la disminución de la cobertura vegetal, se implementará un programa de rescate y reforestación de las áreas que rodearan a las construcciones y un programa de conservación de manglar, la implementación de un programa de reubicación de fauna.

Así mismo, se considera que el Proyecto se apega a lo establecido por el DECRETO POR EL QUE SE FORMULA Y EXPIDE EL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO, (POE 25 de mayo de 2009), por lo que se tiene que el Proyecto es compatible con los usos de suelo destinados para la zona donde se pretende su ubicación, así como con todos y cada uno de los criterios generales y específicos establecidos dentro de la UGA 15, denominada “Corredor Turístico Paamul-Yalku”.

- **Rareza**.

Entendiéndose por este concepto que hace referencia a un indicador sobre la escasez de un determinado recurso y está condicionado por el ámbito espacial que tenga en cuenta y que se suele considerar que un determinado recurso tiene más valor cuando más escaso sea. Toda vez, que se han identificado las especies presentes en el sitio; se determina que, en el predio, así como zonas aledañas no existe la presencia de alguna especie considerada como rara.

Sin embargo, solo se identificaron ejemplares de especies catalogadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección Ambiental – Especies Nativas de México de

Flora y Fauna Silvestres – Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión o Cambio – Lista de Especies en Riesgo.

- **Grado de aislamiento.**

El sitio del Proyecto mantendrá su grado de aislamiento, ya que se encontrará rodeado por vegetación, además de que el área de conservación propuesta será mantenida con los ejemplares de manglar existentes; además de considerar la implementación de las medidas de prevención y mitigación propuestas en la presente.

- **Calidad.**

El área seguirá cumpliendo su función de captación de agua en un 79.73% del total de la superficie del predio, así como de banco de germoplasma de la variedad de especies de flora y fauna que existen y coexistirán en el sitio.

El Proyecto generará empleo y una derrama económica significativa para los pobladores locales tanto en el proceso de preparación y constructivo, como de manera permanente asociada a la prestación de diversos servicios para los futuros usuarios y visitantes del Proyecto.

Se prevé mantener la buena calidad del suelo y aire, así como del agua marina de la Zona Federal, mediante la implementación de los adecuados sistemas de tratamiento de aguas residuales y el uso racional del agua.

V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los impactos ambientales previstos por la construcción, operación y mantenimiento de la **"Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Condominio Maestro Playa Paraíso"**, se llevó a cabo utilizando la metodología de Conesa Fernández (1997).

La metodología de Conesa-Fernández corresponde al tipo de matrices de interacción de causa-efecto, que se caracterizan como cuadros de doble entrada en una de las cuales se disponen las acciones del proyecto que causan impactos y en la otra los elementos o factores ambientales relevantes receptores de los efectos. En la matriz se señalan las casillas donde se puede producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales, cuya significancia habrá de evaluarse posteriormente.

Algunas de las ventajas de la metodología de Conesa-Fernández (1997) son la relación de impactos con acciones, la identificación de impactos, la propiedad de evaluar y predecir; asimismo la relativa facilidad para elaborar y evaluar. En el mismo contexto, los métodos basados en relaciones causa-efecto, proporcionan una alta certidumbre en la identificación de impactos, una valoración que limita en gran medida la subjetividad al considerar criterios de manifestación cualitativa de los impactos para determinar su importancia y, la cuantificación de efectos con el uso de valores numéricos y su posterior transformación a unidades mensurables de importancia final.

V.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

1. identificación de actividades generadoras de impactos ambientales

El procedimiento de evaluación del impacto ambiental inicia con la identificación de las acciones que pueden causar impactos sobre uno o más factores del medio susceptibles de recibirlos; para posteriormente caracterizar y valorar su grado de importancia.

De acuerdo con Gómez-Orea (1999), de todas las acciones que intervienen en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental, susceptibles de producir impactos concretos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deben seleccionar aquellas que sean relevantes, excluyentes/independientes, fácilmente identificables, localizables y cuantificables.

Lo anterior, debido a que desde el punto de vista ambiental algunas acciones no se consideran importantes porque no modifican o alteran el ambiente o los recursos naturales, o bien porque

su efecto es bajo o se puede anular con la adecuada y oportuna aplicación de medidas de prevención o mitigación

En este contexto, se identificaron por etapa las actividades del proyecto que causan impactos. En total se identificaron nueve impactos ambientales, distribuidos en cuatro etapas.

Tabla V-1 Actividades para el desarrollo de la PTAR.

Etapa	Actividad
Preparación del sitio	Ahuyento de flora y fauna
	Limpieza de área
	Nivelación y compactación
	Presencia de personal
Construcción	Perforación y pozos de descarga
	Edificación de la PTAR
	Presencia de personal
Operación	Operación de la PTAR
Mantenimiento	Mantenimiento de la PTAR

V.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES

El entorno se constituye por sistemas, subsistemas, componentes y factores interrelacionados. Los sistemas son el medio físico y medio sociocultural-económico, con los subsistemas medio inerte, medio biótico y perceptual, medio sociocultural y medio económico. A cada uno de estos subsistemas pertenecen una serie de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como los elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto. Para el proyecto se han identificado los subsistemas y factores ambientales que podrían ser afectados, lo cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla V-2 Factores ambientales.

Subsistema	Factores ambientales
Abiótico	Aire
	Agua
	Relieve
	Suelo
Biótico	Fauna
	Flora
Medio socioeconómico	Economía
	Servicios

	Salud humana
	Residuos

Toda vez identificados los factores ambientes se generan los indicadores de impacto por cada factor. El indicador ambiental se entiende como la expresión medible de un impacto ambiental, es decir, variable simple o expresión más o menos compleja que mejor representa la alteración. De esta manera un indicador debe ser capaz de representar numéricamente aquello que se pretende valorar (Gómez-Orea, 2003).

Conesa-Fernández recomienda cinco criterios para generar el indicador ambiental: 1. Representativos del entorno afectado, del impacto total producido por la ejecución del proyecto sobre el Medio. 2. Relevantes, portadores de información significativa sobre la magnitud e importancia del impacto. 3. Excluyentes, sin solapamientos ni redundancias. 4. De fácil identificación en su concepto y en su apreciación sobre información estadística, cartográfica o trabajos de campo. 5. De fácil cuantificación, dentro de lo posible, ya que muchos de ellos serán intangibles o inconmensurables. En la siguiente tabla se presentan los indicadores por factor ambiental identificado para el proyecto.

Tabla V-3 Indicadores por factor ambiental.

Factor ambiental	Tema	Indicador
Aire	Cambios en la calidad del aire	Emisiones de gases de efecto invernadero
	Confort acústico	Generación de ruidos
Agua	Calidad del agua	Cambios en la calidad por las descargas
Relieve	Modificación de la topografía	Superficie de aprovechamiento
Suelo	Perdida	Erosión de suelo
	Compactación	Compactación del suelo
Fauna	Abundancia	Cambio en el número de individuos
	hábitat	Reducción en la superficie de hábitat disponible
Flora	Cobertura	Cambio en la cobertura vegetal
	Abundancia	Cambio en el número de individuos
Residuos	Generación	Generación de RSU y RME
Salud humana	Exposición de personal	Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales
Infraestructura	Servicios	Consumo de energía electica y agua
Economía	Empleo	Número de empleos generados
	Derrama económica	Inversión por la adquisición de insumos

V.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación de impactos se llevó a cabo a través de la metodología de Conesa (1997), la cual consiste en matrices de interacción de causa-efecto; es decir, cuadros de doble entrada, en una se disponen las acciones del proyecto que causan impactos y en la otra los elementos o factores ambientales relevantes receptores de los efectos. Asimismo, se señalan las señalan las casillas donde se puede producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales, cuya significancia habrá de evaluarse posteriormente. De acuerdo con Conesa (1997) la identificación tiene el objetivo de detectar cuáles de las actividades asociadas al proyecto, producen alteraciones a las características de los factores ambientales; por lo que esta etapa es una visión preliminar de la relación proyecto-entorno, el cual servirá como marco de referencia para proceder con las siguientes fases de la evaluación. Primeramente, se obtuvieron identificaron el tipo de acción impactante, por actividad y etapa del proyecto. En total se identificaron 15 impactos ambientales, distribuidos en los factores ambientales aire, fauna, flora, agua, residuos, salud humana, infraestructura y económico, mismos que se muestran en la siguiente tabla..

Tabla V-4 Impactos ambientales identificados para el proyecto.

Factor	No	Impacto identificado
Aire	1	Cambios en la calidad del aire por las emisiones de gases de efecto invernadero
	2	Disminución del confort acústico por la generación de ruidos
Agua	3	Cambios en la calidad del agua por las descargas
Relieve	4	Modificación de la topografía del sitio
Suelo	5	perdida de suelo durante las actividades de preparación del sitio
	6	Compactación del terreno por las actividades de preparación del sitio
Fauna	7	Cambio en el número de individuos
	8	Reducción en la superficie de hábitat disponible
Flora	9	Cambio en la cobertura vegetal
	10	Cambio en el número de individuos
Residuos	11	Generación de RSU y RME
Salud humana	12	Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales por la exposición de los trabajadores
Infraestructura	13	Incremento en el consumo de energía electica y agua potable
Economía	14	Incremento en el número de empleos
	15	Inversión por la adquisición de insumos

V.4 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La valoración de los impactos ambientales se lleva a cabo a través de una matriz de impactos, en la cual se mide el grado de manifestación cualitativa del efecto que se define como importancia del impacto. La importancia del impacto está en función del grado de incidencia o intensidad de alteración, como de las características del efecto, que responde a una serie de atributos cualitativos como naturaleza (NA), intensidad (I), extensión (EX), momento (MO), persistencia (PE), reversibilidad (RV), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF), periodicidad (PR) y recuperabilidad (RC). Finalmente, la naturaleza del efecto puede ser perjudicial (negativa) o benéfico (positiva) el cual se expresa con un signo, + (benéfico) o - (perjudicial). Por lo que el valor de importancia esta dado por la siguiente función:

$$\mathbf{I} = \pm[\mathbf{3I} + \mathbf{2EX} + \mathbf{MO} + \mathbf{PE} + \mathbf{RV} + \mathbf{SI} + \mathbf{AC} + \mathbf{EF} + \mathbf{PR} + \mathbf{MC}]$$

El atributo intensidad es el grado de incidencia de la acción sobre el factor, el valor máximo es 12 que expresa destrucción total, y el valor mínimo es 1 que expresa acción mínima. La extensión (EX) es el área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto.

El momento (MO) se refiere al plazo de manifestación del impacto, tiempo transcurrido desde la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor. La presencia se refiere a la permanencia del efecto desde su aparición, a partir del cual el factor afectado retomaría a las condiciones iniciales.

La reversibilidad (RV) es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales. La recuperabilidad (MC) es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras).

La Sinergia (SI) es la manifestación provocada por acciones que actúan simultáneamente, donde el efecto provocado es superior si actuarán independiente. La Acumulación (AC) es el incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste o se reitera la acción que lo genera.

El Efecto (EF) es la relación causa-efecto, manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción. La Periodicidad (PR) es la regularidad de la manifestación del efecto. Los atributos se describen de forma detallada en el anexo relacionado con la descripción de la metodología empleada.

La importancia del impacto puede tomar valores entre 13 y 100, donde, los impactos de importancia inferiores a 25 son irrelevantes. Los impactos que presentan una importancia entre

25 y 50 se clasifican como moderados, mientras los que se encuentran entre 50 y 75 son severos y con valores superiores a 75 son críticos. Por lo que, los valores de importancia para los efectos se clasificaron de acuerdo con su valor como irrelevantes, moderados, severos, críticos o severos, según sea el caso.

Con base en la metodología presentada, primeramente, se elaboró la matriz de interacción entre factores ambientales y los impactos identificados. En la cual se identificaron 35 interacciones, distribuidas en 2 interacciones positivas y el resto negativas.

Durante la etapa de preparación del sitio, se observan el mayor número de interacciones negativas lo que indican que es la etapa donde se llevan a cabo el mayor impacto principalmente a los factores ambientales, aire, flora y fauna.

En contraste, durante la etapa de construcción y operación es donde se presentan el mayor número de interacciones positivas con los impactos incremento en el número de empleos e Inversión por la adquisición de insumos.

Finalmente, la Tabla V-6 muestra los valores otorgados para cada atributo al momento de la valoración del impacto.

Tabla V-5 Matriz de interacción de impactos por etapa y actividad.

Impacto	Signo	Preparación del sitio				Construcción			Operación	Mantenimiento	No. de impactos
		Presencia de personal	Ahuyento de fauna y rescate de flora	Limpieza de área	Nivelación	Presencia de personal	Perforación y pozos de descarga	Edificación de la PTAR	Operación de la PTAR	Mantenimiento de la PTAR	
Cambios en la calidad del aire por las emisiones de gases de efecto invernadero	-			1	1		1	1			4
Disminución del confort acústico por la generación de ruidos	-			1	1		1		1		4
Cambios en la calidad del agua por las descargas	-								1		1
Modificación de la topografía del sitio	-			1	1						2
perdida de suelo durante las actividades de preparación del sitio	-			1	1						2
Compactación del terreno por las actividades de preparación del sitio	-				1						1
Cambio en el número de individuos	-		1	1							2
Reducción en la superficie de hábitat disponible	-		1								1
Cambio en la cobertura vegetal	-		1								1
Cambio en el número de individuos	-		1								1
Generación de RSU y RME	-	1				1			1	1	4
Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales por la exposición de los trabajadores	-	1				1					2
Incremento en el consumo de energía electica y agua potable	-								1	1	2
Incremento en el número de empleos	+	1				1			1	1	4
Inversión por la adquisición de insumos	+			1	1		1	1			4

Tabla V-6 Matriz de valoración de impactos ambientales.

IMPACTO AMBIENTAL	+/-	ACUMULACION	EXTENSION	INTENSIDAD	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD	PERIODICIDAD	MOMENTO	EFECTO	IMPORTANCIA
Cambios en la calidad del aire por las emisiones de gases de efecto invernadero	-	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**4**	**3**	**18**
Disminución del confort acústico por la generación de ruidos	-	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**1**	**2**	**4**	**3**	**17**
Cambios en la calidad del agua por las descargas	-	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**16**
Modificación de la topografía del sitio	-	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**4**	**3**	**18**
perdida de suelo durante las actividades de preparación del sitio	-	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**4**	**3**	**25**
Compactación del terreno por las actividades de preparación del sitio	-	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**4**	**3**	**18**
Cambio en el número de individuos	-	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**4**	**3**	**25**
Reducción en la superficie de hábitat disponible	-	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**1**	**3**	**22**
Cambio en la cobertura vegetal	-	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**4**	**3**	**25**
Cambio en el número de individuos	-	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**4**	**3**	**25**
Generación de RSU y RME	-	**1**	**1**	**1**	**2**	**1**	**2**	**2**	**4**	**3**	**17**

Tabla V-6 Matriz de valoración de impactos ambientales.

IMPACTO AMBIENTAL	+/-	ACUMULACION	EXTENSION	INTENSIDAD	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD	PERIODICIDAD	MOMENTO	EFECTO	IMPORTANCIA
Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales por la exposición de los trabajadores	-	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**1**	**4**	**3**	**16**
Incremento en el consumo de energía electica y agua potable	-	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**4**	**3**	**18**
Incremento en el número de empleos	+	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**4**	**3**	**25**
Inversión por la adquisición de insumos	+	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**2**	**4**	**4**	**3**	**25**

Con base en el análisis anterior, se lograron identificar 8 impactos moderados, de los cuales dos fueron positivos y 6 negativos.

Tabla V-7 Valor de importancia de los Impactos ambientales.

Factor	IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO	IMPORTANCIA	Valor
Aire	Cambios en la calidad del aire por las emisiones de gases de efecto invernadero	-	**18**	Irrelevante
	Disminución del confort acústico por la generación de ruidos	-	**17**	Irrelevante
Agua	Cambios en la calidad del agua por las descargas	-	**16**	Irrelevante
Relieve	Modificación de la topografía del sitio	-	**18**	Irrelevante
Suelo	Perdida de suelo durante las actividades de preparación del sitio	-	**25**	Moderado
	Compactación del terreno por las actividades de preparación del sitio	-	**18**	Irrelevante
Fauna	Cambio en el número de individuos	-	**25**	Moderado
	Reducción en la superficie de hábitat disponible	-	**22**	Irrelevante
Flora	Cambio en la cobertura vegetal	-	**25**	Moderado
	Cambio en el número de individuos	-	**25**	Moderado
Residuos	Generación de RSU y RME	-	**17**	Irrelevante
Salud humana	Probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales por la exposición de los trabajadores	-	**16**	Irrelevante
Infraestructura	Incremento en el consumo de energía electica y agua potable	-	**18**	Irrelevante
Economía	Incremento en el número de empleos	+	**25**	Moderado
	Inversión por la adquisición de insumos	+	**25**	Moderado

A continuación, se describen los impactos ambientales que se evaluaron como moderados por factor ambiental.

SUELO-. Perdida de suelo durante las actividades de preparación del sitio

Durante las actividades de construcción del proyecto, se realizarán actividades que implican cambios en las características del suelo como son la perforación del pozo, y las instalaciones da las líneas de conducción, así como la instalación misma de la planta de tratamiento. Las actividades de perforación implican la remoción de parte del suelo, de las capas superficiales y de las capas inferiores, hasta llegar a la profundidad requerida de -100 m para el pozo de

descarga. Para estas actividades se tomarán las medidas necesarias para evitar la afectación de cavernas secas o saturadas importantes en el flujo de agua hacia el mar y viceversa. Esto determinado por la mecánica de suelos específica en el sitio de perforación de los pozos, y dictaminado previamente por la CONAGUA. Adicionalmente, debido a la remoción de vegetación del sitio en donde se instalará la planta y en donde se construirá el pozo e instalará la tubería, se prevé que el suelo podría quedar expuesto a la erosión, sin embargo, los trabajos de instalación hidráulica, componentes y los ademes del pozo se realizará de manera inmediata, evitando con ellos los efectos sobre el suelo.

FAUNA. Cambio en el número de individuos.

La riqueza de especies registrada en el área de estudio para los cuatro grupos de vertebrados es un indicador de que las condiciones actuales ofrecen sitios de refugio y recursos alimenticios a la fauna silvestre. La composición faunística del área de estudio corresponde a sitios con poca perturbación antropogénica, y en general, un buen estado de conservación. Con las actividades del proyecto se espera generar cambios en la abundancia de la fauna, que ocurrirá desde el inicio de actividades, ya que se prevé que la fauna se desplace hacia otras áreas con vegetación ante la presencia del personal.

La capacidad de movilidad de las especies ante una perturbación varía de acuerdo a sus características morfológicas y físicas. Algunas especies altamente móviles, como aves y mamíferos, pueden trasladarse relativamente rápido a sitios con mejores condiciones; sin embargo, su traslado también depende de la velocidad con que se producen los cambios en el ambiente.

Los anfibios y reptiles, por su condición ectotérmica, son más susceptibles a cambios en el entorno que afectan la temperatura, fuerza y dirección del viento y humedad (Mandujano et al., 2008). Esto dificulta su permanencia en sitios perturbados, sin embargo, algunas especies principalmente del trópico son tolerantes a estos sitios y han desarrollado respuestas adaptativas para evitar las altas temperaturas del día; cada grupo presenta un rango de tolerancia térmica, adaptación conductual y fisiológica. Esto permite a los anfibios y reptiles habitar en pastizales, en el borde o en el interior de un bosque y en ambientes fragmentados, respondiendo de diversas y complejas maneras a los cambios en el microhábitat (Gómez, 2007).

Para mitigar el impacto sobre las especies registradas u otras que pueden utilizar el área, se contempla de manera previa a iniciar las actividades de remoción de la vegetación, se lleven a cabo actividades de ahuyento para que las especies de fauna presentes en las áreas de aprovechamiento se desplacen hacia las áreas de conservación aledañas del condominio

maestro o del sistema ambiental. En el caso de registrar fauna de lento desplazamiento o que no pueda moverse, así como nidos, se llevarán acciones de rescate y reubicación.

FLORA. Cambio en la cobertura vegetal y número de individuos.

El lote donde se pretende establecer el proyecto presenta vegetación secundaria derivada de Selva Mediana Subperennifolia, la estructura está dominada por ejemplares arbustivos de bajo diámetro. Sin embargo, presenta algunas especies bajo alguna categoría de riesgo como Palma nacax (*Coccothrinax readii*), por lo que se llevará a cabo un programa de rescate de la vegetación previo al inicio de actividades. Asimismo, se destinará un área para la conservación de la flora y almacenamiento de Carbono en el Ejido Felipe Carrillo Puerto como medida de mitigación, por lo que en estas áreas se preservará la flora y fauna y los servicios ambientales y características propias del hábitat que este ecosistema provee.

ECONOMÍA. Incremento en el número de empleos e inversión por la adquisición de insumos.

Se determinaron dos impactos positivos sobre la economía, uno está relacionado con la generación de empleos y el otro con la derrama económica por la adquisición de insumos, el pago de derechos de servicios, etc., los cuales se calificaron como no significativo y despreciable. El impacto de la generación de empleos se consideró como directo, acumulativo, con efecto a largo plazo, reiterativo y permanente. Durante las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto, se contratará personal de la zona del ramo de la construcción. En la etapa operativa también se generarán empleos ya que se contratará personal para operar la PTAR. Con relación al impacto relativo a la derrama económica se consideró como directo, acumulativo, con efecto a largo plazo y permanente. La economía local se beneficiará por la adquisición de insumos para la construcción del proyecto, ya que los equipos de la planta de tratamiento serán adquiridos con empresas nacionales y locales, que se encargarán de su instalación. También se realizarán las inversiones necesarias para obtener las autorizaciones correspondientes para la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales y para dar seguimiento de dichas autorizaciones.

VI MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS RECURSOS FORESTALES.

Las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para el proyecto “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y Planta de Osmosis Inversa del Condominio Playa Paraíso”, considerando la etapa de construcción y operación, partiendo de las medidas

generales para, posteriormente describir medidas específicas aplicables a las etapas antes señaladas.

Es oportuno señalar que las medidas de mitigación propuestas en los apartados que a continuación se presentan, fueron diseñadas tomando en consideración las condiciones ambientales del predio, instrumentos de planeación y normas oficiales mexicanas.

VI.1 MEDIDAS GENERALES.

Durante el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo actividades comunes en más de una etapa del proyecto, como el empleo de la mano de obra, que representa la presencia de personas en el área en la que se pretende construir e instalar la planta de tratamiento de aguas residuales, así como la adquisición y almacenamiento de materiales y la generación de residuos sólidos urbanos derivados del consumo de alimentos y bebidas por parte de los colaboradores, por lo que se incluyen las medidas para regular estas actividades:

2. Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales a generarse por la presencia del personal de obra.

Desde un enfoque económico, la presencia de personal se considera un impacto positivo, toda vez que, durante la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto, se prevé la contratación de la mano de obra local, mismo que en su mayoría son locales, sin embargo, esto también trae consigo la generación de impactos negativos durante las diferentes etapas del proyecto ya que la mayoría de los colaboradores no cuentan con el conocimiento de las afectaciones al ambiente , lo cual es un factor potencial en la contribución de una serie de impactos entre los que se encuentran los listados a continuación.

- Residuos sólidos dispersos en la superficie en la que se llevan a cabo las obras, así como en zonas aledañas, lo que causa mal aspecto en el centro de trabajo.
- Fecalismo y micciones en áreas de obra, generando malos olores.

A fin de mitigar estos impactos, la Educación Ambiental y la aplicación de un reglamento interno de trabajo son básicas para atenuar algunos de los impactos ambientales que generará el proyecto. Concientizar al personal en cuanto al uso correcto de la infraestructura de apoyo (baños de obra y contenedores de residuos), así como el cuidado y respeto de la flora y la fauna que pudiera encontrarse.

Asimismo, el mal manejo de la infraestructura de apoyo antes mencionada, vuelve propenso el establecimiento de fauna nociva, así como la contaminación del manto freático, lo que

puede resultar nocivo tanto ambientalmente, como en el ámbito de seguridad e higiene para el mismo personal que labore en la obra, **es por lo anterior que se proponen las siguientes medidas a objeto de evitar que esto suceda.**

- Concientizar al personal de la importancia de usar adecuadamente la infraestructura de apoyo, lo que se recomienda hacer periódicamente mediante un programa de capacitación, así como pláticas matutinas o briefing, mismas que serán impartidas durante el tiempo que duren las obras.

- Colocar letreros informativos y letreros prohibitivos para promover buenas prácticas ambientales.

- Colocar estratégicamente contenedores para los residuos, a fin de evitar que se depositen de manera inadecuada; dichos recipientes deberán estar debidamente rotulados, preferentemente con gráficos que muestren el tipo de residuo que se colocará en cada uno de ellos y deberán contar con tapa para evitar la dispersión de residuos o bien, la generación de fauna nociva.

- Promover entre el personal el uso de los sanitarios.

- Mantener los baños en buenas condiciones sanitarias para evitar que el personal incurra en la defecación y micción al aire libre.

- Mantener una continua vigilancia sobre las actividades de los trabajadores para supervisar que se esté haciendo uso adecuado de la infraestructura de apoyo.

- **Concientización ambiental de los trabajadores.**

Las actividades de concientización ambiental son fundamentales en el desarrollo del proyecto, pues es importante que los trabajadores comprendan los impactos o repercusiones ya sean negativas o positivas que pueden tener sus acciones durante su estancia en el centro de trabajo.

A continuación, se presentan algunas de las acciones que se llevarán a cabo como parte de las actividades de concientización ambiental.

Considerando que la expresión gráfica es la forma más adecuada para hacer llegar la información ambiental a todos los involucrados, ya que sin importar su nivel de educación los gráficos son de fácil comprensión, se colocarán letreros informativos, indicativos y restrictivos en sitios estratégicos dentro de la obra, los cuales se manejarán en español y en lengua maya, considerando que muchos de los trabajadores de la zona no hablan bien el español.Los letreros, dependiendo de su tipo, exhibirán anuncios como los siguientes:

- **Indicativos:** flechas del sentido de circulación vehicular, velocidad máxima permitida, caminos, límites del predio, ubicación de botes de basura, utilización de sanitarios portátiles, entre otros.

- **Restrictivos:** señalarán las actividades no permitidas como la caza, la extracción de especies nativas o encender fogatas. Recordarán el no abandonar desechos sólidos o líquidos en cualquier parte de la obra, especificarán el tipo de basura que se depositará en tal o cual contenedor.

- **Informativos:** Señalarán la ubicación de las áreas dentro de la obra (baños, bodegas), etc.

Periódicamente se impartirán pláticas durante las etapas del proyecto, con la finalidad de sensibilizar al personal de la importancia de usar la infraestructura de apoyo, realizar la separación de los residuos, etc.

Para que dichas actividades den resultado se recomienda poner la información ambiental al alcance de los trabajadores, considerando su nivel de educación, de modo que sea de fácil comprensión.

- **Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales a generarse por la adquisición, traslado y almacenamiento de materiales de construcción.**
  - Todos los materiales pétreos (grava, arena, polvo, material de relleno o piedra de la región) que se requieran para la obra serán adquiridos en casas comerciales y/o bancos de materiales autorizados.
  - El transporte de los materiales pétreos se realizará en camiones cubiertos con lonas para disminuir en la medida de lo posible la dispersión de partículas de polvo.
  - Los agregados (cemento, cal, pegazulejo, etc.) se almacenarán en un área techada y ventilada, y con piso de cemento.
  - La promovente presentará copia de los recibos de la adquisición del material en centros autorizados.

- **Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales provocados por la generación de residuos sólidos.**

Derivado de las actividades de construcción, entre las que se incluye la perforación de pozo e implementación del equipamiento de la planta de tratamiento, así como el establecimiento del tendido de tuberías, se espera la generación de residuos de tipo especial como materiales ferrosos, residuos de construcción, productos derivados excavación, por citar algunos. Las

medidas propuestas son:

Medidas preventivas

1. El material pétreo resultante de las actividades de cortes del suelo podrá ser utilizado para la nivelación de las obras en áreas del proyecto principal que así lo requieran. El excedente será retirado del predio al sitio que la autoridad municipal establezca.

2. Se concientizará al personal sobre la importancia de dar un adecuado manejo a los residuos.

3. El consumo de alimentos se llevará a cabo estrictamente en una zona destinada para este propósito, y los residuos generados deberán depositarse en los recipientes destinados para tal fin.

4. Se colocarán suficientes contenedores para el acopio de los residuos, los cuales contarán con tapa y con una bolsa de plástico en su interior para facilitar su traslado al área de acopio temporal, además los contenedores deberán de estar rotulados conforme al tipo de residuo a contener, con el cual se fomentará una cultura de separación de residuos entre el personal.

5. Los desechos de construcción deberán ser retirados del predio al lugar donde la autoridad así lo disponga, lo cual deberá realizarse periódicamente con el fin de evitar la acumulación en grandes cantidades de residuos que puedan generar la proliferación de fauna nociva.

6. Se separarán los desechos de construcción que puedan ser reutilizados y reciclados, tales como madera, alambres, varillas o cartón, entre otros.

7. Se promoverá la separación de residuos, con la finalidad de recuperar aquellos susceptibles de reciclaje tales como aluminio, PET, papel, cartón, metales ferrosos, plásticos.

8. Durante la etapa de construcción se tiene previsto que se generen residuos con características de peligrosos, tales como botes vacíos y estopas impregnadas con pegamentos, solventes, pintura entre otros), los cuales serán acopiados de forma diferenciada y resguardados en un almacén que forma parte del proyecto principal que contará con las medias de seguridad para el almacenamiento seguro de los mismos. Estos residuos se entregarán a una empresa autorizada por la SEMARNAT para su disposición final.

9. Los residuos orgánicos e inorgánicos que no sean reciclables serán almacenados en bolsas de plástico, colocados en contenedores, y serán retirados del predio y trasladados al relleno sanitario municipal.

10. Al término de cada jornada laboral se realizará un recorrido por el área del proyecto y se recolectarán todos los residuos que pudieran haber quedado fuera de los contenedores.

Medidas de mitigación

1. Los desechos orgánicos e inorgánicos producto de la ingesta de alimentos por parte del personal deberán ser retirados diariamente del área de trabajo.

2. Los residuos reciclables (envases de vidrio, envases de plástico, latas de aluminio y papel) se separarán y se entregarán ante una empresa autorizada por la SEMAQROO, para la recolección, trasporte y disposición final.

3. El área de trabajo se mantendrá limpia, y quedará prohibido almacenar o tirar escombros y materiales en los predios aledaños o áreas de conservación.

4. Todos los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, que no sean reciclados o reutilizados, se trasladarán al relleno sanitario municipal.

5. Se mantendrá limpios los frentes de trabajo, y se colocarán contenedores de residuos en sitios estratégicos y letreros informativos. Esto con la finalidad de mantener limpia esta zona.

- **Medidas para prevenir y mitigar los impactos potenciales provocados por la generación de residuos peligrosos.**

Los residuos peligrosos que se generarán durante la construcción son los derivados del empleo de la maquinaria y equipo, así como el uso de solventes, pegamentos, y otras sustancias peligrosas. Para promover un manejo adecuado de éstos se implementarán las siguientes medidas:

Medidas de prevención

1. Toda la maquinaria que ingrese al predio con el fin de realizar labores o dejar material deberá estar en óptimas condiciones de funcionamiento.

2. Quedará estrictamente prohibido dar mantenimiento o realizar reparaciones a la maquinaria o camiones dentro del predio salvo en casos estrictamente necesarios,

para lo cual deberán de tomarse todas las medidas de prevención para evitar la filtración de aceites o residuos directamente al suelo.

3. Las máquinas y equipos deberán de resguardarse en un sitio adecuado al término de la jornada de trabajo.

4. Se habilitará un sitio como parte del proyecto principal para el almacenamiento de aceites, combustibles o sustancias químicas, si es que llegaran a requerirse, el cual contará con las medidas de seguridad necesarias para su óptimo funcionamiento, es decir, estará delimitado, contará con suelo de concreto, con ventilación, muros de contención o borde perimetral, fosas de retención, canaletas o trincheras, sistemas de extinción y señalización suficiente.

5. Los recipientes donde se almacenen estas sustancias estarán tapados y rotulados, indicando su contenido, y se colocarán verticalmente para evitar derrames accidentales.

6. Los residuos peligrosos generados se colectarán en contenedores libre de fugas y debidamente etiquetados de acuerdo con el tipo de residuos que se almacenen y serán entregados a una empresa autorizada por la SEMARNAT para la recolección, trasporte y disposición final.

7. Se contará con un kit de recuperación (aserrín, arena o algún otro material absorbente) que pueda ser utilizado para la recolección de sustancias en caso de algún derrame accidental.

Medidas de mitigación:

1. En caso de una avería de la maquinaria y equipo, se realizará el acondicionamiento del área en la que se colocará un plástico o una geomembrana para evitar la filtración de contaminante al suelo.

2. En caso de derrames accidentales de aceite o hidrocarburos al suelo, se procederá a contenerlos con “aserrín”, y se retirará el suelo que haya sido afectado para evitar lixiviados hacia el manto freático, cuyos residuos serán dispuestos como residuos peligrosos y se confinarán en el almacén de residuos peligrosos.

3. En caso de detectarse que se está empleando equipo o maquinaria en malas condiciones mecánicas, se ordenará detener sus actividades, será retirada del predio, y se sustituirán por otros en buen estado.

4. Los residuos peligrosos, no podrán ser almacenados por más de 6 meses y deberán entregarse a una empresa autorizada por la SEMARNAT para su disposición final.

VI.2 MEDIDAS ESPECIFICAS PARA CADA ETAPA

A continuación, se desglosan los impactos potenciales identificados, así como las medidas de mitigación, prevención y compensación en cada una de las fases del proyecto. En el cuadro siguiente se indican los impactos adversos identificados para cada etapa del proyecto.

1. Etapa de preparación del sitio

La etapa de preparación del sitio del proyecto comprende las actividades de ahuyento de fauna, nivelación y limpieza del área en la que se pretende instalar la planta de tratamiento.

En los siguientes párrafos se describen las medidas que se aplicarán para mitigar los impactos generados por las actividades que corresponden a esta etapa.

Factor	Impactos
Aire	• Emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero • Generación de ruido
DESCRIPCIÓN: Al aplicar las medidas de prevención y mitigación en la etapa de preparación del sitio, se espera reducir al mínimo las afectaciones que pudieran causarse derivado del uso de maquinaria.	
MEDIDAS: • Minimizar la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes emitidos al ambiente por el uso de maquinaria, equipo y las actividades de excavación. • Minimizar el impacto en la calidad del aire como consecuencia del ruido producido en las etapas del proyecto. • La maquinaria permanecerá apagada durante el tiempo en que no se esté utilizando. • Se mantendrá húmedo el sitio a fin de evitar la dispersión de polvos y partículas.	

Factor	Impactos
Topografía y Suelo	• Modificación del terreno • Pérdida y compactación del suelo

DESCRIPCIÓN: Debido a que la preparación del sitio implica la remoción de parte del suelo, de las capas superficiales y de las capas inferiores, se prevé una afectación directa respecto a la compactación del suelo y modificación del terreno.
MEDIDAS: • Minimizar la pérdida de suelo y los cambios en sus características por las actividades de compactación. • Evitar la afectación de las elevaciones topográficas y condiciones de suelo en las áreas que no sean para el desplante. • Remoción del área de la vegetación que se corresponde al proyecto. • Realizar el rescate de suelo y material vegetal para posteriormente triturarlo y reintegrarlo a las áreas verdes del Condominio Maestro.

Factor	Impactos
Fauna	• Cambios en la abundancia de ejemplares de fauna incluyendo los de la NOM-059-SEMARNAT-2010 • Fragmentación del hábitat de la fauna
DESCRIPCIÓN: Al aplicar las medidas de prevención y mitigación en la etapa de preparación, se espera que las especies de fauna presentes se desplacen hacia otros sitios más seguros, y que las especies de lento desplazamiento o de alta fidelidad a su ámbito hogareño, que no pueden desplazarse, no sean afectadas.	

MEDIDAS:

- Previo a las labores de preparación se realizará un recorrido con el fin de localizar a los organismos de lento desplazamiento, adicionalmente se generará ruido para ahuyentar a las especies que se encuentren dentro de las áreas a intervenir.
- Se colocarán anuncios y señales informando sobre la importancia de la fauna, las razones de su protección e incluso las sanciones a las que se harán **acreedores en** caso de que se sorprenda a alguien afectando o aprovechando algunas de las especies de fauna presentes en el sitio.
- Se pondrá a disposición de las autoridades a todo trabajador que afecte de manera ilegal a alguna especie.
- Quedará prohibida la caza de animales.
- No se permitirá la introducción de fauna feral, especialmente gatos y perros.
- Reportar a vigilancia la presencia de fauna feral que pudiera estar entrando de los predios aledaños del proyecto, ya que la malla de delimitación tiene un espacio inferior para el paso de la fauna, esto con el fin de retirarlos del predio en coordinación con las autoridades municipales.
- Si alguna especie de fauna nativa resulta herida por efecto de las actividades de construcción, recibirá atención médica veterinaria y se dará aviso a la PROFEPA en el caso de ser necesario.
- Aplicación del Programa de rescate de fauna (Anexo Técnico 3)

Factor	Impactos
Residuos	Incrementoen la generación de residuos sólidos y de manejo especial Incrementoen la generación de residuos peligrosos
DESCRIPCIÓN: Se espera la generación de residuos sólidos derivados del consumo de alimentos y bebidas por parte de los trabajadores que se encuentren en las actividades de esta etapa. Asimismo, se prevé que pudieran generarse en algún momento residuos peligrosos en bajo volumen derivado del uso de diésel y/o combustible para la maquinaria.	
MEDIDAS: • Se colocarán contenedores identificado de acuerdo al tipo de residuos que se generen. • Los trabajadores recibirán pláticas orientadas a la correcta disposición de los residuos. • Los residuos que no sean susceptibles de reciclaje serán trasladados al relleno sanitario municipal. • Los residuos peligrosos se acopiarán en el almacén de residuos peligrosos temporal con el que cuenta el Plan Maestro, posteriormente, serán entregados a una empresa autorizada en su manejo y disposición final. • A fin de evitar que se generen residuos peligrosos, se preverá que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones a fin de no suministrarle combustible en el predio.	

Factor	**Impactos**
Salud humana	Implicará la posibilidad de un accidente de trabajo.
DESCRIPCIÓN: Se corre el riesgo de que al realizar las actividades relacionadas con esta etapa ocurran accidentes que atenten contra la integridad física de los trabajadores; así mismo, el mal manejo de los residuos y la falta de higiene por parte de los trabajadores pueden ocasionarles enfermedades. Además, la ubicación del proyecto corresponde a una zona susceptible de impactos por causa de eventos climáticos, por lo que habrán de tomarse las medidas necesarias a fin de evitar un accidente en caso de algún fenómeno meteorológico.	
MEDIDAS: • El personal de obra contará con equipo de seguridad mínimo necesario que permita mantenerlo protegido, dependiendo de la actividad que realice (casco, chaleco y botas lentes, etc.). • Se contará con un paramédico en la obra, con un botiquín de primeros auxilios que contenga lo básico (gasas, vendas, alcohol, mertiolate, algodón, curitas, analgésicos, antidiarreicos, etc), para atender cualquier emergencia que no requiera hospitalización. • Se colocarán señalizaciones y carteles fomentando el uso de los equipos de seguridad. • Se suministrará agua purificada a los obreros. • Se colocarán baños portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, a efecto de evitar fecalismo y micción que puede causar enfermedades gastrointestinales. En caso de la presencia de algún huracán o tormenta tropical que pudiera poner en riesgo la vida del personal, se retirará al personal por lo menos un día antes de la llegada del fenómeno natural, y se seguirán todas las disposiciones del personal de protección civil.	

2. Etapa de construcción.

A continuación, se analizan los diferentes impactos potenciales identificados en esta etapa, agrupados según el componente ambiental y el indicador sobre el cual inciden.

Factor	Impactos
Aire	• Cambios en la calidad del aire por emisiones a la atmósfera y producción de gases de efecto invernadero • Cambios en la calidad del aire por la generación de ruido
DESCRIPCIÓN: Se identifican tres formas principales de acciones que afectan negativamente la atmósfera: ▪ La generación de ruido, el cual es importante toda vez que la perforación del pozo implica el uso simultáneo de equipo de bombeo y de maquinaria de rotación y martilleo, lo que se sumara al ruido existente de las obras en el Condominio Maestro. ▪ La generación de polvos a causa del movimiento de los materiales que son extraídos para formar el pozo, y que al quedar a cielo abierto en las fosas de perforación pueden quedar suspendidos en el aire. ▪ La emisión de humos producto de la combustión de hidrocarburos por la maquinaria que se utilice. El primer impacto es el más importante en magnitud, aunque su duración es menor, ya que cesa en cuanto se termina de utilizar la maquinaria de perforación; en tanto que, los últimos dos impactos descritos se consideran limitados en su magnitud y tiempo, sin embargo, los polvos y humos permanecen en el aire aun después de que han terminado los trabajos.	
MEDIDAS: • Las áreas de trabajo serán regadas constantemente para evitar la dispersión de partículas de polvo. • Se solicitará que el material sea transportado húmedo y en camiones cubiertos con lona, evitando llenar excesivamente los mismos para que no se registre un desborde. • Se verificará que la maquinaria y equipo antes de ingresar al predio del proyecto se encuentre afinada y en óptimas condiciones mecánicas, para evitar emisiones contaminantes al aire, fuera de los niveles permitidos por las normas correspondientes. • La maquinaria permanecerá apagada durante los lapsos que no se ocupe. • Se llevará a cabo el mantenimiento continuo de las máquinas y equipos que sea utilizado en la obra en talleres autorizados.	

Factor	Impactos
Topografía y Suelo	• Modificación de la topografía • Pérdida del suelo • Compactación de terreno

DESCRIPCIÓN:

Durante las actividades de construcción del proyecto, se realizarán actividades que implican cambios en las características del suelo como son la perforación del pozo, y las instalaciones da las líneas de conducción de tubería, así como la instalación misma de la planta de tratamiento.

Las actividades de perforación implican la remoción de parte del suelo, de las capas superficiales y de las capas inferiores, hasta llegar a la profundidad requerida de -100 m para el pozo de descarga

MEDIDAS:

- Los trabajos de instalación hidráulica, componentes y los ademes del pozo se realizará de manera pronta una vez que se haya terminado de nivelar el área, evitando con ello los efectos sobre el suelo causados por su exposición.
- Respecto a la perforación del pozo, se tomarán las medidas necesarias para evitar la afectación de cavernas secas o saturadas importantes en el flujo de agua hacia el mar y viceversa. Esto determinado por la mecánica de suelos específica en el sitio de perforación de los pozos, y dictaminado previamente por la CONAGUA
- Se realizará el rescate del suelo posterior al desmonte del terreno en las áreas de aprovechamiento.
- El suelo rescatado será cribado y reutilizado en las actividades de rescate de flore y en la habilitación de las áreas ajardinadas que se proponen en la Casa Club.
- Limitar el retiro de suelo natural y las excavaciones únicamente a las zonas de desplante que considera el proyecto.
- Señalización restrictiva y colocación de una malla de delimitación en las áreas de desplante para evitar el acceso peatonal a las áreas de conservación.

Factor	Impactos
Topografía y Suelo	• Modificación de la topografía • Pérdida del suelo • Compactación de terreno
DESCRIPCIÓN: Durante las actividades de construcción del proyecto, se realizarán actividades que implican cambios en las características del suelo como son la perforación del pozo, y las instalaciones da las líneas de conducción de tubería, así como la instalación misma de la planta de tratamiento. Las actividades de perforación implican la remoción de parte del suelo, de las capas superficiales y de las capas inferiores, hasta llegar a la profundidad requerida de -100 m para el pozo de descarga	
MEDIDAS: • Los trabajos de instalación hidráulica, componentes y los ademes del pozo se realizará de manera pronta una vez que se haya terminado de nivelar el área, evitando con ello los efectos sobre el suelo causados por su exposición. • Respecto a la perforación del pozo, se tomarán las medidas necesarias para evitar la afectación de cavernas secas o saturadas importantes en el flujo de agua hacia el mar y viceversa. Esto determinado por la mecánica de suelos específica en el sitio de perforación de los pozos, y dictaminado previamente por la CONAGUA • Se realizará el rescate del suelo posterior al desmonte del terreno en las áreas de aprovechamiento. • El suelo rescatado será cribado y reutilizado en las actividades de rescate de flore y en la habilitación de las áreas ajardinadas que se proponen en la Casa Club. • Limitar el retiro de suelo natural y las excavaciones únicamente a las zonas de desplante que considera el proyecto. • Señalización restrictiva y colocación de una malla de delimitación en las áreas de desplante para evitar el acceso peatonal a las áreas de conservación.	

Factor	Impactos
Hidrología	• Cambios en la disponibilidad del agua • Cambios de la calidad del agua por actividades de descarga de agua.
DESCRIPCIÓN: Durante las actividades de perforación y antes de que se hayan colocado los ademes del pozo, puede ocurrir la infiltración al acuífero de materiales contaminantes de la superficie, lo cual podría afectar la calidad del agua del acuífero.	

Factor	Impactos

MEDIDAS:

- Respecto a la construcción del pozo, éste será construido con base en estudios de prospección geohidrológica realizados en un pozo exploratorio de manera previa.
- Delimitación y señalización de las áreas de conservación para evitar afectaciones y que el agua siga infiltrándose hacia el subsuelo en ellas.
- La perforación y acabado del pozo, se realizará con equipo y maquinaria de perforación convencional que será contratada para tal efecto, verificando que ésta no tenga residuos de grasas u otros elementos que pudieran contaminar el manto acuífero.
- El pozo se construirá de acuerdo a las especificaciones que marca la NOM-003- CNA-1996, que si bien, es para pozos de extracción, considera medidas para garantizar que no haya eventos de contaminación ni afectación al acuífero durante la construcción de pozos.
- Antes de la realización de actividades de construcción se ahuyentará a la fauna a través de la producción de ruido. En el caso de aquellas especies que resulten de lento desplazamiento, serán reubicadas a las áreas de conservación. Adicionalmente se pondrá en práctica el Programa de rescate de fauna.
- Los colaboradores recibirán capacitación en materia ambiental a fin de hacer de su conocimiento y concientizarlos sobre la importancia que tiene la flora y fauna.
- Se mantendrán señalamientos prohibitivos y restrictivos respecto al cuidado de la flora y fauna.
- Se pondrá a disposición de las autoridades a todo trabajador que afecte de manera ilegal a alguna especie.
- Quedará prohibida la caza de animales.
- No se permitirá la introducción de fauna feral, especialmente gatos y perros.

Reportar a vigilancia la presencia de fauna feral que pudiera estar entrando de los predios aledaños del proyecto, ya que la malla de delimitación tiene un espacio inferior para el paso de la fauna, esto con el fin de retirarlos del predio en coordinación con las autoridades municipales.

Factor	Impactos
Residuos	• Incremento en la generación de residuos sólidos y de manejo especial • Incremento en la generación de residuos peligrosos

DESCRIPCIÓN:

Se espera la generación de residuos sólidos derivados del consumo de alimentos y bebidas por parte de los trabajadores que se encuentren en las actividades de esta etapa, así como residuos sanitarios y aguas residuales.
Asimismo, que se generen residuos derivados de materiales de construcción y residuos inorgánicos.
Se esperan residuos de obra generados a partir de la instalación de la planta, tales como, pedacería de plástico, PVC, mosaico y vidrio
Asimismo, se prevé generar material derivado de las actividades de perforación y que pudieran generarse en algún momento residuos peligrosos en bajo volumen derivado del uso de diésel y/o combustible para la maquinaria.

MEDIDAS:

- Se colocarán contenedores identificado de acuerdo al tipo de residuos que se generen.
- Los trabajadores recibirán pláticas orientadas a la correcta disposición de los residuos.
- Los residuos que no sean susceptibles de reciclaje serán trasladados al relleno sanitario municipal.
- Los residuos peligrosos se acopiarán en el almacén de residuos peligrosos temporal con el que cuenta el Plan Maestro, posteriormente, serán entregados a una empresa autorizada en su manejo y disposición final.
- A fin de evitar que se generen residuos peligrosos, se preverá que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones a fin de no suministrarle combustible en el predio.
- En cuanto al manejo de aguas residuales, se utilizarán los sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, los cuales recibirán limpieza y mantenimiento cada tercer día por parte de una empresa que cuente con permiso de la autoridad competente para realizar la colecta y traslado de las aguas residuales a una planta de tratamiento (PTAR).

El material derivado de las actividades de perforación será retirado de manera manual con el uso de palas y carretillas, posteriormente, se acopiará en costales para ser reutilizado dentro de las actividades de construcción o bien, trasladado fuera del sitio y depositado en el lugar que disponga la autoridad.

Factor	Impactos
Población y salud humana	• Implicará la posibilidad de un accidente de trabajo. • Expondrá a las personas a riesgos potenciales para la salud. • Exposición del personal a altos niveles de ruido. • Riesgo de exposición de personas a eventos meteorológicos.

DESCRIPCIÓN:

Se corre el riesgo de que al realizar las actividades ocurran accidentes que atenten contra la integridad física de los trabajadores; así mismo, el mal manejo de los residuos y la falta de higiene por parte de los trabajadores pueden ocasionarles enfermedades. Por otro lado, el personal de obras estará expuesto a los ruidos producidos por la maquinaria que se utilizará durante esta etapa. Durante la operación el personal a cargo de la planta estará expuesto al ruido y a las sustancias que se requieran para su mantenimiento.

MEDIDAS:

- El personal de obra contará con equipo de seguridad mínimo necesario que permita mantenerlo protegido, dependiendo de la actividad que realice (casco, chaleco y botas lentes, tapones para los oídos, etc.).
- Se contará con un paramédico en la obra, con un botiquín de primeros auxilios que contenga lo básico (gasas, vendas, alcohol, mertiolate, algodón, curitas, analgésicos, antidiarreicos, etc), para atender cualquier emergencia que no requiera hospitalización.
- Se contará con radio y con un vehículo en el área del proyecto para que, en caso de ser necesario se traslade algún herido hacia el hospital más cercano y se haga con rapidez.
- Se colocarán señalizaciones y carteles fomentando el uso de los equipos de seguridad.
- Se impartirán pláticas de seguridad e higiene y cuidado de medio ambiente.
- Se suministrará agua purificada a los obreros.
- Se colocarán baños portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, a efecto de evitar fecalismo y micción que puede cuásar enfermedades gastrointestinales.
- Se concientizará a los trabajadores sobre la importancia del uso de los sanitarios portátiles.

En caso de la presencia de algún huracán o tormenta tropical que pudiera poner en riesgo la vida del personal, se retirará al personal por lo menos un día antes de la llegada del fenómeno natural, y se seguirán todas las disposiciones del personal de protección civil.

Factor	Impactos
Economía	• Generación de empleos

DESCRIPCIÓN:

Debido a que contribuye a la generación de empleos, se prevé que el proyecto gozará de aceptación en la comunidad, particularmente en los poblados cercanos al mismo.

MEDIDAS: • A fin de impulsar la economía y generación de empleo local, el personal contratado para la operación de la planta será preferentemente de la zona.

3. Etapa de operación.

Esta etapa del proyecto implica la puesta en marcha de la planta depuradora, para lo cual el personal encargado de las áreas de servicio se ocupará del adecuado funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones, dispositivos y propiamente del equipo. A continuación, se presentan los impactos potenciales identificados a esta fase, mismos que se encuentran agrupados según el componente ambiental y el indicador sobre el cual inciden.

Factor	Impactos
Aire	• Emisiones a la atmósfera.
DESCRIPCIÓN: El consumo de energía eléctrica de la operación de la planta de tratamiento, que incluye equipos de bombeo de alta presión, implica una contribución a las emisiones. Este consumo de energía eléctrica representa el único impacto permanente significativo de la operación de la planta, por contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente CO_2, que varía según la forma de generación que utilice el proveedor. Los efectos de este impacto ocurrirían en la atmósfera, pero no en el sitio del proyecto.	
MEDIDAS: • Los equipos y maquinaria que componen la planta de tratamiento de aguas residuales son nuevos y energéticamente eficientes. • La planta recibirá mantenimiento periódicamente a fin de mantenerla en óptimas condiciones y con ello evitar un consumo mayor de energía.	

Factor	Impactos
Hidrología	• Efecto en las condiciones del acuífero • Aumento en el consumo de agua salada, pero reducción en el consumo de agua dulce

DESCRIPCIÓN:

Estos impactos se producirán al llevar a cabo las actividades de descarga del agua hacia el acuífero a través de un pozo profundo de 100 m. La planta de tratamiento que se propone tendrá una capacidad para tratar hasta 500 m^3/día (6,26 lps), la segunda fase permitirá tratar hasta 1,000 m^3/día (11,57 lps) lo que implica que se tendrá la capacidad necesaria para tratar la totalidad el agua residual generada en el Condominio Maestro.

En este sentido, debido a que parte del agua residual tratada será reutilizada para el riego de áreas verdes y otro tanto como ya se mencionó, será canalizada a través del pozo de descarga, es en este último caso en el que se produciría el impacto en la calidad del agua del acuífero.

MEDIDAS:

- Previo a la instalación de pozos se llevarán a cabo los estudios exploratorios correspondientes en los sitios específicos propuestos a fin de corroborar la estatigrafía y calidad del agua apropiada para el funcionamiento de la planta y teniendo en consideración las variaciones intermareales.
- La profundidad de los pozos se definirá a partir de análisis hidrogeológicos a fin de garantizar la descarga de agua tratada a una profundidad adecuada.
- La inyección de agua tratada al acuífero se llevará a cabo teniendo en cuenta la dirección de los flujos de agua.
- Se realizarán los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua, de acuerdo a lo que marque la NOM-004-CNA-1996, que si bien, refiere a los requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general, podrá tomarse como guía para el mantenimiento del pozo de descarga, asimismo, se realizarán los análisis de calidad que se establezcan el título de concesión que otorgue la CONAGUA al proyecto.
- La calidad de agua tratado tanto para el riego de áreas verdes como para su descarga contará con los parámetros de calidad del agua establecidos en la NOM-001- SEMARNAT-2021 y NOM-003-SEMARNAT-1997.
- Dar el adecuado mantenimiento a la Planta de ósmosis Inversa
- La alteración de la calidad del agua por un derrame de hidrocarburos, aceites, lubricantes y/o productos químicos implica atender inmediatamente el accidente para minimizar El daño al área afectada siguiendo los planes de contingencia que deberán desarrollarse. En este sentido, la acción de mitigación será interrumpir el derrame evitando su propagación y/o aplicar los métodos de contención que se estipulen(absorbentes,etc.), dándose aviso inmediato a la Administración para que ésta alerte de la situación a la autoridad correspondiente y defina las acciones a seguir. Una vez que se haya superado la emergencia, se deberá analizar las medidas concretas de mitigación necesarias para la restitución del medio afectado

Factor	Impactos
Residuos	Incremento en la generación de residuos sólidos y de manejo especial Incremento en la generación de residuos peligrosos

DESCRIPCIÓN:

Se espera la generación de residuos sólidos derivados del consumo de alimentos y bebidas por parte de los trabajadores que se encuentren en las actividades de esta etapa, así como residuos sanitarios y aguas residuales.
Asimismo, que se generen residuos derivados de materiales de construcción y residuos inorgánicos.
Se esperan residuos de obra generados a partir de la instalación de la planta, tales como, pedacería de plástico, PVC, mosaico y vidrio
Asimismo, se prevé generar material derivado de las actividades de perforación y que pudieran generarse en algún momento residuos peligrosos en bajo volumen derivado del uso de diésel y/o combustible para la maquinaria.

MEDIDAS:

- Se colocarán contenedores identificado de acuerdo con el tipo de residuos que se generen.
- Los trabajadores recibirán pláticas orientadas a la correcta disposición de los residuos.
- Los residuos que no sean susceptibles de reciclaje serán trasladados al relleno sanitario municipal.
- Los residuos peligrosos se acopiarán en el almacén de residuos peligrosos con el que cuenta el Plan Maestro, posteriormente, serán entregados a una empresa autorizada en su manejo y disposición final.
- A fin de evitar que se generen residuos peligrosos, se preverá que la maquinaria se encuentre en óptimas condiciones a fin de no suministrarle combustible en el predio.
- En cuanto al manejo de aguas residuales, se utilizarán los sanitarios portátiles a razón de 1 por cada 15 trabajadores, los cuales recibirán limpieza y mantenimiento cada tercer día por parte de una empresa que cuente con permiso de la autoridad competente para realizar la colecta y traslado de las aguas residuales a una planta de tratamiento (PTAR).
- Los lodos que resulten del proceso de tratamiento de agua inicialmente podrán convertirse en lodos de retorno, es decir, ser sedimentados y separados del agua limpia residual y llevarlos de nueva cuenta al tanque de aireación biológico, no obstante, una vez que por sus características lo lodos no puedan ser considerados de retorno, procederán a desactivarse y ser utilizados como abono para las áreas verdes del Condominio Maestro o bien, disponerse con una empresa autorizada. La calidad de los mismos, cumplirán con los parámetros establecidos en la NOM-004- SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su aprovechamiento y disposición final.

Factor	Impactos
Infraestructura y servicios en la zona	• Aumento en la demanda de energía eléctrica.

DESCRIPCIÓN:

El suministro de energía eléctrica incrementará con la operación de la planta de tratamiento, no obstante, éste será suministrado a través de la red de la CFE.

MEDIDAS:

- Se deberá llevar a cabo un Programa de Mantenimiento Preventivo y Correctivo de las instalaciones de la planta.
- Se promoverán y establecerán políticas y metas que permitan lograr el ahorro del recurso energético.
- Durante la operación del proyecto se contará con el equipo de seguridad necesario para el personal a cargo (guantes, protectores de ruido, señalización de las áreas restringidas, etc.) para prevenir que acontezcan accidentes.

Factor	Impactos
Población y salud humana	• Implicará la posibilidad de un accidente de trabajo. • Riesgo de exposición de personas a eventos meteorológicos.

DESCRIPCIÓN:

Se corre el riesgo de que al realizar las actividades ocurran accidentes que atenten contra la integridad física de los trabajadores; así mismo, el mal manejo de los residuos y la falta de higiene por parte de los trabajadores pueden ocasionarles enfermedades.

MEDIDAS:

- El personal de obra contará con equipo de seguridad mínimo necesario que permita mantenerlo protegido, dependiendo de la actividad que realice (casco, chaleco y botas lentes, tapones para los oídos, etc.).
- Se colocarán señalizaciones y carteles fomentando el uso de los equipos de seguridad dentro del proyecto.
- Se impartirán pláticas de seguridad e higiene y cuidado de medio ambiente.
- En caso de la presencia de algún huracán o tormenta tropical que pudiera poner en riesgo la vida del personal, se retirará al personal por lo menos un día antes de la llegada del fenómeno natural, y se seguirán todas las disposiciones del personal de protección civil.

Factor	Impactos
Economía	• Generación de empleos
DESCRIPCIÓN: Debido a que contribuye a la generación de empleos, se prevé que el proyecto gozará de aceptación en la comunidad, particularmente en los cercanos al mismo.	
MEDIDAS: • A fin de impulsar la economía y generación de empleo local, el personal contratado para la operación de la planta será preferentemente de la zona.	

VI.3 MONITOREO AMBIENTAL.

Como ya se ha mencionado, durante la preparación del sitio, construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales y planta de osmosis inversa se implementarán medidas que permitan reducir los posibles impactos ambientales en diversos sectores, tales como, el atmosférico, hidrológico y económico. Asimismo, se llevarán a cabo una serie de actividades y procesos los cuales permitirán monitorear el estado de la planta, los pozos e impactos ambientales que se generen durante su construcción y puesta en marcha, los cuales se describen a continuación.

1. Preparación del sitio.

Como parte de las estrategias que servirán para llevar a cabo el monitoreo ambiental durante esta etapa, se incluyen las listadas a continuación:

- Se llevarán a cabo recorridos en los que se verifique que no exista fauna en el centro de trabajo, de ser así, habrá de apegarse a las estrategias establecidas en el programa de rescate y reubicación selectiva de fauna.
- Se establecerá un encargado de obra el cual deberá verificar que los residuos generados del aseo y limpieza del área destinada a la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales se dispongan correctamente. Para ello, deberá remitirse al programa de manejo de residuos correspondiente al presente proyecto.

2. Construcción

Acciones para la prevención de la contaminación del acuífero

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, la cual establece los requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Si bien, el pozo será de descarga, durante la etapa de construcción del mismo se verificará que se lleven a cabo como mínimo las siguientes acciones:

- Desinfección de la herramienta en la etapa de perforación del pozo:
  La herramienta y la tubería de perforación se deben desinfectar antes de iniciar los trabajos de perforación. Previo a la desinfección, es necesario remover las grasas, aceites y otras substancias adheridas a las herramientas.
- Preparación y disposición adecuada de los fluidos de perforación:
  En la perforación de pozos con fluidos, cuya base principal sea el agua y la bentonita, éstos no deben contener ninguna substancia que degrade las características químicas del agua subterránea.
- Disposición de los residuos:
  Concluidos los trabajos de construcción del pozo, el perforista retirará los residuos de lodo y materiales de construcción del área de trabajo, de acuerdo a la reglamentación federal o estatal.

Formatos de control

Durante la construcción del pozo se llevará a cabo una bitácora en la que se anote los materiales utilizados, así como las características de la maquinaria de acuerdo con la siguiente relación:

- Suministro de agua en metros cúbicos
- Suministro de tuberías de ademe y contra ademe en metros.
- Suministro de bentonita en toneladas
- Suministro de grava lavada, redondeada y cribada en metros cúbicos.
- Suministro de dispersor de arcillas.
- Suministro de aditivos químicos en kg (enlistando los productos utilizados).
- Caudal y presión inyectada por la bomba de lodos
- Características principales de la máquina perforadora.
- Número de golpes por minuto.

Esto permitirá conocer el equipo, la cantidad y productos empleados durante la construcción del pozo, a fin de llevar un control en caso de un incidente que pudiera generar un impacto o perturbación ambiental no prevista.

3. Operación

Mantenimiento de pozo de descarga

Después de que haya sido instalado el equipo permanente del pozo (bomba y motor) y entre en operación, éste debe desinfectarse como mínimo cada tres años. Para ello, deberá aplicarse proporcionalmente al volumen de agua contenido en el pozo el desinfectante necesario para que el cloro activo sea de 200 mg/L como mínimo.

Monitoreo de calidad del agua

El agua tratada que se descargue a través del pozo deberá cumplir con los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Adicionalmente se llevará como mínimo de manera anual un análisis de calidad de agua por un laboratorio certificado, en el cual se corrobore la calidad de agua descargada.

En el caso del agua tratada que se reutilice para riego de áreas verdes del Condominio Maestro, ésta deberá dar cumplimiento de la NOM-003-SEMARNAT- 1997, e igualmente se comprobará su calidad a partir de un análisis de calidad de agua por un laboratorio certificado, lo cual deberá realizarse al menos una vez al año.

Vigilancia estructural y funcional

La vigilancia estructural del pozo de descarga consiste en verificar la posible existencia de fugas, así como el estado en el que se encuentran los ademes, a fin de garantizar que el agua tratada tenga una adecuada disposición, toda vez que sea inyectada a la profundidad correspondiente, para ello se realizará videograbación periódica del interior del pozo en imagen a color y toma lateral.

Así mismo es importante mencionar que con el objetivo de prevenir cualquier tipo de derrame o infiltración de las aguas residuales todos los depósitos tienen instalado un rebosadero que será conducido al cárcamo de bombeo de vaciados, este cárcamo bombeará el agua al depósito de Homogeneización.

Si aun con esta medida llega a haber algún derrame o infiltración por obstrucción de tuberías, se llevará a cabo un protocolo ante la contingencia el cual consiste en los siguiente:

1:- En caso de ocurrir una contingencia de esta naturaleza de manera inmediata se dará aviso al personal a cargo de la operación

2.- Registró en bitácora de trabajo sobre intensidad, ubicación y clase de derrame ya sea de sustancias peligrosas, fugas etc.

3.- Delimitación del área afectada para identificar la zona de control

4.-Se procede al cierre de válvulas de bombeo y se cortará el suministro y de este modo impedir el bombeo de agua residual y así evitar el vertimiento contaminado al cuerpo de agua

5.- Una vez controlado el evento y se conozca la procedencia de ocurrido se podrán iniciar las labores de recuperación y limpieza del área afectada.

VII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES

En la búsqueda de un desarrollo sostenible, la gestión adecuada de los recursos hídricos y la protección del medio ambiente son aspectos fundamentales. La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario en un desarrollo suburbano representa una medida clave para abordar los desafíos ambientales asociados con la contaminación del agua.

En este contexto es crucial evaluar los pronósticos ambientales resultantes de esta implementación, considerando tanto escenarios favorables como desfavorables.

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

La presión ejercida por el crecimiento poblacional, la demanda de vivienda y servicios, así como el flujo constante de turistas y nuevos pobladores, ha tenido un impacto significativo en los recursos naturales en el Sistema Ambiental.

Uno de los efectos más notables es la fragmentación de los ecosistemas y la pérdida de áreas permeables. La vegetación, que antes desempeñaba un papel crucial en la retención y captación de agua, ha cedido su lugar a desarrollos urbanos y hoteleros. Este cambio acelerado en el uso del suelo afecta directamente la recarga del acuífero.

Sin el desarrollo del actual proyecto, las condiciones descritas para el Sistema Ambiental se verían afectadas por las tendencias negativas de deterioro ambiental que existen actualmente.

VII.2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO SIN MEDIDAS DE MITIGACION

De llevarse a cabo el proyecto sin medida alguna de mitigación ni prevención, se estará en el supuesto de que al agua subterránea se vería contaminada por la descuidada descarga del agua de rechazo de la ósmosis inversa que provocaría la contaminación del manto freático y promoverá la intrusión de la cuña de agua de mar hacia dentro del continente, afectando así la zona de captación por la introducción de agua de mar, perdiéndose para su uso futuro causando graves daños económicos y de saluda la población al carecer o disminuir su abasto de agua potable.

La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y su pozo de descarga no cumple con la normatividad correspondiente. Además, no se han realizado los estudios exploratorios necesarios para su construcción. Esto podría resultar en una posible contaminación del manto freático, especialmente durante las actividades de nivelación, construcción y operación del pozo.

Durante la operación, el agua tratada se descargaría sin considerar los límites máximos permisibles de calidad establecidos en la normatividad. Además, no se han tramitado los permisos de concesión ante CONAGUA para la construcción y operación del pozo.

Por otro lado, las aguas residuales se reutilizarían en áreas verdes, pero no se cumplirían los parámetros de calidad de agua tratada necesarios para su reúso en riego.

Se incrementarían los niveles de contaminación a la atmósfera por el uso de maquinaria en malas condiciones lo que repercutiría en la fauna y salud humana.

Se realizaría la disposición inadecuada de los residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos, lo que podría ocasionar la contaminación del suelo y del agua subterránea.

VII.3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO CON MEDIDAS DE MITIGACION

Escenarios favorables:

Mejora de la calidad del agua: La planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario está diseñada para eliminar una amplia gama de contaminantes, incluyendo nutrientes, compuestos orgánicos y microorganismos patógenos. Esto conduce a una mejora significativa de la calidad del agua tratada, lo que podría tener un impacto positivo en los cuerpos receptores y ecosistemas acuáticos locales.

Protección de la salud pública: El tratamiento avanzado de las aguas residuales reduce el riesgo de contaminación y propagación de enfermedades transmitidas por el agua. Al eliminar los patógenos y reducir la carga de contaminantes, se protege la salud de las comunidades circundantes y se promueve un entorno más seguro.

Potencial de reutilización de agua: La planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario permite obtener un efluente tratado de alta calidad, que puede ser potencialmente utilizado para usos no potables, como riego de áreas verdes, lavado de calles o recarga de acuíferos. Esto contribuye a la conservación de los recursos hídricos y la mitigación de la escasez de agua en la zona.

Escenarios desfavorables:

Impacto energético: La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario requiere de un consumo energético significativo, especialmente en los procesos de filtración, desinfección y desalación. Esto puede resultar en un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir al cambio climático si la fuente de energía utilizada no es renovable. Es importante implementar medidas de eficiencia energética y considerar fuentes de energía sostenibles para mitigar este impacto.

Gestión de residuos y subproductos: El proceso de tratamiento de aguas residuales genera lodos residuales y otros subproductos, como residuos químicos utilizados en la desinfección. Estos residuos deben ser gestionados adecuadamente para evitar impactos negativos en el suelo y el agua. Se requiere un manejo adecuado, que puede incluir técnicas de deshidratación, compostaje o disposición final en rellenos sanitarios controlados.

Posible impacto en los ecosistemas acuáticos: A pesar de la mejora en la calidad del agua tratada, la descarga de efluentes tratados en cuerpos receptores naturales puede tener un impacto en los ecosistemas acuáticos locales. Es necesario monitorear de manera continua el impacto ambiental valuar la salud de los ecosistemas y, si es necesario, implementar medidas correctivas para minimizar cualquier efecto adverso.

En el proceso de evaluar alternativas en relación con la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario para un desarrollo suburbano, es importante considerar diferentes opciones que puedan cumplir con los objetivos ambientales y satisfacer las necesidades de la comunidad. A continuación, se presentan algunas alternativas que podrían ser evaluadas:

Tratamiento descentralizado: En lugar de una planta de tratamiento centralizada, se podrían considerar sistemas de tratamiento descentralizados, como sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales en cada hogar o grupos de viviendas. Estos sistemas pueden ser más eficientes en términos de energía y recursos, y podrían reducir los costos asociados con la infraestructura centralizada. Sin embargo, se debe evaluar cuidadosamente la factibilidad técnica y los requisitos de mantenimiento de estas alternativas.

Integración de energías renovables: Para abordar el impacto energético asociado con la operación de la planta de tratamiento, se puede considerar la integración de fuentes de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas. Esto puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y hacer que la planta sea más sostenible desde el punto de vista energético.

Planificación de uso eficiente del agua: Además del tratamiento de aguas residuales, es importante implementar medidas para reducir el consumo de agua en el desarrollo suburbano. Esto puede incluir la instalación de dispositivos eficientes, la educación sobre el uso responsable del agua y la promoción de prácticas de conservación en los hogares y las actividades comerciales.

Es fundamental realizar un análisis completo de cada alternativa, considerando aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales, así como la viabilidad y factibilidad de implementación en el contexto específico del desarrollo suburbano. Cada opción puede tener ventajas y desventajas, por lo que es necesario realizar una evaluación exhaustiva para seleccionar la alternativa más adecuada en función de los objetivos y necesidades del proyecto.

Conclusiones:

En conclusión, al evaluar las alternativas relacionadas con la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario para un desarrollo suburbano, es crucial considerar diferentes opciones que puedan cumplir con los objetivos ambientales y satisfacer las necesidades de la comunidad.

La evaluación de alternativas puede incluir opciones como el tratamiento descentralizado, la reutilización local del agua tratada, la implementación de tecnologías avanzadas, la integración de energías renovables y la planificación del uso eficiente del agua. Cada una de estas alternativas tiene ventajas y desventajas que deben ser analizadas cuidadosamente.

Es importante tener en cuenta aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales, así como la viabilidad y factibilidad de implementación en el contexto específico del desarrollo suburbano. También es fundamental considerar la eficiencia energética, la gestión de residuos, el impacto en los ecosistemas acuáticos y la protección de la salud pública.

En última instancia, la selección de la alternativa más adecuada debe basarse en una evaluación exhaustiva y equilibrada de estos aspectos, priorizando la sustentabilidad y el bienestar a largo plazo de la comunidad buscando soluciones integrales y equilibradas que minimicen los impactos negativos y maximicen los beneficios ambientales y sociales.

Se estaría promoviendo un desarrollo sustentable donde el recurso agua puede ser aprovechado hoy y en tiempo futuro, debido a que la cantidad de agua salobre en este acuífero kárstico y costero es una excelente fuente alterna de abastecimiento que ahora puede ser potabilizada mediante el proceso de ósmosis inversa y proveer de agua potable. Los impactos derivados de la operación de la ósmosis inversa y la protección del acuífero son compatibles asegurándose mediante el monitoreo continuo de la conductividad eléctrica.