

- I. **Unidad administrativa que clasifica:** Delegación Federal en Quintana Roo.
  
- II. **Identificación del documento:** Se elabora la versión pública de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular, Bitácora número 23QR2016HD055.
  
- III. **Las partes o secciones clasificadas:** La parte concerniente a el Registro Federal de Contribuyentes (RFC) de persona física, en página 7.
  
- IV. **Fundamento legal y razones:** La clasificación de la información confidencial se realiza con fundamento en el artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP y 113, fracción I de la LFTAIP. Por las razones o circunstancias al tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identificable.
  
- V. **Firma del titular:**   
C. Renán Eduardo Sánchez Tajonar, Delegado Federal en Quintana Roo
  
- VI. **Fecha de Clasificación y número de acta de sesión:** Resolución 464/2017, en la sesión celebrada el 12 de octubre de 2017.



**Manifestación de Impacto Ambiental**

Tulum, Quintana Roo, México

**DOTACIÓN DE  
INFRAESTRUCTURA  
PARA EL TRATAMIENTO  
DE AGUAS DE PAPAYA  
PLAYA PROJECT**

Microsoft

**Junio 2016**

## ÍNDICE

|                                                                                                          |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ..... | 1 |
| I.1 Proyecto .....                                                                                       | 1 |
| I.1.1 Nombre del proyecto .....                                                                          | 1 |
| I.1.2 Ubicación del proyecto.....                                                                        | 1 |
| I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto .....                                                             | 1 |
| I.1.4 Presentación de la documentación legal.....                                                        | 2 |
| I.2 Promovente .....                                                                                     | 2 |
| I.2.1 Nombre o Razón social.....                                                                         | 2 |
| I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes .....                                                           | 2 |
| I.2.3 Dirección del promovente o del representante legal para oír o recibir notificaciones.....          | 2 |
| I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental .....                                 | 2 |
| I.3.1. Nombre o razón social.....                                                                        | 2 |
| I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP .....                                                   | 3 |
| I.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio .....                                                  | 3 |
| I.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio.....                                                | 3 |
| II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....                                                                       | 4 |
| II.1 Información general del proyecto.....                                                               | 4 |
| II.1.1 Naturaleza del Proyecto .....                                                                     | 4 |
| II.1.2 Selección del sitio .....                                                                         | 5 |
| II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización.....                                       | 5 |
| II.1.4 Inversión requerida .....                                                                         | 6 |
| II.1.5 Dimensiones del proyecto.....                                                                     | 6 |

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| II.1.6 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.....                                                           | 8   |
| II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos.....                                                                                       | 8   |
| II.2 Características particulares del proyecto .....                                                                                                          | 8   |
| II.2.1 Programa general de trabajo.....                                                                                                                       | 8   |
| II.2.2 Preparación del sitio.....                                                                                                                             | 9   |
| II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto.....                                                                                     | 9   |
| II.2.4 Etapa de construcción.....                                                                                                                             | 10  |
| II.2.5 Descripción de obras asociadas al proyecto .....                                                                                                       | 18  |
| II.2.6 Etapa de operación y mantenimiento.....                                                                                                                | 18  |
| II.2.7 Etapa de abandono del sitio.....                                                                                                                       | 29  |
| II.2.8 Utilización de explosivos .....                                                                                                                        | 29  |
| II.2.9 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.....                                                         | 29  |
| II.2.10 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos                                                                              | 29  |
| III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULARIZACIÓN DE USO DE SUELO .....                    | 31  |
| IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. INVENTARIO AMBIENTAL ..... | 71  |
| IV.1 Delimitación del área de estudio .....                                                                                                                   | 71  |
| IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental. ....                                                                                                   | 72  |
| IV.2.1 Aspectos Abióticos. ....                                                                                                                               | 72  |
| IV.2.2 Subsistema medio biótico .....                                                                                                                         | 90  |
| IV.5. Medio socioeconómico y Cultural.....                                                                                                                    | 104 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| IV.6 Delimitación del sistema ambiental.....                                                                      | 114 |
| IV.7 Diagnóstico ambiental.....                                                                                   | 115 |
| V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS<br>AMBIENTALES .....                                  | 117 |
| V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales .....                                         | 117 |
| V.1.1 Indicadores de impacto.....                                                                                 | 118 |
| V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto.....                                                             | 119 |
| V.1.3 Criterios y metodologías de evaluación.....                                                                 | 121 |
| V.1.3.1 Criterios.....                                                                                            | 121 |
| V.1.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada<br>.....                        | 123 |
| VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS<br>AMBIENTALES .....                                      | 130 |
| VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas<br>por componente ambiental ..... | 130 |
| VI.2 Impactos residuales.....                                                                                     | 137 |
| VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE<br>ALTERNATIVAS. ....                                    | 138 |
| VIII. LITERATURA CONSULTADA .....                                                                                 | 141 |

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

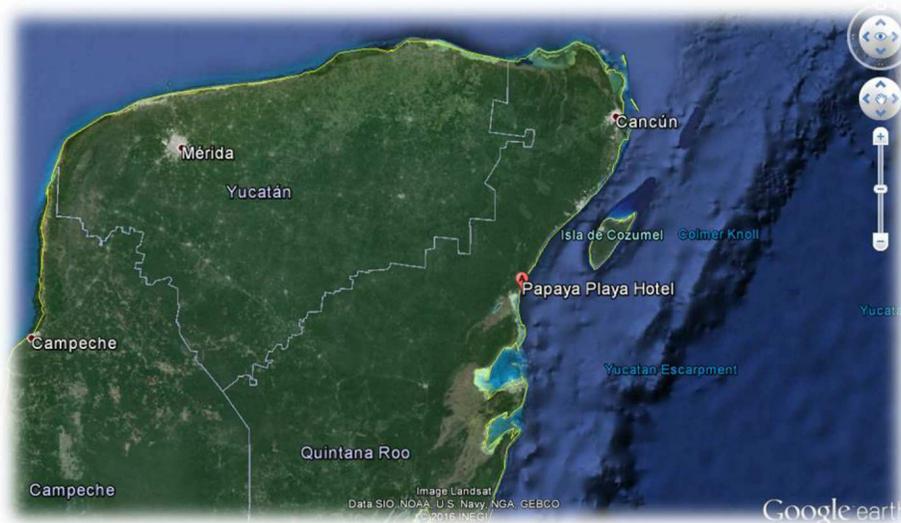
### I.1 Proyecto

#### I.1.1 Nombre del proyecto

Dotación de infraestructura para el tratamiento de aguas de PAPAYA PLAYA PROJECT.

#### I.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto será desarrollado dentro de las instalaciones del complejo hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT ubicado en el Km 4.5 Carretera Tulum Boca Paila, S/N Colonia Ruinas Tulum C.P. 77780, Tulum, Quintana Roo.



**Figura I.1.** Localización de PAPAYA PLAYA PROJECT en el estado de Quintana Roo.

#### I.1.3 Tiempo de vida útil del proyecto

Se considera un tiempo de vida permanente para el proyecto, debido a que se utilizarán materiales de alta calidad cuyo mantenimiento garantizará su funcionamiento adecuado en el tiempo.

### **I.1.4 Presentación de la documentación legal**

A continuación se enlista la documentación legal que se adjunta en el presente documento:

Anexo I. Contrato de arrendamiento del predio.

Anexo II. Constancia de uso de suelo.

Anexo III. Identificación oficial del representante legal.

Anexo IV. Comprobante de pago de energía eléctrica.

Anexo V. Comprobante de pago de telefonía.

Anexo VI. Comprobante de pago de recolección de residuos.

Anexo VII. Comprobante de pago de abastecimiento de agua potable.

Anexo VIII. Comprobante de pago de desazolve de aguas residuales.

## **I.2 Promovente**

### **I.2.1 Nombre o Razón social**

Papaya Playa, S. de R.L. de C.V.

### **I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes**

PPL050616542

### **I.2.3 Dirección del promovente o del representante legal para oír o recibir notificaciones**

Km 4.5 Carretera Tulum Boca Paila, S/N Colonia Ruinas Tulum C.P. 77780, Tulum, Quintana Roo, México.

## **I.3 Responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental**

### **I.3.1. Nombre o razón social**

Karla Margarita May Pérez

**I.3.2. Registro Federal de Contribuyentes o CURP**



**I.3.3. Nombre del responsable técnico del estudio**

Karla Margarita May Pérez

**I.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio**

Calle 50 #571c x 73A y 75. Colonia Centro. Mérida, Yucatán, México.

## **II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **II.1 Información general del proyecto**

#### **II.1.1 Naturaleza del Proyecto**

El proyecto objeto de estudio consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales y una planta de ósmosis inversa para el PAPAYA PLAYA PROJECT. El proyecto será desarrollado dentro de las instalaciones del complejo hotelero ubicado en el Km 4.5 carretera Tulum-Boca Paila, S/N, Colonia Ruinas Tulum, C.P.: 77780, Tulum, Quintana Roo.

La construcción de la planta de tratamiento de aguas dará lugar a que las aguas descargadas cumplan con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. El desarrollo hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT requiere un tratamiento para las aguas residuales producto de las actividades recreativas, comerciales y domésticas que ahí se llevan a cabo. Se requiere una planta de tratamiento de aguas residuales con una capacidad para tratar 96m<sup>3</sup>/día de aguas residuales, las cuales será mediante una planta de tratamiento con proceso aerobio, donde se llevará a cabo el proceso de oxidación mediante la metabolización de materia orgánica y la biosíntesis de nuevos microorganismos.

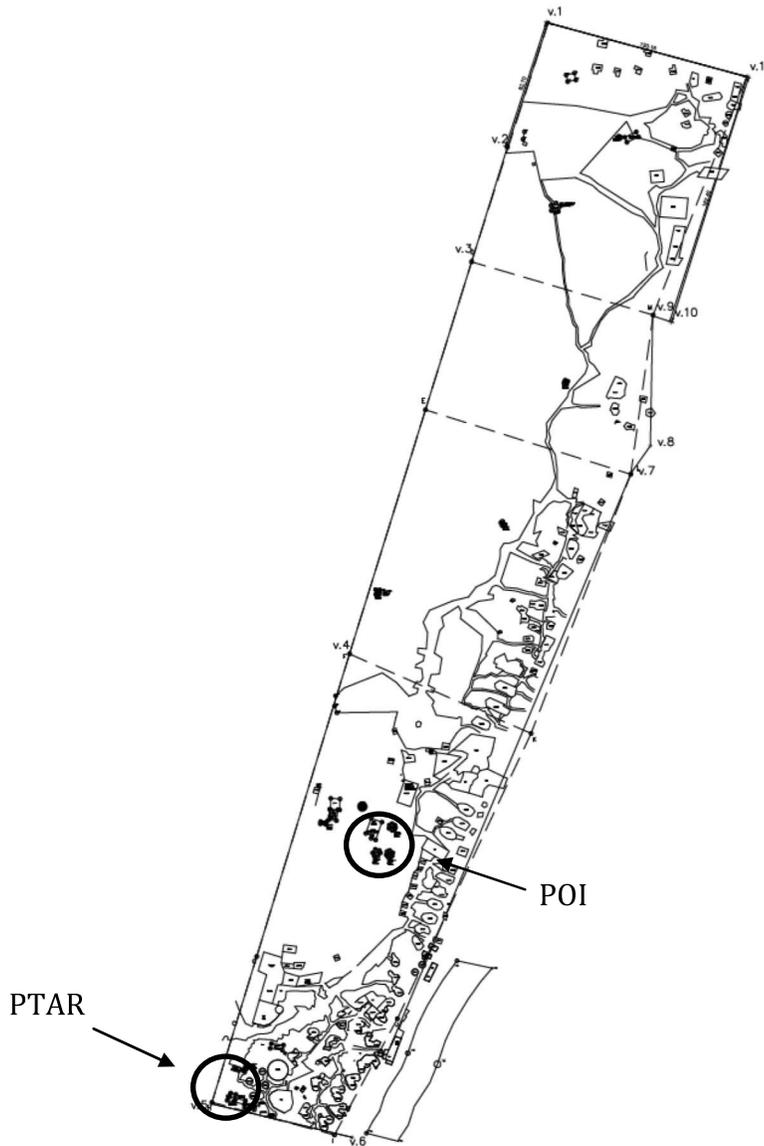
La planta de ósmosis inversa permitirá reducir el consumo de agua potable de la localidad. En cuanto al proceso de potabilización de agua, éste se desarrollará por medio de un sistema de ósmosis inversa que cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a agua para su potabilización.

En el proyecto se considera el total cumplimiento del Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Yucatán (POETY), y demás normatividad vigente, para las etapas de construcción, operación y mantenimiento. Asimismo, en el proyecto no se contempla realizar actividades consideradas riesgosas.

### II.1.2 Selección del sitio

El sitio para la construcción y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y de ósmosis inversa (POI) es en los terrenos de PAPAYA PLAYA PROJECT (PPP), dado que será para su uso y beneficio. Asimismo, porque la zona es de fácil acceso y cuenta con los servicios de energía eléctrica (Anexo IV), telefonía (Anexo V) y recolección de residuos (Anexo VI).

### II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización



**Figura II.1.** Vista de planta de PAPAYA PLAYA PROJECT.

### II.1.4 Inversión requerida

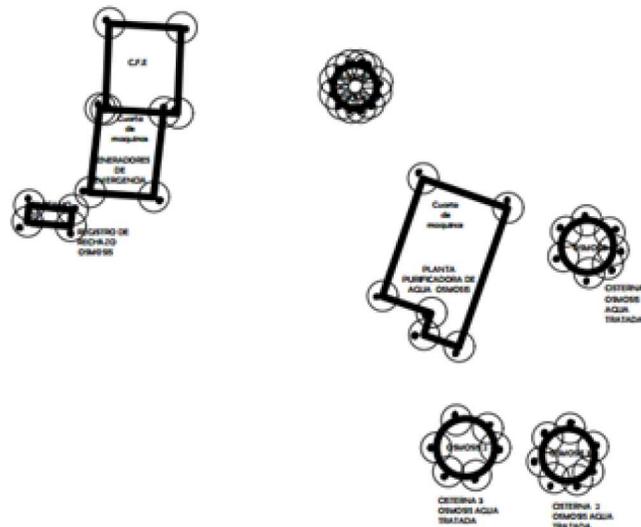
La inversión requerida para la ejecución del proyecto de la PTAR será de aproximadamente de \$133,390.00 USD para la PTAR (cantidad que incluye su mantenimiento y su adecuada operación por 48 meses) y, para la POI, será de \$301,774.00 USD (cantidad que incluye su mantenimiento y su adecuada operación por 48 meses).

### II.1.5 Dimensiones del proyecto

El cuadro de construcción de la totalidad del PAPAÑA PLAYA PROJECT (PPP) es:

| CUADRO DE CONSTRUCCION |               |                  |                      |                |                         |                       |                    |                    |
|------------------------|---------------|------------------|----------------------|----------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| LADO EST-PV            | AZIMUT        | DISTANCIA (MTS.) | COORDENADAS UTM      |                | CONVERGENCIA            | FACTOR DE ESC. LINEAL | LATITUD            | LONGITUD           |
|                        |               |                  | ESTE (X)             | NORTE (Y)      |                         |                       |                    |                    |
| 11-V.1                 | 285 9'42.11"  | 130.162          | 453,752.9984         | 2,232,076.8580 | -0 9'9.851269"          | 0.99962643            | 20 11'8.003732" N  | 99 26'33.458814" W |
| V.1-D                  | 197 44'29.62" | 158.810          | 453,627.3674         | 2,232,110.9011 | -0 9'11.354027"         | 0.99962658            | 20 11'9.100257" N  | 99 26'37.790518" W |
| D-E                    | 197 16'43.73" | 98.120           | 453,578.9742         | 2,231,959.6439 | -0 9'11.888758"         | 0.99962663            | 20 11'4.175590" N  | 99 26'39.443947" W |
| E-F                    | 197 17'1.95"  | 161.860          | 453,549.8304         | 2,231,865.9520 | -0 9'12.210049"         | 0.99962667            | 20 11'1.125216" N  | 99 26'40.439436" W |
| F-G                    | 197 2'10.11"  | 200.260          | 453,501.7408         | 2,231,711.4009 | -0 9'12.740149"         | 0.99962672            | 20 10'56.093413" N | 99 26'42.082054" W |
| G-H                    | 197 2'10.11"  | 96.580           | 453,443.0696         | 2,231,519.9281 | -0 9'13.385992"         | 0.99962679            | 20 10'49.859604" N | 99 26'44.085805" W |
| H-I                    | 104 57'3.05"  | 80.160           | 453,414.7741         | 2,231,427.5860 | -0 9'13.697419"         | 0.99962682            | 20 10'46.853206" N | 99 26'45.052144" W |
| I-J                    | 28 25'5.36"   | 83.700           | 453,492.2204         | 2,231,406.9055 | -0 9'12.771388"         | 0.99962673            | 20 10'46.187218" N | 99 26'42.381950" W |
| J-K                    | 25 5'50.07"   | 199.370          | 453,532.0535         | 2,231,480.5195 | -0 9'12.317758"         | 0.99962669            | 20 10'48.585383" N | 99 26'41.016361" W |
| K-L                    | 21 0'51.62"   | 175.760          | 453,616.6175         | 2,231,661.0668 | -0 9'11.361120"         | 0.99962659            | 20 10'54.466025" N | 99 26'38.119469" W |
| L-M                    | 08 0'33.57"   | 101.850          | 453,679.6453         | 2,231,825.1371 | -0 9'10.655904"         | 0.99962652            | 20 10'59.808780" N | 99 26'35.963013" W |
| M-V.11                 | 21 24'45.99"  | 162.050          | 453,693.8365         | 2,231,925.9936 | -0 9'10.514226"         | 0.99962650            | 20 11'3.090916" N  | 99 26'35.483342" W |
|                        |               |                  | AREA = 84,817.052 m2 |                | PERIMETRO = 1,648.682 m |                       |                    |                    |

Por su parte, los cuadros de construcción de la Planta de Ósmosis Inversa y la de Tratamiento de Aguas Residuales se señalan a continuación:





| CUADRO DE CONSTRUCCION EDICIO 2 |               |                     |                      |                |                 |                          |                    |                    |  |
|---------------------------------|---------------|---------------------|----------------------|----------------|-----------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--|
| LADO<br>EST-PV                  | AZIMUT        | DISTANCIA<br>(MTS.) | COORDENADAS UTM      |                | CONVERGENCIA    | FACTOR DE<br>ESC. LINEAL | LATITUD            | LONGITUD           |  |
|                                 |               |                     | ESTE (X)             | NORTE (Y)      |                 |                          |                    |                    |  |
| A-B                             | 103°9'24.25"  | 11.085              | 453,424.4284         | 2,231,428.7529 | -0°9'13.582989" | 0.99962681               | 20°10'46.892009" N | 99°26'44.719628" W |  |
| B-C                             | 13°53'33.73"  | 2.552               | 453,435.2225         | 2,231,426.2298 | -0°9'13.454019" | 0.99962680               | 20°10'46.810872" N | 99°26'44.347503" W |  |
| C-D                             | 283°9'24.25"  | 6.778               | 453,435.8353         | 2,231,428.7075 | -0°9'13.447403" | 0.99962680               | 20°10'46.891529" N | 99°26'44.326617" W |  |
| D-E                             | 13°53'33.73"  | 2.405               | 453,429.2348         | 2,231,430.2504 | -0°9'13.526267" | 0.99962680               | 20°10'46.941143" N | 99°26'44.554169" W |  |
| E-F                             | 284°5'45.15"  | 3.313               | 453,429.8123         | 2,231,432.5850 | -0°9'13.520033" | 0.99962680               | 20°10'47.017137" N | 99°26'44.534490" W |  |
| F-G                             | 194°6'9.82"   | 2.419               | 453,426.5992         | 2,231,433.3918 | -0°9'13.558439" | 0.99962681               | 20°10'47.043103" N | 99°26'44.645266" W |  |
| G-H                             | 283°1'34.90"  | 0.992               | 453,426.0099         | 2,231,431.0460 | -0°9'13.564811" | 0.99962681               | 20°10'46.966743" N | 99°26'44.665354" W |  |
| H-A                             | 193°44'18.44" | 2.591               | 453,425.0437         | 2,231,431.2695 | -0°9'13.576355" | 0.99962681               | 20°10'46.973930" N | 99°26'44.698663" W |  |
| AREA = 36.408 m <sup>2</sup>    |               |                     | PERIMETRO = 32.135 m |                |                 |                          |                    |                    |  |

Figura II.2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

### II.1.6 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

El uso actual del suelo en el sitio del proyecto es del tipo turístico, así como las demás construcciones que se encuentran en sus colindancias. Sobre la carretera Tulum-Boca Paila se observan otras cabañas, hoteles, restaurantes, centros de yoga y meditación, entre otros. Con fecha 7 de marzo de 2005 fue emitida la constancia de uso de suelo para el predio en cuestión, la cual se exhibe en el Anexo II del presente documento.

### II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

PPP se encuentra en armonía con el lugar circundante debido a que en esta zona se encuentran otros proyectos de naturaleza turística como hoteles, cabañas, restaurantes, palapas, etc. Hasta el momento, el agua potable es abastecida por carros-pipa (Anexo VII) y las aguas residuales se depositan en una fosa séptica que es desalojada mediante pipas (Anexo VIII). Debido a la vulnerabilidad del manto acuífero y la urgente necesidad de un mejor manejo y tratamiento de las aguas, se propone la implementación del presente proyecto, que garantizará el cuidado del medio ambiente mediante prácticas más sustentables.

## II.2 Características particulares del proyecto

### II.2.1 Programa general de trabajo

La ejecución del proyecto se estima que tomará aproximadamente 4 meses, de acuerdo a lo que se refleja en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.** Programa general de trabajo.

| Actividad                               | Semanas |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|                                         | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Limpieza del sitio                      | X       |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Trazo de los sitios de perforación      |         | X |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Ubicación del equipo de perforación     |         | X |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Apertura de pozos                       |         |   | X | X | X |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Instalaciones hidráulicas               |         |   |   |   |   | X | X |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Instalación de módulos de ósmosis       |         |   |   |   |   |   |   | X |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Extracción de agua subterránea          |         |   |   |   |   |   |   |   | X | X  |    |    |    |    |    |    |
| Disposición de agua de rechazo en pozos |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    | X  | X  |    |    |    |    |
| Mantenimiento de módulos y pozos        |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | X  | X  |    |    |
| Limpieza de filtros                     |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    | X  | X  |

### II.2.2 Preparación del sitio

Debido a que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y la Planta de Ósmosis Inversa se construirán en las inmediaciones del PAPAYA PLAYA PROJECT, la preparación del sitio que se requerirá consistirá en el desplante y desmonte del mínimo de vegetación necesario para los pisos. La vegetación que sea removida (de manera manual) de los sitios en donde se levantarán ambas obras, serán reacomodados en las áreas verdes circundantes. En todo momento, se procurarán optimizar los senderos ya existentes. Cualquier actividad que se realice durante esta etapa, será efectuada en horarios que no resulten perjudiciales para los huéspedes.

### II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto

No aplica.

## II.2.4 Etapa de construcción

### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las especificaciones técnicas de la PTAR son las que se enlistan a continuación:

Capacidad en m<sup>3</sup>/día (litros por segundo): 96 (1.111)

Gasto máximo permitido (litros por segundo): 2.222

Gasto máximo extraordinario (litros por segundo): 4.444

Reciclado en m<sup>3</sup>/día (litros por segundo) : 64 (0.749)

Lodos de desecho (base húmeda) en m<sup>3</sup>/día: 0.0080

Producción total de lodos secos en m<sup>3</sup>/día: 0.0041

- **Cárcamo de bombeo**

Cantidad de bombas a instalar: 2

Cantidad de bombas en servicio: 1

Caudal de operación : 4 m<sup>3</sup>/hr

Presión de operación: 8.9 m.c.a.

- **Reactor aerobio**

Caudal medio horario Q<sub>p</sub> (m<sup>3</sup>/h): 4

Caudal medio diario Q(m<sup>3</sup>/día): 96

Caudal máximo horario Q<sub>max</sub> (m<sup>3</sup>/h): 4.44

Q<sub>min</sub> (m<sup>3</sup>/h): 23.03

DBO<sub>5</sub> de entrada (mg/l): 200

SST de entrada (mg/l): 100

DBO<sub>5</sub> (kg/m<sup>3</sup>): 0.34

DQO (kg/m<sup>3</sup>) 0.09

DBO<sub>5</sub> de salida (mg/l): 105

No. de módulos: 1

Volumen: 80 m<sup>3</sup>

Área  $A = V_r / H_s = 17.77 m^2$

Adoptar reactores rectangulares  $a = 8.36 m; H = 4.5 m; L = 4.5 m$

Tiempo de retención hidráulico(TRH):  $TRH=V/Q= 20$  hr

Velocidad superficial:  $v= Qp/A = 0.048$  m/h

Para  $Q_{max}$ : 0.049 m/h

- **Clarificadores**

No. de clarificadores: 1

Sedimentadores en clarificador: 1

Largo sedimentador: 2.2 m

Ancho sedimentador: 2.2 m

Altura de agua sedimentador: 4.5 m

Volumen total cada sedimentador: 16.36 m<sup>3</sup>

Volumen total clarificador: 96 m<sup>3</sup>

Tiempo de retención: 3.5 hrs

## PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA

La planta de ósmosis inversa se ubicará aledaña al edificio de las oficinas generales, dentro del cuarto de máquinas. Asimismo, las 3 cisternas que contendrán el agua que ya esté tratada, estarán a su alrededor. El registro del agua de rechazo para el proceso de la ósmosis inversa estará situado a espaldas de la planta.

Las generalidades de la propuesta técnica son las que se señalan a continuación:

- **Bomba de Realce:** Bomba de acero inoxidable centrífuga para tomar agua desde tanque de almacenamiento e impulsar el agua al sistema de PRE filtración. Esta bomba estará equipada con una caja de control, manómetro y tuberías de PVC.

**Capacidad de la bomba:** 72 gpm @ 60 PSI

**Material:** Acero Inoxidable 904

**Marca:** Grundfos tipo CR, FEDCO ó similar para agua salina

**Motor:** 7.5 HP

- **Filtración PRETRATAMIENTO:** El sistema de filtración es usado para filtrar arena y sedimentos (turbidez) hasta aproximadamente 20 micrones.

**Medidas:** 36" Ø x 72" de altura

**Conexiones:** 2" Ø

**Flujo por tanque:** 70.7 gpm

**Carga filtrante por tanque:** 25 ft<sup>3</sup>

**Velocidad de filtración:** 10 GPM / Ft<sup>2</sup>

**Caudal de retrolavado:** 101.62 GPM X Tanque

**Secuencia:** Manual

**Material del Tanque:** Fibra de Vidrio.

- **Bomba Automática de Dosificación de Anti incrustante:** Después del Filtro Multimedia, se requiere acondicionar químicamente el agua para eliminar la posibilidad de dañar a las membranas por los precipitados principalmente Carbonato de Calcio, saturación de sílice y bacterias que se adhieren a la superficie de la membrana. El equipo de dosificación tiene las siguientes características:

**Marca:** Grundfos

**Modelo:** Alldos

**Capacidad:** 0.29 GPH

**Presión:** 150 PSI

**Voltaje:** 1/60/110

**Aplicación:** Antiincrustante

**Tanque:** 1 Pza.

**Capacidad:** 60 litros

**Material:** Polietileno

**Sensor de nivel:** 1 Pza.

**Material:** PVC

### **SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA**

- **Filtros de 5 Micrones Cartucho:** Acondicionada el agua cruda, es impulsada a través de un sistema de Micro filtración compuesto por una estación de PRE-filtración tipo cartucho; la cual asegura detener partículas que se pudieran escapar al retrolavar el filtro. El sistema incluye en su configuración, sistema de control para determinar presión diferencial lo que permite monitorear la saturación del cartucho.

**Marca:** Hayward o similar

**Material:** Fibra de vidrio reforzado con polipropileno

**Cantidad:** 1 Pza.

**Capacidad de diseño:** 100 GPM @ 5.1 GPM/10" de Cartucho

**Cantidad de filtro bolsa:** 1 de 40"

**Capacidad de retención:** 5 Micras

**Material del cartucho:** Polipropileno.

- **Equipo de Bombeo:** La bomba que se utilizará es del tipo Centrífuga Multietapas Horizontal fabricada en material de acero inoxidable DUPLEX SS 2205 electropulido que garantiza su operación para agua SALADA hasta 34.000 ppm de STD. La bomba estará acoplada a motor eléctrico horizontal sellado. La Bomba tiene las siguientes características:

**Cantidad:** 1 por módulo

**Capacidad de diseño:** 71.8 GPM @

**Marca:** FEDCO, Grundfos o similar

**Modelo:** Tipo vertical

**Material de fabricación:** 316L Electro pulido

**Accionamiento:** Motor Eléctrico 20 hp

**Corriente Eléctrica:** 3/60/440 voltios

- **Motor:** El motor para alta presión viene para aplicaciones industriales. El motor viene diseñado para trabajar 24 horas diarias.

**Marca:** Marathon electric

**HP:** HP 20 (pendiente por definir)

**Cantidad:** 1 Pza.

- **Arrancador de velocidad variable con controlador y módulo de comunicación:** Para controlar la operación de la bomba de una forma más eficaz, se está incluyendo arrancador de velocidad variable para una motobomba de alta presión, el cual permitirá hacer partidas suaves para evitar golpes de ariete y reducir en gran medida el consumo de energía eléctrica sin la necesidad de una turbina de recuperación aunado al bajo caballaje y presión de trabajo del sistema.

**Marca:** Allen Bradley o similar.

- **Sistema Automático de Ósmosis Inversa**

**Basado en Agua cruda:** 34,000 ppm @ 25° Celsius.

**Caudal Producto:** 1 x 150 m<sup>3</sup>/día

**Recuperación:** 46 - 53%

**Presión Alimentación:** 50 PSI

**Calidad Agua Producto:** < 500 PPM / TDS promedio

**Voltaje:** 440/ 220 / 60 / 3

- **Estructura:** El sistema viene instalado sobre una estructura de acero inoxidable para máxima resistencia y durabilidad a la corrosión. Ensamblada con tornillería de Acero inoxidable grado industrial.
- **Vasos de Presión para Ósmosis Inversa:** Los recipientes de presión, donde son alojadas las Membranas, son tubos de Fibra de Vidrio Reforzado construidos bajo norma ASME,  
**Marca:** CodeLine  
**Modelo:** 600 PSI/ Salida Lateral  
**Cantidad:** 2 con 6 elementos cada módulo

- **Membranas para Ósmosis Inversa:** La Desalación propiamente se efectúa a través de un sistema de Membranas de Ósmosis Inversa tipo espiral de Alto Rechazo.  
**Marca:** Hydranautics  
**Modelo:** CPA 3  
**Área de filtración:** 400 ft<sup>2</sup>  
**Recuperación:** 46 - 53%  
**Presión de operación:** 500 psi máximo  
**Cantidad:** 12 unidades
- **Puertos de Muestreo de agua Producto:** Los puertos de muestreo estarán colocados en cada vaso de presión que permita la evaluación de la calidad del agua producto
- **PANEL DE CONTROL:** El sistema incluye un panel de control con protección clase NEMA aprobado por UL central que permite operar y monitorear todo el equipo incluyendo PRE-tratamiento y POST-tratamiento.  
**Cantidad:** 1 por módulo  
**Norma:** NEMA 4X  
**Dimensiones:** 36" x 30" x 12"  
**Botón de paro de Emergencia:** Tipo hongo  
**Alarmas:** Sonora y luminosa
- **Interfase Operador.- Máquina:** El sistema cuenta con un Pantalla tipo TOUCH SCREEN
- **Controlador Lógico Programable (PLC)**  
**Marca:** Allen Bradley o similar  
**Modelo:** Micrologyx 1500
- **Panel View con teclado (Touch Screen)**

**Marca:** Allen Bradley

- **Medidor de Caudal de Agua de Producto:** El medidor de flujo de agua producto en línea:

**Marca:** +GFD+ Signet

**Modelo:** 2357

**Tipo de Señal:** 4 – 20 MA

- **Medidor de Caudal de Agua de Rechazo:** El medidor de flujo de agua de rechazo viene instalado en línea:

**Marca:** +GFD+ Signet

**Modelo:** 2357

**Tipo de Señal:** 4 – 20 MA

- **Manómetro de Presión:** De 4” de diámetro en acero inoxidable rellenos de glicerina instalados en el tablero de control principal para máxima visibilidad.

**Marca:** Wika

**Modelo:** 323

**Cantidad:** 6

- **Sensores de presión:** Instalados en línea.

**Marca:** Wika o GFD + Signet

**Cantidad:** 5

- **Válvula Actuadora de Bloqueo del agua de alimentación:** Bloqueará la entrada de agua de alimentación, activándose cada corte de operación de la máquina de ósmosis inversa, esto asegura flujo nulo para la máquina de ósmosis inversa.

**Marca:** Asahi o equivalente

- **Componentes Eléctricos Visibles:** Todos los contactores, arrancadores, arrancadores magnéticos, relés de sobrecarga, regletas de contacto, fusibles del

circuito, interruptores On/Off y luces indicadoras. Todos estos componentes están listados y aprobados por la UL, CA y CE.

**Marca:** Allen Bradley o similar

- **Interruptores de Seguridad:** Todos los interruptores están diseñados para proteger a la planta de ósmosis inversa de flujos y presiones inadecuados a la entrada y salida del sistema.

**Marca:** Danfoss

**Cantidad:** 2

- **Tubería y Válvulas para Baja Presión:** Todos los tubos y válvulas de baja presión vienen en PVC rígido cédula 80, y tubos flexibles de polietileno reforzado.

- **Medidor de Conductividad (Agua Producto):** Este medidor reporta la cantidad de sólidos disueltos en forma continua y tiene set points por alta cantidad y baja cantidad de sólidos.

**Marca:** GFD + Signet

**Modelo:** 450 Series

- **Medidor de STD:** Este medidor reporta la cantidad de sólidos disueltos en forma continua y tiene set points por alta cantidad y baja cantidad de sólidos.

**Marca:** GFD + Signet

**Modelo:** 2850

- **Tubería de Alta Presión en Acero Inoxidable:** Tubería en acero inoxidable pasivado del lado de alta de la planta de ósmosis inversa.

- **Sistema Automático de Limpieza CIP y Enjuague:** Para limpieza química de las membranas, compuesto por una motobomba Grundfos o similar en acero inoxidable, tanque plástico en HDPE con su tubería y válvulas.

**Tanque:** 110 Galones

**Capacidad de la bomba:** 70 gpm @ 50 psi

**Material:** Acero Inoxidable 2205

**Marca:** Grundfos CRN o FEDCO

**Motor:** 3 HP

- **Tubería y Válvulas para alta presión:** Todos los tubos y válvulas son fabricados en acero inoxidable. Abrazaderas victaulic.

## II.2.5 Descripción de obras asociadas al proyecto

No se considera la ejecución de ningún tipo de obra asociada.

## II.2.6 Etapa de operación y mantenimiento

### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de tratamiento consta de las siguientes subetapas:

#### 1) Pretratamiento

Está basado en un conjunto de operaciones unitarias cuyo principal objetivo es la remoción de sólidos (sedimentables y suspendidos) para un mejor tratamiento del agua en las etapas posteriores.

- **Rejillas gruesas.** Cuando se prevé la existencia de sólidos de gran tamaño o de una gran cantidad de arenas en el agua bruta, se debe incluir en cabecera de instalación un sistema de separación de estos grandes sólidos. En este sistema la tarea consistirá en la retirada de estos grandes sólidos, para evitar que estos dificulten la llegada del agua residual al resto de la planta. El mantenimiento consiste en 1) vigilar que no se acumulen muchos sólidos en la reja, para lo cual se deberá limpiar con cierta periodicidad, este período varía de una planta a otra siendo la experiencia del encargado el que determine este periodo. Las razones de tener que limpiar las rejillas con cierta frecuencia es evitar que se pudran los sólidos orgánicos allí retenidos, dando lugar a malos olores; 2) vaciar la cuba de los

sólidos con cierta regularidad, por los mismos motivos antes expuestos; 3) reparar y sustituir los barrotes que se hayan roto.

- **Desarenadores.** El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente. El mantenimiento consiste en 1) vaciar los depósitos de arena de los canales de desarenado manual cuando veamos que está lleno, 2) reparar y cambiar los difusores rotos en los desarenadores aireados, y 3) vigilar que el caudal de aire en los desarenadores aireados es el adecuado.
- **Desaceitado-desengrasado.** Por el origen del agua residual (doméstica) será suficiente instalar trampas de grasa en los colectores, por lo que el agua llegará con un valor mínimo de grasas y aceites a la PTAR. El mantenimiento consiste en limpiar y retirar grasas acumuladas en la trampa cada que se requiera, es decir, cuando se observe que éstas ya están saturadas.

## 2) Cárcamo de bombeo

Su función es la de bombear el agua hacia el siguiente sistema de tratamiento aerobio, el diseño de este tipo de cárcamo es muy especial ya que en él se encuentran 2 bombas sumergibles que trabajan por paro y arranque que sirven el cárcamo de bombeo se encuentra dividido en 2 partes por medio de una mampara y en la primer mampara donde se lleva a cabo la aireación y por ende la homogenización de las aguas residuales, la segunda mampara sirve de bombeo y esto ocurre cuando el agua residual alcanza los electroniveles que le indican el encendido de la bomba.

## 3) Tratamiento secundario (biológico)

Es un proceso que utiliza bacterias aerobias-anaerobias para reducir hasta en un 90% los contaminantes orgánicos contenidos en el agua, susceptibles de ser degradados.

- **Reactor aerobio (lodos activados).** En el proceso de lodos activados un residuo se estabiliza biológicamente en un reactor bajo condiciones aeróbicas.

El ambiente aeróbico se logra mediante el uso de aireación por medio de difusores o sistemas mecánicos. Al contenido del reactor se le llama líquido mezcla. Una vez que el agua residual ha sido tratada en el reactor, la masa biológica resultante se separa del líquido en un tanque de sedimentación y parte de los sólidos sedimentados son retornados al reactor; la masa sobrante es eliminada o purgada puesto que si no fuera así, la masa de microorganismos continuaría aumentando hasta que el sistema no pudiera dar cabida a más. En el proceso de lodos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que estos son la causa de descomposición de la materia orgánica del efluente. En el reactor parte de la materia orgánica del agua residual es utilizada por las bacterias aeróbicas con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en nuevas células. Otro tipo de microorganismos igualmente de importantes son los protozoos y rotíferos que actúan como depuradores de los efluentes. Los protozoos consumen las bacterias dispersas que no han floculado y los rotíferos consumen partículas biológicas que no hayan sedimentado.

#### **4) Clarificador**

En el clarificador secundario sedimentan los lodos provenientes del reactor aerobio. Éstos son recolectados continuamente; posteriormente son tomados por bombas centrífugas, un porcentaje es eliminado mediante purgas a lechos de secado y el resto se recircula (del 33.3 al 100%) a los reactores aerobios para compensar el nivel de lodos activados. El agua clarificada es evacuada por vertederos en la parte superior del clarificador y de ahí es conducida por gravedad al tratamiento terciario.

#### **5) Tratamiento terciario (desinfección)**

En esta etapa del proceso lleva a cabo la desinfección del agua, por medio de la adición de cloro. De todos los desinfectantes químicos éste es el más utilizado debido a que es altamente tóxico para una gran cantidad de microorganismos, es altamente soluble en agua y tiene una aptitud desodorizante.

## 6) Tratamiento de los lodos

A fin de reducir la carga microbiológica contaminante de los lodos, y su reducción en volumen de los mismos, se da un tratamiento por separado a los lodos generados durante el proceso.

- **Estabilización de los lodos.** La estabilización aeróbica se puede realizar simultáneamente en plantas de lodos activos donde los lodos, tanto primarios como secundarios, son continuamente aireados durante largos periodos de tiempo. En la digestión aeróbica los microorganismos están en fase respiratoria donde los materiales contenidos en las células son oxidados, teniendo como resultado una reducción de la materia orgánica degradada biológicamente. De esta manera, la estabilización aeróbica del exceso de lodo (incluyendo lodos primario) genera un consumo de energía. Adicionalmente, esta fase necesita un volumen extra en el reactor.
- **Secado de los lodos.** Mediante el secado de los lodos se consigue reducir su peso y se crea mediante la evaporación del agua que existe en los lodos. Es producido generalmente mediante procedimientos basados en radiación solar. Para el almacenamiento del exceso de lodos en esta propuesta se considera la construcción de un tanque con capacidad de 80 m<sup>3</sup>. Se contratará a alguna compañía para la disposición final de los lodos secos.

## CRITERIOS DE DISEÑO

### DATOS SOBRE ALIMENTACION INICIAL

1. DESCARGA PROMEDIO DIARIO: 1.11 lps
2. Carga orgánica DBO<sub>5</sub>: 200 ppm
3. Del cual DBO soluble: 180 ppm
4. DBO máximo requerido en el efluente: 30 ppm
5. DQO (influyente): 720 ppm
6. Alcalinidad como CaCO<sub>3</sub>: 540 ppm
7. Grasas y aceites: 50 ppm

8. Sólidos sedimentables: 2.50 ml/l
9. pH: 7.1
10. Sólidos suspendidos totales: 300 ppm
11. Nitrógeno total Kjeldahl (NTK): 50 ppm
12. Fósforo total: 10 ppm
13. Fosfatos: 8 ppm
14. Sólidos volátiles: 0 ppm
15. Temperatura de Verano: 28 °C
16. Temperatura en aireación: 24 °C
17. Temperatura de Invierno: 22 °C
18. Temp. en aireación: 20 °C
19. Tiempo de residencia en aireación: 20 horas
20. Conc. licor mezclado (Xva): 4300 ppm
21. Est. preliminar de potencia: 22 HP
22. Columna de agua (sin pérdidas por fricción): 4.5 m
23. Numero de módulos de tratamiento: 1 línea

| <b>PARTIDA</b> | <b>PARÁMETRO</b>       | <b>CONC. EFL.<br/>(mg/l)</b> | <b>CONC. EFL.<br/>(mg/l)</b> | <b>% REMOCIÓN (%R=( C.I-<br/>C.E) *100/C.I)</b> |
|----------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>1</b>       | SST                    | 180                          | 40                           | <b>77,78</b>                                    |
| <b>2</b>       | DBO <sub>5</sub> total | 200                          | 30                           | <b>85,00</b>                                    |
| <b>3</b>       | Nitrógeno Total        | 50                           | 14                           | <b>72,00</b>                                    |
| <b>4</b>       | Fósforo total          | 10                           | 4                            | <b>60,00</b>                                    |
| <b>5</b>       | Grasas y aceites       | 50                           | 14                           | <b>72,00</b>                                    |
| <b>6</b>       | pH                     | 7.2                          | 7.2                          | <b>-</b>                                        |
| <b>7</b>       | Materia Flotante       | Presente                     | Ausente                      | <b>100,00</b>                                   |
| <b>8</b>       | Coliformes Fecales     | 240000                       | 1000                         | <b>9 9,999</b>                                  |

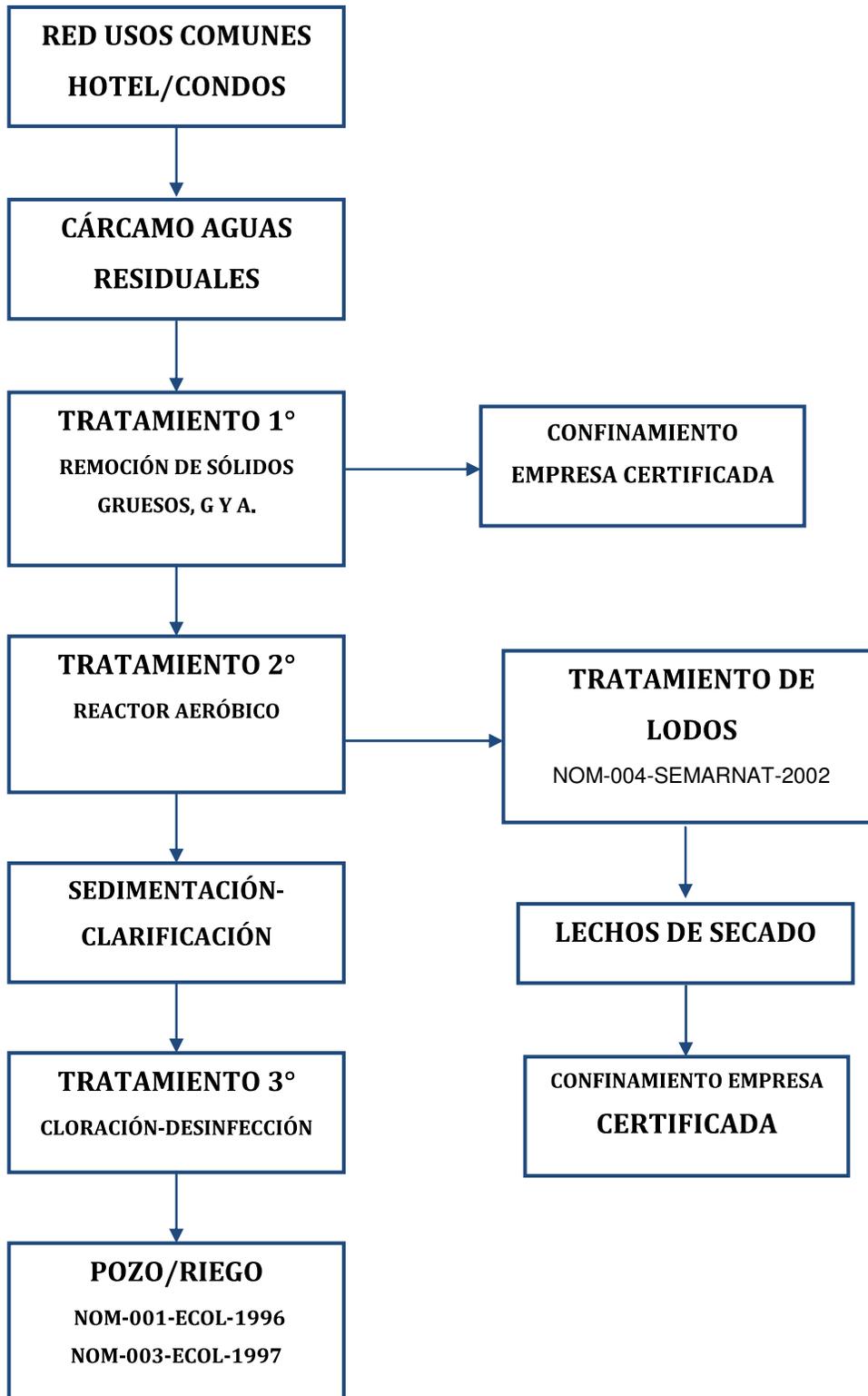


Figura II.3. Diagrama de flujo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

### **PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA**

**Aprovechamiento:** Se obtiene agua salobre a partir de la explotación de agua subterránea por medio de pozos acuíferos, para esto se debe tomar en cuenta la Normatividad Mexicana Vigente NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos, de la que se extrae lo siguiente:

“La necesidad de obtener agua en cantidades económicamente explotables ha originado la perforación de aproximadamente 140,000 pozos distribuidos en 460 acuíferos. Cuando los pozos para extracción de agua están mal contruidos, ofrecen una vía de contaminación entre el ambiente externo y los acuíferos. A diferencia del agua superficial, en la que puede observarse el proceso de contaminación y la localización de las fuentes contaminantes, lo que permite la remediación y depuración del recurso de manera oportuna, en el caso del agua subterránea la contaminación avanza y se efectúa sin que pueda observarse, originando que, a veces, la fuente de abastecimiento de agua tenga que abandonarse temporal o definitivamente. Los estudios para determinar la fuente y características de la contaminación, así como el proceso de remediación o descontaminación, requieren plazos de hasta varios años y originan altos costos que obligan incluso a abandonar definitivamente la fuente local de abastecimiento de agua. La falta de cuidado en el manejo de las instalaciones que contienen líquidos y depósitos de residuos sólidos degradables cercanos a los pozos para extracción de agua, la ausencia de reglamentación relativa a la distancia a la que se puede construir un pozo para extracción de agua de la fuente de contaminación no suprimible y el diseño y construcción inadecuado de pozos, han dado como resultado la posible contaminación de las aguas subterráneas. Con el objeto de minimizar este riesgo y establecer los requisitos mínimos durante protección de acuíferos, de la construcción de pozos de agua para coadyuvar a la hace necesario expedir la siguiente: Norma Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos”.

## Pretratamiento

Antes del tratamiento específico de las sales se debe realizar un tratamiento global en el que se incluyan distintos procesos físicos y químicos.

El pretratamiento del agua de abastecimiento para las membranas influye mucho en la eficacia de la instalación. La forma de pretratamiento requerida depende de la calidad del agua entrante. El propósito del pretratamiento es reducir el contenido en materia orgánica y la cantidad de bacterias. El contenido en materia orgánica y las cantidades de bacterias deben ser tan bajas como sea posible para prevenir la llamada bio-obstrucción de membranas.

La aplicación de un pre-tratamiento tiene varios beneficios:

- . Las membranas tienen un mayor límite de vida cuando se realizan pre-tratamientos.
- . Se extiende el tiempo de producción de la instalación.
- . Las tareas de mantenimiento se simplifican.
- . Los costos de empleo son menores.

- **Filtros multicama.** Los filtros multicama, o también llamados multimedia o de lecho profundo, tienen la finalidad de remover sólidos suspendidos en el agua de tamaños de hasta 15 micrómetros. Esto quiere decir que todo sólido en suspensión (tierra, polen, basuras pequeñas, etc.) mayor a 15 micrómetros quedará retenido en el filtro para después ser desechado por el drenaje en el retrolavado; no permitiendo de esta forma que estos sólidos pasen al torrente de servicio. Esta función tiene como beneficio que el agua tratada queda parcialmente libre de sólidos en suspensión los cuales afectan la calidad potable y de proceso del agua. Este proceso de filtración es del tipo profundo en donde la capa (cama) superior de material filtrante es la de mayor tamaño de fragmentos, después el agua pasa a una capa de menor tamaño de fragmentos y por último pasa por una capa fina de fragmentos que hacen la filtración final de 15 micrómetros. Estas capas de material tienen diferente densidad, de tal forma que al retrolavarse las capas se acomodan siempre de

fragmentos mayores en la parte superior a fragmentos finos en la inferior. Todo esto va soportado por una capa de grava, proporcionando de esta forma una gran capacidad de retención de suspendidos.

- **Filtros pulidores.** Los filtros de cartuchos ó filtros pulidores se utilizan para filtrar líquidos con muy poco contenido de sólidos. La función de este filtro es detener las impurezas pequeñas, dar claridad y brillantez al agua, reteniendo partículas de hasta 5 micras. Sus componentes son un portafiltro y además un cartucho filtrante intercambiable de 5 micras de retención.

### **Pretratamiento químico**

Además del pretratamiento se puede añadir una dosis química (ácido, anti-escalante), para prevenir la descamación y precipitación de sólidos insolubles, tales como carbonato de calcio y sulfato de bario en la superficie de la membrana.

### **Microfiltración por membranas (Ósmosis Inversa)**

En esta etapa, una o más bombas de alta presión impulsan el agua hacia las membranas que producirán, por el fenómeno de ósmosis inversa, las aguas resultantes de este proceso. En términos generales, a partir del agua de alimentación se obtendrá entre un 40% y un 45% de agua producto apta para uso y/o consumo humano (previamente estabilizada químicamente).

### **Rechazo**

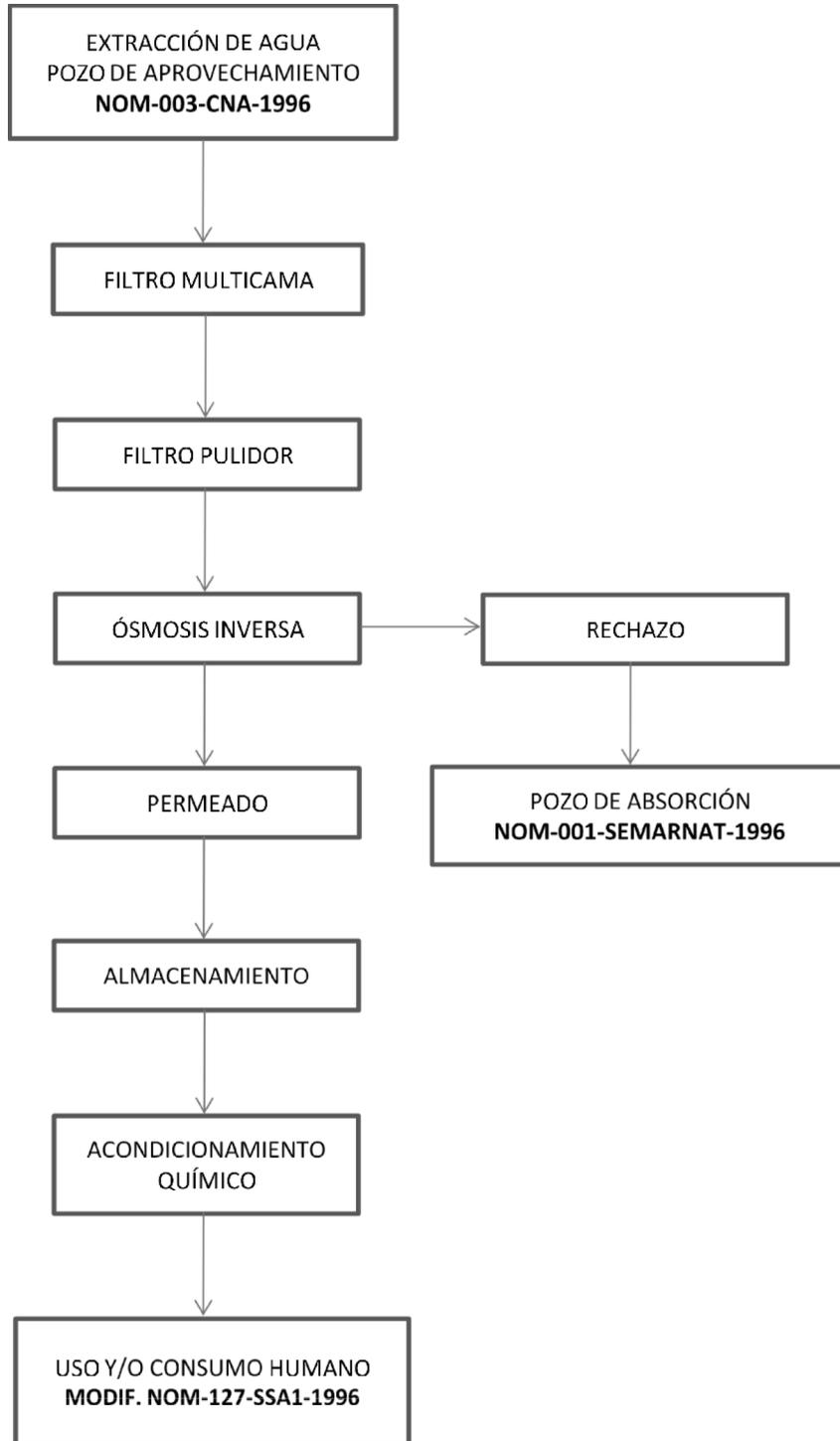
Por otro lado entre un 55% y un 60% del agua impulsada pasa a convertirse en salmuera, que es el agua con alta concentración de sales que será enviada a drenaje u otra área de disposición. El agua que se rechaza a drenaje debe cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.

### **Acondicionamiento químico y almacenamiento**

El agua producto de la ósmosis inversa pasa a un depósito de almacenamiento, posterior a la adición de producto químico para la estabilización de parámetros y cumplimiento de la Normatividad Mexicana Vigente MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Se agrega en línea hipoclorito de sodio al 13% para mantener en un valor de 0.3 a 1.5ppm de cloro residual libre en agua tratada para su uso y/o consumo humano.

Se dosifica continuamente carbonato de sodio para mantener el pH de 7.4 a 7.6 unidades preferentemente, aunque la Norma Oficial permite un rango de 6.5 a 8.5 unidades.



**Figura II.4.** Diagrama de flujo de la Planta de Ósmosis Inversa.

### **II.2.7 Etapa de abandono del sitio**

No se considera etapa de abandono del sitio.

### **II.2.8 Utilización de explosivos**

No se utilizarán explosivos para el desarrollo de la obra.

### **II.2.9 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera**

Durante la etapa de preparación del sitio se generarán residuos producto tanto de la limpieza del terreno, como de los empleados que durante esta etapa laboren en la misma. De igual forma, como se ha comentado, la vegetación que sea retirada, será plantada de nuevo dentro del predio.

Por su parte, los residuos que se derivarán de la etapa constructiva serán los típicos de la construcción (madera, papel, cartón, tierra, piedra, pedacería de blocks, vidrio, aluminio, etc.). Todos ellos, al igual que los residuos sólidos urbanos (plásticos, empaques, botellas, vidrio, etc.) serán recogidos por el servicio de limpia municipal para su traslado y disposición final en sitios autorizados.

Las emisiones a la atmósfera serán producto de los vehículos automotores que se empleen para el traslado del material de construcción. Todos ellos deberán realizar sus verificaciones correspondientes, de acuerdo a la NOM-041-SEMARNAT-1999, para vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, la cual establece los límites máximos permisibles de emisión de gases. Asimismo, para contrarrestar el levantamiento de polvos, se llevará a cabo el humedecimiento de estos para evitar que se produzcan dichas emisiones.

### **II.2.10 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos**

Durante las etapas de preparación y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y la Planta de Ósmosis Inversa, los residuos sólidos que se generen serán depositados en contenedores rotulados y destinados para este fin. Se promoverá la separación de los mismos en orgánicos e inorgánicos, siendo estos

últimos desalojados a diario por el servicio de limpia municipal, que es el encargado de transportarlo al tiradero municipal. Por su parte, para el manejo de los residuos de naturaleza humana (aguas residuales) que se generen durante las etapas de preparación y construcción se utilizarán tanto baños portátiles como los que se encuentran en el área de las cabañas destinadas para el uso de los empleados del PAPAYA PLAYA PROJECT. Para la etapa de operación, la totalidad de las aguas residuales generadas en el desarrollo habitacional, serán tratadas por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, de la que es objeto la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

### **III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULARIZACIÓN DE USO DE SUELO**

El presente proyecto se vincula con los Programas de Ordenamiento Territorial y de Desarrollo Urbano, declaratorias de áreas naturales protegidas, así como las Leyes y Normas aplicables de competencia federal, estatal y municipal, que permita situar las bases para demostrar la viabilidad legal y ambiental de la propuesta.

De esta manera, se prevé que a través del procedimiento de impacto ambiental, se establezcan las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades del proyecto que puedan causar efectos adversos al entorno o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.

#### **III.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE**

**ARTÍCULO 28.-** La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o 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.

***Vinculación:** Para cumplir con lo estipulado en este artículo es que se presenta esta Manifestación de Impacto Ambiental, ya que tanto la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales como la Planta de Ósmosis Inversa se encuentran incluidas como obras hidráulicas.*

**ARTICULO 110. Frac. II.** Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

**ARTICULO 113.** No deberán emitirse contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente. En todas las emisiones a la atmósfera, deberán ser observadas las previsiones de esta Ley y de las disposiciones reglamentarias que de ella emanen, así como las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría.

***VINCULACIÓN-** Respecto a los artículos 110 y 113, todos los vehículos y maquinaria que se utilizarán para la construcción de las plantas de tratamiento del desarrollo hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT contarán con su respectivo mantenimiento (realizado fuera de las instalaciones del PPP), a fin de minimizar las emisiones de gases contaminantes para la atmósfera y cumplir con los artículos de esta ley.*

**ARTÍCULO 117.-** Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

- I.** La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;
- II.** Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo;

**III.** El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas;

**IV.** Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; y

**V.** La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.

***Vinculación:** Con base a este artículo se realiza el presente proyecto para que las aguas residuales generadas durante la operación del Desarrollo Hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT tengan un tratamiento adecuado antes de ser descargadas al manto freático.*

**ARTICULO 121.-** No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

***Vinculación:** Para la operación del Desarrollo Hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT se usará una planta de tratamiento como medio de tratamiento de aguas residuales.*

**ARTICULO 150.-** Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, la regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, rehúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

**Vinculación.-** *Todos los residuos sólidos peligrosos que puedan generarse durante la construcción del proyecto serán separados, y almacenados de acuerdo a lo dispuesto en la presente ley, su reglamento y las normas oficiales que lo establezcan.*

**ARTICULO 151.** La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con 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, en su caso, tenga quien los generó.

**Vinculación.-** *Para cumplir este artículo se contratará una empresa especializada en el rubro, a la cual se le entregarán los residuos peligrosos que se puedan generar durante la construcción del proyecto, estos se les entregarán de la manera debida en contenedores adecuadamente cerrados y etiquetados.*

**ARTICULO 203.-** Sin perjuicio de las sanciones penales o administrativas que procedan, toda persona que contamine o deteriore el ambiente o afecte los recursos naturales o la biodiversidad, será responsable y estará obligada a reparar los daños causados, de conformidad con la legislación civil aplicable.

El término para demandar la responsabilidad ambiental, será de cinco años contados a partir del momento en que se produzca el acto, hecho u omisión correspondiente.

**Vinculación.-** *El promovente del proyecto es consciente de la normatividad aplicable a cada una de las etapas, por lo que se hace responsable de minimizar, mitigar o compensar los daños que puedan ocasionarse al ambiente.*

### **III.2 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

**ARTÍCULO 50.-** 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 receptores que constituyan bienes nacionales, excepto aquellas en las que se reúnan las siguientes características:

- a) Descarguen líquidos hasta un máximo de 100 litros por segundo, incluyendo las obras de descarga en la zona federal;
- b) En su tratamiento no realicen actividades consideradas altamente riesgosas, y
- c) No le resulte aplicable algún otro supuesto del artículo 28 de la Ley;

***Vinculación:** Este proyecto se refiere a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual descargará el agua residual tratada al manto freático, por lo tanto requiere se presente ante la autoridad competente una Manifestación de Impacto Ambiental.*

**ARTICULO. 58.-** Para los efectos del presente capítulo, las medidas correctivas o de urgente aplicación tendrán por objeto evitar que se sigan ocasionando afectaciones al ambiente, los ecosistemas o sus elementos; restablecer las condiciones de los recursos naturales que hubieren resultado afectados por obras o actividades; así como generar un efecto positivo alternativo y equivalente a los efectos adversos en el ambiente, los ecosistemas y sus elementos que se hubieren identificado en los procedimientos de inspección.

***Vinculación.-** El presente documento, contiene el capítulo VI en el cual se exponen las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos identificados y descritos en el capítulo V de la misma. Estas medidas se encuentran sujetas a la normatividad ambiental correspondiente.*

### **III.3 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN A LA ATMÓSFERA.**

**ARTÍCULO 13.-** Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

**I.** La calidad del aire debe ser satisfactoria en todos los asentamientos humanos y las regiones del país, y

**II.** Las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas o controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

**ARTÍCULO 16.-** Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las normas técnicas ecológicas.

**ARTICULO. 28.** Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que expida la Secretaría.

**Vinculación.-** *Por lo que respecta a los artículos 13, 16 y 28 de este Reglamento, durante la construcción del proyecto todos los vehículos que se emplearán serán sometidos a las pruebas de verificación correspondientes con el fin de no sobrepasar los límites máximos permisibles de gases contaminantes a la atmósfera establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas.*

### III.4 LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE

**Artículo 4.-** Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.

*Vinculación.- El proyecto no contempla la destrucción, daño o perturbación de la fauna silvestre, toda vez que se tomarán medidas para conservar la fauna silvestre.*

**Artículo 27 Bis.-** No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras.

*Vinculación.- El proyecto no contempla la introducción de especies exóticas invasoras.*

### III.5 LEY DE AGUAS NACIONALES

**Artículo 88 Bis 1:** Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan y mediante un aviso por escrito a "la Autoridad del Agua".

En localidades que carezcan de sistemas de alcantarillado y saneamiento, las personas físicas o morales que en su proceso o actividad productiva no utilicen como materia prima sustancias que generen en sus descargas de aguas residuales metales pesados, cianuros o tóxicos y su volumen de descarga no exceda de 300 metros cúbicos mensuales, y sean abastecidas de agua potable por sistemas municipales, estatales o el Distrito Federal, podrán llevar a cabo sus descargas de aguas residuales con sujeción a las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se expidan y mediante un aviso por escrito a "la Autoridad del Agua".

El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado urbano o municipal de los centros de población, que se viertan a cuerpos receptores, corresponde a los municipios, a los estados y al Distrito Federal.

**Vinculación.-** *Con base a este artículo se realiza el presente proyecto para que las aguas residuales generadas durante la operación del Desarrollo Hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT tengan un tratamiento adecuado antes de ser descargas al manto freático.*

**Artículo 96 BIS 1:** Las personas físicas o morales que descarguen aguas residuales, en violación a las disposiciones legales aplicables, y que causen contaminación en un cuerpo receptor, asumirán la responsabilidad de reparar el daño ambiental causado, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones administrativas, penales o civiles que procedan, mediante la remoción de los contaminantes del cuerpo receptor afectado y restituirlo al estado que guardaba antes de producirse el daño, o cuando no fuere posible, mediante el pago de una indemnización fijada en términos de Ley por Autoridad competente.

**Vinculación.-** *Las aguas residuales generadas durante la operación del Desarrollo Hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT tengan un tratamiento adecuado antes de ser descargas al manto freático.*

### **III.7 REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES**

**Artículo 134.-** Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas a realizar las medidas necesarias para 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.

**Vinculación.-** Durante la operación del Desarrollo Hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT se utilizará una planta de tratamiento, la cual le permitirá a las aguas residuales cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales".

**Artículo 151.-** Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores..., basura, materiales.. 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

**Vinculación.-** No se dispondrán residuos de ninguna naturaleza en cuerpos de agua receptores.

### **III.8 LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS**

**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 Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.

**Vinculación.-** Los residuos que se generarán en las diferentes etapas del proyecto, serán clasificados para su posterior envío al sitio de disposición final autorizado.

**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;

*Vinculación.- Los lodos provenientes del sistema de tratamiento de aguas residuales serán removidos por empresas especializadas. Estas empresas retirarán periódicamente del área del proyecto los lodos acumulados.*

**Artículo 54.-** Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y ni provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales...

*Vinculación.- Se realizarán las medidas pertinentes, en caso de ocurrir algún derrame de hidrocarburos provenientes de los vehículos automotores, equipo y maquinaria a utilizar.*

### **III.9 LEY DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE QUINTANA ROO**

**ARTICULO 38.-** Los interesados en la realización de obras o actividades que requieran de la autorización de la Federación, en materia de impacto ambiental, de conformidad con las disposiciones legales aplicables, deberán hacer del conocimiento de la Secretaría, la resolución favorable expedida por la autoridad competente, mediante un aviso que deberá presentarse, cuando menos 15 días hábiles antes del inicio de las obras o actividades que se pretendan llevar a cabo.

*Vinculación.- El promovente presentará en tiempo y forma la resolución federal ante las instancias estatales correspondientes.*

### **III.10 PLAN QUINTANA ROO 2011-2016**

En atención a los mandatos establecidos en los artículos 25 y 26 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que otorgan al estado mexicano el papel rector del desarrollo económico y social de la nación, así como las bases para implementar el Sistema Nacional de Planeación Democrática y en particular al mandato establecido en artículo 9 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo que indica procurar y promover la participación de todos los ciudadanos en el proceso de planeación que regula la vida de la comunidad en lo político, económico, social y cultural para la elaboración del Plan Estatal de Desarrollo en el marco del Sistema Estatal de Planeación Democrática Participativa.

El Plan Estatal de Desarrollo del Estado que denominamos **Plan Quintana Roo 2011-2016**, integra los anhelos y esperanzas de los ciudadanos expresados en el proceso de planeación participativa realizada en los Foros de Consulta y Participación Ciudadana y a través de las tecnologías de la información en el portal de internet del Gobierno del Estado, como lo indica el artículo 123 fracciones I y V de la Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado y los artículos 54 fracción I y 65 del Reglamento de la Ley de Planeación.

**El Plan Quintana Roo 2011-2016** establece en 4 ejes estratégicos las Políticas Públicas Sectoriales que instrumentarán los proyectos y acciones vertidos en el proceso de planeación participativa, así como los compromisos realizados por el Gobernador en campaña durante el proceso electoral.

### **III.- QUINTANA ROO VERDE**

Que preserve el Quintana Roo de hoy para las siguientes generaciones sin detener el desarrollo pero sin causar deterioro a nuestra naturaleza. Con la visión de contar con un territorio ordenado de acuerdo a sus vocaciones ecológicas y económicas, con localidades rurales integradas a actividades productivas amigables con nuestros valiosos ecosistemas.

### **III.6.-Sustentabilidad del Agua, Suelo y el Aire**

#### **Objetivo Estratégico**

Impulsar las políticas y acciones de sustentabilidad para el aprovechamiento y preservación del medio ambiente.

#### **III.6.4.- Estrategia 4**

##### **Consolidar y Promover la Gestión Integral del Recurso Hídrico para Preservar una Adecuada Calidad del Agua.**

Prevenir, reducir y controlar las descargas de aguas residuales y emisión de contaminantes al agua para garantizar una adecuada calidad del recurso hídrico mediante el saneamiento de las aguas residuales, propiciando su reúso en actividades de riego.

***Vinculación.-** Con la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales y la planta de ósmosis inversa no se contaminará el acuífero, por lo que el proyecto va acorde con las estrategias propuestas.*

### **III.11 NORMAS OFICIALES MEXICANAS**

#### **III.11.1 RUBRO AGUA**

**NOM-001-SEMARNAT-1996.-** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

***Vinculación.-** A fin de evitar descarga de aguas residuales al suelo natural, se llevará a cabo la contratación de letrinas portátiles durante la construcción del proyecto, cuya limpieza y mantenimiento correrá a cargo de la empresa contratada. Respecto a las aguas residuales generadas durante la operación, se utilizará una planta de tratamiento tal y como se especifica en el presente documento.*

### III.11.2 RUBRO AIRE

**NOM-041-SEMARNAT-2006.** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores que utilizan gasolina como combustible.

**NOM-042-SEMARNAT-2003.** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

**NOM-045-SEMARNAT-2006.** Que establece los límites máximos permisibles de capacidad de humo proveniente del escape de vehículos automotores que usan diesel o mezclas que incluyen diesel como combustible.

***Vinculación.-** Con el propósito de cumplir con la normatividad vigente en materia de aire, todos los vehículos y maquinaria utilizada para construcción del proyecto, serán sometido a verificación vehicular, para prevenir que se sobrepasen los límites máximos permitidos de emisiones a la atmósfera.*

### III.11.3 RUBRO RUIDO

**NOM-080-SEMARNAT-1994.** Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores y su método de medición.

***Vinculación.-** A todo vehículo y maquinaria que se utilizará para la construcción de la planta de tratamiento y la planta de ósmosis inversa, se les dará mantenimiento continuo fuera del predio. Este mantenimiento se llevará a cabo en los talleres de la empresa contratada a fin de que no sobrepasen los niveles permitidos.*

### **III.11.4 RUBRO RESIDUOS PELIGROSOS**

**NOM-052-SEMARNAT-2005.** Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

*Vinculación.- De acuerdo a la presente Norma, todos los residuos serán clasificados para su manejo y traslado al sitio de disposición final que les corresponda.*

### **III.11.5 RUBRO RECURSOS NATURALES**

**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.

*Vinculación.- Durante los trabajos de preparación del sitio y construcción, se deberá monitorear la zona a fin de evitar daños a la fauna y en caso de encontrarse ahuyentará a las zonas donde aún exista vegetación. Por otra parte, se conservarán las especies arbóreas que no interfieran con el diseño del proyecto, y se promoverá la creación de áreas verdes, lo que propiciará un hábitat para las aves que transitan en área.*

### **III.11.6 RUBRO SEGURIDAD LABORAL.**

**NOM-002-STPS-2010.** Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

*Vinculación.- El área de trabajo estará equipada con botiquín de primeros auxilios, extintores, así como un encargado de obra capacitado en caso de alguna contingencia.*

**NOM-004-STPS-1999.** Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

**NOM-005-STPS-1998.** Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

**NOM-011-STPS-2001.** Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

**NOM-017-STPS-2008.** Equipo de protección personal – Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

**VINCULACIÓN.-** *A fin de evitar accidentes laborales, se capacitará al personal que utilice la maquinaria, se les proporcionará equipo de protección (casco, botas, chalecos, tapones auditivos, etc.), así como capacitación para el manejo de residuos peligrosos en caso de generarse por las actividades de construcción.*

### **III.12 DECRETO POR EL QUE SE EXPIDE EL PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DE LA REGIÓN DENOMINADA CORREDOR CANCÚN-TULUM.**

El proyecto se ubica dentro del corredor Cancún-Tulum, por lo cual le aplica el decreto por el que se establece el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región denominada Cancún-Tulum, publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo el 16 de Noviembre de 2001.

De acuerdo con este programa, el proyecto se encuentra ubicado en la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 3 denominada Costa Tulum Sian Kaan, que tiene política de “Conservación” con un vocación de uso de suelo predominante de tipo Flora y Fauna, y condicionada para infraestructura y turismo.

| <b>UGA</b> | <b>POLÍTICA/<br/>FRAGILIDAD<br/>AMBIENTAL</b> | <b>USO<br/>PREDOMINANTE</b> | <b>USOS<br/>COMPATIBLES</b> | <b>USOS<br/>CONDICIONADOS</b> |
|------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
|------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|

|                  |                                                                                                                                    |               |       |                             |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------|
| 3                | Conservación 4<br>Costa Tulum Sian<br>Ka'an                                                                                        | Flora y Fauna | ----- | Infraestructura,<br>Turismo |
| <b>CRITERIOS</b> |                                                                                                                                    |               |       |                             |
| <b>C</b>         | 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19                                                                        |               |       |                             |
| <b>EI</b>        | 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 36, 38, 43, 48, 49, 50, 53                         |               |       |                             |
| <b>FF</b>        | 1,2,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,26,32,34,36                                                             |               |       |                             |
| <b>MAE</b>       | 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33,40, 45, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55 |               |       |                             |
| <b>TU</b>        | 3,10,11,15,17,18,21,22,23,24,34,40,43,44,45                                                                                        |               |       |                             |
| <b>AF</b>        | 1                                                                                                                                  |               |       |                             |

Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Corredor Cancún Tulum.

| <b>CRITERIOS DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO CORREDOR CANCÚN TULÚM Y<br/>CONGRUENCIA DEL PROYECTO</b> |               |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Criterio</b>                                                                                  | <b>Número</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                                | <b>Congruencia</b>                                                                                                                                                                   |
| C                                                                                                | 1             | Solo la superficie mínima indispensable para el proyecto constructivo podrá ser despalmada.                                       | No se realizará despalme de la superficie del terreno. Se preparará el predio con las superficies donde se realizará la construcción.                                                |
| C                                                                                                | 2             | Previo a la preparación y construcción del terreno, se deberá llevar a cabo un programa de rescate de ejemplares de flora y fauna | Se reubicarán las plantas en las áreas de construcción que sean susceptibles de ser replantada. Las especies de fauna serán ahuyentadas y se establecerá un procedimiento permanente |

|   |   |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                |
|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   | susceptibles de ser reubicados en áreas aledañas, o en el mismo predio.                                                                                                                                                                 | de prevención y señalización para protección de especímenes que puedan desplazarse por el área al momento de la construcción.                                                                                                  |
| C | 3 | Los campamentos de construcción deberán ubicarse en áreas perturbadas como potreros y acahuales jóvenes, dentro del predio y sobre los sitios de desplante del proyecto, pero nunca sobre humedales, zona federal o vegetación natural. | No se establecerá campamento de construcción. PAPAYA PLAYA PROJECT cuenta con cabañas asignadas para los empleados que laboren durante todas las etapas del proyecto.                                                          |
| C | 4 | Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de manejo in situ de desechos sanitarios.                                                                                                                                 | Se contará con baños portátiles para solventar las necesidades fisiológicas de los trabajadores. Asimismo, en el área donde se encuentran las cabañas para los empleados, también se encuentra con baños para el uso de estos. |
| C | 5 | Los campamentos de construcción deberán contar con un sistema de manejo integral (minimización, separación, recolección y disposición) de desechos sólidos.                                                                             | Se colocarán contenedores señalizados y tapados para apoyar la realización de estas acciones además de un programa integral de manejo de residuos sólidos.                                                                     |
| C | 6 | Durante las obras de                                                                                                                                                                                                                    | No se contempla este tipo de                                                                                                                                                                                                   |

|   |    |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                  |
|---|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |    | canalización y dragado, se utilizarán mallas geotextiles y otras tecnologías que eviten la suspensión y dispersión de sedimentos.                                                                                  | actividades en el proyecto, debido a la naturaleza del proyecto.                                                                                 |
| C | 7  | Al finalizar la obra deberá removerse toda la infraestructura asociada al campamento.                                                                                                                              | Se removerá toda la infraestructura de apoyo al finalizar la etapa de construcción.                                                              |
| C | 8  | Cualquier cambio o abandono de actividad deberá presentar y realizar un programa autorizado de restauración de sitio.                                                                                              | No se pretende abandonar la realización del proyecto.                                                                                            |
| C | 10 | No se permite la utilización de explosivos, excepto para la apertura de pozos domésticos de captación de agua potable aprobados por un Informe Preventivo Simplificado y en apego a los lineamientos de la SEDENA. | Debido a la naturaleza del proyecto, no se contempla este tipo de actividades.                                                                   |
| C | 11 | No se permite la disposición de materiales derivados de las obras, producto de excavaciones o rellenos sobre la vegetación.                                                                                        | La colocación de los materiales será en áreas despejadas del predio así como la utilización de contenedores y estrategias de manejo de residuos. |
| C | 12 | Los Residuos Sólidos y Líquidos derivados de la Construcción deben contar                                                                                                                                          | Se realizará dicho programa para poder manejar de manera correcta los residuos                                                                   |

|   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                        |
|---|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
|   |    | con un programa integral de manejo y disponerse en confinamientos autorizados por el Municipio.                                                                                                                                                                                                                                                 | generados.                                                                             |
| C | 13 | Deberán tomarse medidas preventivas para la eliminación de grasas, aceites, emisiones atmosféricas, hidrocarburos y ruidos provenientes de la maquinaria en uso en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación.                                                                                                               | Estas medidas se estipulan en el capítulo seis de este documento.                      |
| C | 14 | No se permite la utilización de palmas de las especies <i>Thrinax radiata</i> , <i>Pseudophoenix sargentii</i> , y <i>Coccothrinax readii</i> (chit, cuca y nakás), como material de construcción excepto las provenientes de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) o viveros autorizados. | No Aplica.                                                                             |
| C | 15 | El almacenamiento y manejo de materiales deberá evitar la dispersión de polvos.                                                                                                                                                                                                                                                                 | Se cubrirá el material durante el traslado y humedecerlo para reducir la dispersión de |

|    |    |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                          |
|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |                                                                                                                                                                                     | partículas.                                                                                                                              |
| C  | 16 | Todo material calizo, tierra negra, tierra de despalme, arena del fondo marino, piedra de muca, y residuos vegetales, deberá provenir de fuentes y/o bancos de material autorizados | Todo material utilizado para la construcción del proyecto será adquirido con proveedores autorizados.                                    |
| C  | 17 | Los campamentos de obras ubicadas fuera del centro de población no deberán ubicarse a una distancia menor de 4 km. De los centros de población.                                     | No Aplica.                                                                                                                               |
| C  | 18 | Las cimentaciones no deben interrumpir la circulación del agua subterránea entre el humedal y el mar.                                                                               | No Aplica.                                                                                                                               |
| C  | 19 | Se recomienda la instalación subterránea de infraestructura de conducción de energía eléctrica y comunicación, evitando la contaminación visual del paisaje.                        | No Aplica.                                                                                                                               |
| EI | 3  | La instalación de infraestructura estará sujeta a Manifestación de Impacto Ambiental.                                                                                               | Por la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y la Planta de Ósmosis Inversa es que se presenta este documento ante |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                    |
|----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |                                                                                                                                                                                                                                             | la autoridad correspondiente.                                                                                      |
| EI | 5  | Los asentamientos humanos y/o las actividades turísticas deberán contar con un programa integral de manejo y aprovechamiento de residuos sólidos.                                                                                           | No Aplica/ Se realizará dicho estudio para manejar de manera adecuando los residuos.                               |
| EI | 8  | Se promoverá el composteo de los desechos orgánicos, para su utilización como fertilizantes orgánicos degradables en las áreas verdes.                                                                                                      | No Aplica.                                                                                                         |
| EI | 9  | Se promoverá la instalación de sanitarios secos composteros que eviten la contaminación del suelo y subsuelo y la proliferación de fauna nociva en las zonas suburbanas y rurales.                                                          | No Aplica.                                                                                                         |
| EI | 11 | Los desarrollos turísticos y/o asentamientos humanos deberán contar con infraestructura para el acopio y manejo de residuos líquidos y sólidos.                                                                                             | Para cumplir con este punto es que se instalará la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.                      |
| EI | 12 | Los desarrollos turísticos y los asentamientos humanos deberán contar con un sistema integral de minimización, tratamiento y disposición final de las aguas residuales in situ, de acuerdo a la normatividad de la Ley de Aguas Nacionales, | Las aguas residuales generadas por las actividades del hotel serán tratadas a través de una planta de tratamiento. |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | su Reglamento y demás normatividad aplicable vigente.                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                    |
| EI | 13 | Se prohíbe la canalización del drenaje pluvial hacia el mar y cuerpos de agua superficiales y en caso de ser necesaria la perforación de pozos de absorción para su solución, se deberá obtener la anuencia de la SEMARNAT y la Comisión Nacional del Agua. | No Aplica                                                                                                                                                                                                                          |
| EI | 14 | Deberá estar separada la canalización del drenaje pluvial y sanitario en el diseño de calles y avenidas, además de considerar el flujo y colecta de aguas pluviales.                                                                                        | No Aplica.                                                                                                                                                                                                                         |
| EI | 16 | Se promoverá la reutilización de las aguas residuales previo cumplimiento de la normatividad vigente en materia de contaminación de aguas.                                                                                                                  | Se instalará la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y el agua proveniente de esta se usará para el riego de las áreas verdes.                                                                                                |
| EI | 17 | Las plantas de tratamiento de aguas servidas deberán contar con un sistema que minimice la generación de lodos y contarán con un programa operativo que considere la desactivación y disposición final de los lodos.                                        | El sistema establece la desactivación de los lodos residuales a través del tratamiento anaerobio y biológico propio de este tipo de sistemas. El sistema de tratamiento de aguas residuales será mantenido en óptimas condiciones. |
| EI | 18 | Se deberá utilizar aguas                                                                                                                                                                                                                                    | El agua tratada proveniente de                                                                                                                                                                                                     |

|    |    |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                |
|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | tratadas para el riego de jardines y/o campos de golf. El sistema de riego deberá estar articulado a los sistemas de tratamiento de aguas residuales.                            | la PTAR será usada para el riego de las áreas verdes presentes en el desarrollo hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT. |
| EI | 19 | Queda prohibida la descarga de aguas residuales crudas al suelo y subsuelo.                                                                                                      | No se realizarán este tipo de descargas.                                                                       |
| EI | 20 | No se permitirá la disposición final de aguas tratadas en el Manglar.                                                                                                            | No se realizará disposición de aguas tratadas en manglar.                                                      |
| EI | 21 | Quedan prohibidas las quemas de desechos sólidos y vegetación, la aplicación de herbicidas y defoliantes y el uso de maquinaria pesada para el mantenimiento de derechos de vía. | No Aplica.                                                                                                     |
| EI | 22 | Los taludes en caminos se deberán estabilizar con vegetación nativa.                                                                                                             | No Aplica.                                                                                                     |
| EI | 23 | Los paramentos de los caminos de acceso deberán ser protegidos con árboles y arbustos de vegetación nativa.                                                                      | No Aplica.                                                                                                     |
| EI | 24 | No se permite el derribo de árboles y arbustos ubicados en la orilla de los caminos.                                                                                             | No Aplica.                                                                                                     |
| EI | 25 | Los caminos de acceso deberán contar con reductores de velocidad y señalamientos de protección de la fauna.                                                                      | No Aplica.                                                                                                     |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EI | 27 | Los caminos que se construyan sobre zonas inundables deberán realizarse sobre pilotes o puentes, evitando el uso de alcantarillas, de tal forma que se conserven los flujos hidrodinámicos así como los corredores biológicos.       | No Aplica.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| EI | 28 | Se prohíbe la instalación de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos.                                                                                                                                          | Los residuos sólidos generados en las diferentes etapas del proyecto serán separados mediante contenedores rotulados en él y almacenados en el área dispuesta de para posteriormente ser trasladados a las áreas destinadas para ello mediante los servicios municipales de limpieza. |
| EI | 36 | No se permite la construcción de muelles.                                                                                                                                                                                            | No Aplica.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| EI | 38 | Se desarrollaran programas para la instalación de fuentes alternativas de energía.                                                                                                                                                   | No Aplica.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| EI | 43 | Se prohíben los campos de golf.                                                                                                                                                                                                      | No Aplica.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| EI | 48 | Todo proyecto de desarrollo turístico en la zona costera, deberá contar con accesos públicos a la zona federal marítimo terrestre, por lo que en la realización de cualquier obra o actividad, deberá evitarse la obstrucción de los | La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales y la planta de ósmosis inversa no obstaculizarán los accesos públicos a la zona federal marítimo terrestre.                                                                                                           |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                       |                                                          |
|----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|    |    | accesos actuales a dicha zona, debiendo proveer accesos a ésta, en el caso de que se carezca de ellos. Eventualmente, podrá permitirse la reubicación de los accesos existentes, cuando los proyectos autorizados así lo justifiquen. |                                                          |
| EI | 49 | No deberá permitirse la instalación de infraestructura de comunicación (postes, torres, estructuras, equipamiento, edificios, líneas y antenas) en ecosistemas vulnerables y sitios de alto valor escénico, cultural o histórico.     | No Aplica.                                               |
| EI | 50 | En las obras de infraestructura sobre áreas marinas o cuerpos de agua, se prohíbe el uso de aceite quemado y de otras sustancias tóxicas en el tratamiento de la madera.                                                              | No Aplica.                                               |
| EI | 53 | Los caminos ya existentes sobre humedales deberán adecuarse con obras, preferentemente puentes, que garanticen los flujos hidrodinámicos y el libre tránsito de fauna, tanto acuática como terrestre.                                 | No Aplica                                                |
| FF | 1  | Se prohíbe la tala y aprovechamiento de leña para                                                                                                                                                                                     | No se contempla este tipo de actividades en el proyecto, |

|    |   |                                                                                                                                                                                                                                                |                                   |
|----|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|    |   | uso turístico y comercial.                                                                                                                                                                                                                     | debido a la naturaleza del mismo. |
| FF | 2 | Los desarrollos turísticos y/o habitacionales, deberán minimizar el impacto a las poblaciones de mamíferos, reptiles y aves, en especial el mono araña.                                                                                        | No Aplica.                        |
| FF | 5 | Los usos del suelo en las áreas adyacentes a las playas de anidación de tortugas estarán sujetos a autorización de impacto ambiental que demuestre la no afectación de las nidadas.                                                            | No Aplica.                        |
| FF | 6 | En las playas de arribazón de tortugas sólo se permite la instalación de infraestructura fuera del área de influencia marina que será de 50 metros después de la línea de marea alta o lo que, en su caso, determinen los estudios ecológicos. | No Aplica.                        |
| FF | 7 | Durante el período de anidación los propietarios del predio deberán coordinarse con la autoridad competente para la protección de las áreas de anidación de tortugas.                                                                          | No Aplica.                        |
| FF | 8 | La autorización de actividades en sitios de anidación de tortugas, estará sujeta al                                                                                                                                                            | No Aplica.                        |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                            |
|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | programa de manejo.                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                            |
| FF | 9  | Se prohíbe alterar las dunas y playas en áreas de arribazón de tortugas.                                                                                                                                                                            | Para la construcción del proyecto no se realizará alteración de dunas o playas.                            |
| FF | 10 | En playas de arribazón de tortugas se prohíbe la iluminación directa al mar y la playa.                                                                                                                                                             | No Aplica.                                                                                                 |
| FF | 11 | En las áreas adyacentes a las playas de arribazón de tortugas, de requerirse iluminación artificial, ésta será ámbar, para garantizar la arribazón de las tortugas, debiendo restringirse alturas e inclinación en función de estudios específicos. | No Aplica.                                                                                                 |
| FF | 12 | Se prohíbe el tránsito de vehículos automotores sobre la playa salvo el necesario para acciones de vigilancia y mantenimiento autorizados.                                                                                                          | Por la naturaleza misma del proyecto no se utilizarán vehículos automotores durante la etapa de operación. |
| FF | 13 | Se realizará la señalización de las áreas de paso y uso de las tortugas marinas durante la época de anidación y desove de la tortuga marina.                                                                                                        | No Aplica.                                                                                                 |
| FF | 14 | En playas de arribazón de tortugas no se permite el acceso a ganado vacuno, porcino, caballar, ovino o de cualquier otra índole, la introducción de especies exóticas, ni el acceso de perros y gatos, así como la                                  | No Aplica.                                                                                                 |

|    |    |                                                                                                                                                    |                                                                                           |
|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | permanencia de residuos fecales de los mismos en la playa.                                                                                         |                                                                                           |
| FF | 15 | En las áreas verdes deberán dejarse en pie los árboles más desarrollados de la vegetación original según la especie.                               | La mayor parte del predio conservará su vegetación original.                              |
| FF | 16 | Se prohíbe la extracción, captura o comercialización de especies de flora y fauna silvestre, salvo lo que la Ley General de Vida Silvestre prevea. | No se realizará este tipo de actividades durante el desarrollo del proyecto.              |
| FF | 17 | Se permite establecer viveros e invernaderos autorizados.                                                                                          | No se realizará este tipo de actividades durante el desarrollo del proyecto.              |
| FF | 18 | Se prohíbe el uso de compuestos químicos para el control de malezas o plagas. Se promoverá el control mecánico o biológico.                        | No se utilizarán este tipo de compuestos.                                                 |
| FF | 19 | Se promoverá la instalación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) no extractivas.          | No Aplica.                                                                                |
| FF | 20 | No se permite la extracción de flora y fauna acuática en cenotes, excepto para fines de investigación autorizado por la SEMARNAT.                  | No se contempla este tipo de actividades en el proyecto, debido a la naturaleza del mismo |
| FF | 21 | Se prohíbe el aprovechamiento de las plantas <i>Thrinax radiata</i> ,                                                                              | No se realizará ningún tipo de aprovechamiento                                            |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                            |
|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | <p><i>Pseudophoenix sargentii</i>,<br/><i>Chamaedorea seifrizii</i>,<br/><i>Coccothrinax readii</i> y<br/><i>Beaucarnea ameliae</i> (chit, cuca, xiat, nakás y despeinada o tsipil) y todas las especies de orquídeas, a excepción de las provenientes de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS).</p> |                                                                                            |
| FF | 22 | Se prohíbe la introducción de especies de flora y fauna exóticas invasivas.                                                                                                                                                                                                                                                                               | No se introducirán especies exóticas en el predio.                                         |
| FF | 23 | Se promoverá la erradicación de las plantas exóticas perjudiciales a la flora nativa, particularmente el pino de mar <i>Casuarina equisetifolia</i> y se restablecerá la flora nativa.                                                                                                                                                                    | No se contempla este tipo de actividades en el proyecto, debido a la naturaleza del mismo. |
| FF | 24 | En las áreas verdes se emplearán plantas nativas y se restringirán aquellas especies que sean perjudiciales a esta flora.                                                                                                                                                                                                                                 | Se emplearán plantas nativas en caso de ser necesario.                                     |
| FF | 25 | Se prohíbe la alteración y remoción de pastos del fondo marino.                                                                                                                                                                                                                                                                                           | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                            |
| FF | 26 | Se prohíbe el uso de explosivos, dragados y construcciones cercanas a arrecifes y manglares.                                                                                                                                                                                                                                                              | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                            |
| FF | 32 | Se prohíben los dragados,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | No se llevarán a cabo este tipo                                                            |

|     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |    | apertura de canales, boca y cualquier obra o acción que afecte a la comunidad coralina y la línea de costa.                                                                                                                                                               | de actividades.                                                                                                                                                 |
| FF  | 34 | En zonas donde exista la presencia de especies incluidas en la NOM SEMARNAT-059-1994, deberán realizarse los estudios necesarios para determinar las estrategias que permitan minimizar el impacto negativo sobre las poblaciones de las especies aludidas en esta norma. | Se contempla el trasplante de especies vegetales para su conservación y protección, con énfasis en aquellas que se encuentren bajo algún estatus en la NOM-059. |
| FF  | 36 | Se prohíben los dragados y explosivos en áreas de manglar.                                                                                                                                                                                                                | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                                                                                                 |
| MAE | 1  | En las playas sólo se permite la construcción de estructuras temporales como palapas de madera o asoleaderos.                                                                                                                                                             | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                                                                                                 |
| MAE | 4  | No se permite encender fogatas en las playas.                                                                                                                                                                                                                             | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                                                                                                 |
| MAE | 5  | Se prohíbe la extracción de arena de playas, dunas y lagunas costeras.                                                                                                                                                                                                    | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                                                                                                 |
| MAE | 6  | Se prohíbe el vertimiento de hidrocarburos y productos químicos no biodegradables.                                                                                                                                                                                        | No se verterá este tipo de hidrocarburos en ninguna de las etapas del proyecto.                                                                                 |
| MAE | 7  | No se permite la infraestructura recreativa y de servicios en el cordón de las dunas frontal.                                                                                                                                                                             | No Aplica.                                                                                                                                                      |
| MAE | 8  | La construcción de edificaciones podrá llevarse a                                                                                                                                                                                                                         | No Aplica.                                                                                                                                                      |

|     |    |                                                                                                                                                                                                                   |                                                 |
|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|     |    | cabo después del cordón de dunas, a una distancia no menor de 40 m. de la Zona Federal y en altura máxima de 6 m.                                                                                                 |                                                 |
| MAE | 9  | No deberán realizarse nuevos caminos sobre dunas.                                                                                                                                                                 | No Aplica.                                      |
| MAE | 10 | Solo se permite la construcción de accesos peatonales elevados y transversales sobre las dunas.                                                                                                                   | No Aplica.                                      |
| MAE | 11 | No se permite la remoción de la vegetación natural en el cordón de las dunas, ni la modificación de éstas.                                                                                                        | No se llevarán a cabo este tipo de actividades. |
| MAE | 12 | La utilización de los humedales estará sujeta a la autorización de impacto ambiental que garantice el mantenimiento de los procesos geohidrológicos, calidad de agua, flujo de nutrientes y diversidad biológica. | No Aplica,                                      |
| MAE | 13 | Se prohíbe la desecación, dragado y relleno de cuerpos de agua, cenotes, lagunas, rejolladas y manglar.                                                                                                           | No Aplica.                                      |
| MAE | 14 | Complementario a los sistemas de abastecimiento de agua potable, en todas las construcciones se deberá contar con infraestructura para la captación de agua de lluvia.                                            | No Aplica.                                      |
| MAE | 15 | El aprovechamiento de aguas                                                                                                                                                                                       | No se llevarán a cabo este tipo                 |

|     |    |                                                                                                                                                                |                                                                                 |
|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|     |    | subterráneas deberá garantizarse con estudios geohidrológicos, aprobadas por la CNA para justificar que la extracción no produce intrusión salina.             | de actividades.                                                                 |
| MAE | 16 | En las áreas urbanizadas, las áreas verdes conservaran la cubierta correspondiente al estrato arbóreo.                                                         | No Aplica.                                                                      |
| MAE | 17 | Se deberá mantener o en su caso restaurar la vegetación de la zona federal y cuerpos de agua.                                                                  | No Aplica.                                                                      |
| MAE | 18 | Se deberá mantener o en su caso restaurar la vegetación de la zona perimetral a los cuerpos de agua.                                                           | No Aplica.                                                                      |
| MAE | 21 | Sólo se permite desmontar hasta el 15% de la cobertura vegetal del predio, con excepción del polígono de la UGA 7 que incluye el área de X'cachel-X'cachelito. | No Aplica.                                                                      |
| MAE | 23 | La reforestación deberá realizarse con flora nativa.                                                                                                           | Se buscará establecer flora nativa en las jardineras y permeables del proyecto. |
| MAE | 24 | No se permite modificar o alterar física y/o escénicamente dolinas, cenotes y cavernas.                                                                        | No Aplica.                                                                      |
| MAE | 25 | No se permitirá el dragado, relleno, excavaciones,                                                                                                             | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                 |

|     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                   |
|-----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |    | ampliación de los cenotes y la remoción de la vegetación, salvo en caso de rescate, previo estudio de impacto ambiental.                                                                                                                                                            |                                                                                                                   |
| MAE | 26 | Se prohíbe el desmonte, despalme o modificaciones a la topografía en un radio de 50 m. alrededor de los cenotes, dolinas y/o cavernas.                                                                                                                                              | No se llevarán a cabo este tipo de actividades.                                                                   |
| MAE | 27 | La utilización de cavernas y cenotes estará sujeta a una evaluación de impacto ambiental y estudios ecológicos que permitan generar medidas que garanticen el mantenimiento de la biodiversidad; promoviendo además la autorización para su uso ante la Comisión Nacional del Agua. | No Aplica.                                                                                                        |
| MAE | 29 | Los proyectos a desarrollar deberán garantizar la conectividad de la vegetación natural entre predios colindantes para la movilización de fauna silvestre.                                                                                                                          | La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales no comprometerá la conectividad de la vegetación. |
| MAE | 30 | En zonas inundables no se permite la alteración de los drenajes naturales principales.                                                                                                                                                                                              | No Aplica.                                                                                                        |
| MAE | 31 | Las obras autorizadas sobre manglares deberán garantizar el flujo y reflujo superficial del agua a través de un estudio                                                                                                                                                             | No Aplica.                                                                                                        |

|     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                      |
|-----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |    | geohidrológico.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                      |
| MAE | 32 | Se prohíbe la obstrucción y modificación de escurrimientos pluviales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | En ninguna de las etapas del proyecto se modificarán u obstruirán estos escurrimientos.                                              |
| MAE | 33 | Se promoverá el control integrado en el manejo de plagas, tecnologías, espacio y disposición final, de envases de plaguicidas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Se promoverá el control mecánico de malezas y el uso de productos ambientalmente aceptables en caso de requerirse control de plagas. |
| MAE | 40 | Solo se permitirá desmontar la cobertura vegetal necesaria para la restauración y mantenimiento del sitio arqueológico.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | No Aplica.                                                                                                                           |
| MAE | 45 | El aprovechamiento, tala y relleno del manglar en ningún caso deberá de exceder el 10% de la cobertura incluida en el predio y deberá realizarse de tal forma que no se afecte la continuidad y calidad de los procesos hidrodinámicos y dinámica poblacional de las especies de manglar, así mismo deber garantizarse la permanencia del 90% de manglar restante. La porción a desmontar no deberá rebasar el porcentaje de despalme permitido para el predio. | No Aplica.                                                                                                                           |
| MAE | 47 | El aprovechamiento de los                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | No se contempla este tipo de                                                                                                         |

|     |    |                                                                                                                                                                                                                           |                                                               |
|-----|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|     |    | cuerpos de agua se deberá justificar con estudios geohidrológicos aprobados por la Comisión Nacional del Agua.                                                                                                            | actividades en el proyecto, debido a la naturaleza del mismo. |
| MAE | 48 | Solo se permite la utilización de fertilizantes orgánicos, herbicidas y plaguicidas biodegradables en malezas, zonas arboladas, derechos de vía y áreas verdes.                                                           | Se promoverá el control mecánico de malezas.                  |
| MAE | 49 | En las áreas verdes solo se permite sembrar especies de vegetación nativa.                                                                                                                                                | Se utilizará flora nativa para las ajardinadas.               |
| MAE | 52 | La reforestación en áreas urbanas y turísticas deberá realizarse con flora nativa, o aquella tropical que no afecte a esta misma vegetación, que no perjudique el Desarrollo Urbano y que sea acorde al paisaje caribeño. | Se utilizará flora nativa para las ajardinadas.               |
| MAE | 53 | Se prohíbe la utilización de fuego o productos químicos para la eliminación de la cobertura vegetal y/o quema de desechos vegetales producto del desmonte.                                                                | No se contempla este tipo de actividades en el proyecto.      |
| MAE | 54 | Las áreas que se afecten sin autorización, por incendios, movimientos de tierra, productos o actividades que eliminen y/o modifiquen la cobertura vegetal no podrán                                                       | No se contempla este tipo de actividades en el proyecto.      |

|     |    |                                                                                                                                                                                  |                                                          |
|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|     |    | ser comercializados o aprovechados para ningún uso en un plazo de 10 años y deberán ser reforestados con plantas nativas por sus propietarios, previa notificación al municipio. |                                                          |
| MAE | 55 | Se prohíbe la acuicultura en cuerpos de agua naturales.                                                                                                                          | No se contempla este tipo de actividades en el proyecto. |
| TU  | 3  | Se podrán llevar a cabo desarrollos turísticos con una densidad neta de hasta 30 cuartos/ha. en el área de desmonte permitida.                                                   | No Aplica.                                               |
| TU  | 10 | Las actividades recreativas deberán contar con un programa integral de manejo de residuos sólidos y líquidos.                                                                    | No Aplica.                                               |
| TU  | 11 | Las actividades recreativas deberán contar con un reglamento que minimice impactos ambientales hacia la flora, fauna y formaciones geológicas.                                   | No Aplica.                                               |
| TU  | 12 | En el espeleobuceo no se permitirá molestar, capturar o lastimar a la fauna cavernícola ni modificar, ni alterar o contaminar el ambiente de la caverna.                         | No Aplica.                                               |
| TU  | 15 | Las edificaciones no deberán rebasar la altura promedio de vegetación arbórea del                                                                                                | No Aplica.                                               |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |
|----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|    |    | Corredor que es de 12.0 m.                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
| TU | 17 | La construcción de hoteles e infraestructura asociada ocupará como máximo el 10% del frente de playa del predio que se pretenda desarrollar.                                                                                                                               | No Aplica. |
| TU | 18 | Las actividades turísticas y/o recreativas estarán sujetas a estudios ecológicos especiales que determinen áreas y horarios de actividades, así como la capacidad de carga de conformidad con la legislación vigente en la materia.                                        | No Aplica. |
| TU | 21 | En los casos en que las zonas aptas para el turismo colinden con alguna área natural protegida, deberán establecerse zonas de amortiguamiento entre ambas, a partir del límite del área natural protegida hacia la zona de aprovechamiento.                                | No Aplica. |
| TU | 22 | En el desarrollo de los proyectos Turísticos, se deberán mantener los ecosistemas excepcionales tales como formaciones arrecifales, selvas subperennifolias, manglares, cenotes y caletas, entre otros; así como las poblaciones de flora y fauna incluidos en la NOM 059. | No Aplica. |
| TU | 23 | Excepto lo mencionado en el                                                                                                                                                                                                                                                | No Aplica. |

|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                           |
|----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | <p>criterio TU 22, en las actividades y los desarrollos turísticos, el área no desmontada quedará distribuida perimetralmente alrededor del predio y del conjunto de las edificaciones e infraestructura construidas..</p>                                                                                                                                       |                                                                                           |
| TU | 24 | <p>En las actividades y desarrollos turísticos, el cuidado conservación y mantenimiento de la vegetación del área no desmontada es obligación de los dueños del desarrollo o responsable de las actividades mencionadas, y en caso de no cumplir dicha obligación, se aplicarán las sanciones correspondientes conforme a la normatividad aplicable vigente.</p> | No Aplica.                                                                                |
| TU | 34 | <p>Los prestadores de servicios turísticos o comerciales y los instructores o guías, deberán proporcionar a los usuarios las condiciones de seguridad necesarias para realizar las actividades para las cuales contraten sus servicios, de acuerdo a la legislación aplicable en la materia</p>                                                                  | No Aplica.                                                                                |
| TU | 40 | <p>Se prohíbe dar alimento a la Fauna silvestre.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Durante la etapa de construcción se instruirá a los trabajadores durante todas las</p> |

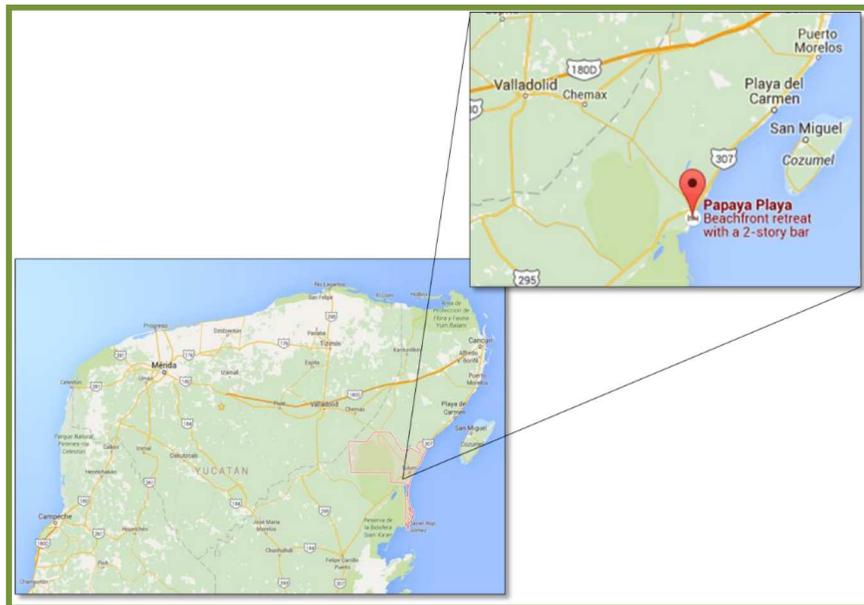
|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                 |
|----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | etapas del proyecto a respetar a la fauna silvestre que transite por el predio. |
| TU | 43 | En las Zonas Arqueológicas solo se permite las construcciones de obras, infraestructura o desarrollo avaladas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia.                                                                                                                                                                                                                                                                            | No Aplica.                                                                      |
| TU | 44 | Antes de efectuar cualquier tipo de desarrollo e infraestructura se deberá efectuar un reconocimiento arqueológico y notificar al Instituto Nacional de Antropología e Historia de cualquier vestigio o sacbé (camino blanco maya) que se encuentre.                                                                                                                                                                                           | Se realizarán los trámites correspondientes.                                    |
| TU | 45 | Se consideran como equivalentes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una villa a 2.5 cuartos de hotel.</li> <li>• Un departamento, estudio o llave hotelera a 2.0 cuartos de hotel.</li> <li>• Un cuarto de clínica hotel a 2.0 cuartos de hotel</li> <li>• Un camper sencillo y cuarto de motel a 2.0 cuartos de hotel.</li> <li>• Un cuarto de motel a 1 cuarto de hotel.</li> <li>• Una Junior suite a 1.5 cuarto de hotel.</li> </ul> | No Aplica.                                                                      |

|    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|    |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una suite a 2 cuartos de hotel.</li> </ul> <p>Se define como cuarto hotelero tipo al espacio de alojamiento destinado a la operación de renta por noche, cuyos espacios permiten brindar al huésped servicios sanitarios, área dormitorio para dos personas, guarda de equipaje y área de estar; no incluirá locales para preparación o almacenamiento de alimentos y bebidas. La cuantificación del total de cuartos turísticos incluye las habitaciones necesarias del personal de servicio, sin que esto incremente su número total.</p> |            |
| AF | 1 | Solo se permite coleccionar frutos, semillas o restos de madera con fines de subsistencia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | No Aplica. |

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

### IV.1 Delimitación del área de estudio

El área del proyecto se encuentra en el municipio de Tulum, siendo uno de los 11 municipios del estado mexicano de Quintana Roo. Se localiza en la zona centro-norte del estado, en la llamada Riviera Maya, teniendo como cabecera la ciudad de Tulum (inafed.gob.mx). El predio se encuentra a 4 kilómetros al norte sobre la carretera Tulum-Boca Paila, tomando la desviación hacia el este, siendo el primer resort ubicado a la izquierda sobre la misma carretera.



**Figura IV.1.** Ubicación geográfica de la zona de estudio. Papaya Playa, Tulum, Quintana Roo.

A fin de precisar los límites del sistema ambiental y el área de influencia del proyecto, así como identificar las condiciones físico-bióticas que prevalecen en ellas, se analizaron los criterios que aplican para el predio en cuestión, en base a los ordenamientos que lo rigen.

## IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental.

El proyecto se ubica dentro de la zona delimitada como corredor Cancún-Tulum.

### IV.2.1 Aspectos Abióticos.

#### A) Clima

El clima en la zona de Tulum es de tipo Aw, de acuerdo con la clasificación de Köppen, es decir, cálido subhúmedo con lluvias en verano. Se distingue una época de sequía entre los meses de diciembre a abril. El 75% de las precipitaciones se presentan de mayo a octubre. El mes más lluvioso es septiembre con 208.1 mm en promedio y el más seco es marzo con 29.4 mm. La precipitación anual media, según datos de cinco estaciones en 15 años, fue de 1,128 mm. Las lluvias de invierno, un 25% del total, son originadas por los nortes (CONANP, 2007).

La zona de estudio pertenece a la Cuenca 32A, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por E. García (1988), la cuenca 32A presenta el subtipo climático Aw2(x')

*- Aw2(x'). Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano mayores al 10.2% anual.*

*- Precipitación promedio mensual, anual y extrema (mm).*

De acuerdo al mapa de isoyetas del INEGI la precipitación total anual varía entre 700 y 1,500 mm/año. 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.

La cuenca a la que corresponde el predio 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, pasando por Bahía de la Ascensión y Del Espíritu Santo, hasta llegar a Bahía de Chetumal y una porción

pequeña al extremo suroeste del estado.

En relación a la precipitación promedio mensual, esta oscila entre los 27.2mm, en el mes más seco (marzo) hasta 237.6 mm en el mes más lluvioso (octubre); finalmente el promedio mensual de evaporación tiene un rango de 91.3 a 152.1 mm.

- *Temperatura promedio mensual, anual y extrema.*

Los datos proporcionados por la estación meteorológica 23025 de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en Tulum, referentes a los promedios mensuales de lluvia y temperatura en un lapso de 15 años, que comprende el período de 1995 al año 2009, reportan que las temperaturas promedio anual fue de 26.3 °C; en tanto que la media mensual oscila de 23.7 °C en el mes más frío (enero), a 28.35 °C en el mes más cálido (mayo), por lo que la oscilación térmica es de 4.6 °C.

Además la CNA reporta que la temperatura extrema mínima registrada para la zona a lo largo de estos 15 años fue el 10 de febrero de 2000 con 7°C y la temperatura extrema máxima el 19 de abril del 2009 con 42 °C.

- *Vientos dominantes (dirección y velocidad) mensual y anual.*

Los vientos dominantes son los alisios y se presentan de febrero a julio, provenientes del sureste con velocidades de 10 km/hr en promedio y hasta 30 km/hr durante perturbaciones tropicales. Durante los meses de invierno se presentan vientos del norte, los cuales pueden alcanzar velocidades entre 80 a 90 km/hr lo que hace descender la temperatura local considerablemente, provocando lluvias, grandes oleajes y marejadas.

En base a los datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (1997), en los años de 1987 a 1997 el promedio de velocidad anual del viento es de 4.55 n/s. En el mes de octubre se registraron las mayores velocidades con 20.1 n/s de velocidad promedio y para el mes de abril se presentaron las menores velocidades, en el que el

promedio de la velocidad es de 5 a 6 n/s.

A su vez, las costas de Quintana Roo presentan un alto grado de incidencia de fenómenos meteorológicos de distintos tipos e intensidades. Debido a su ubicación geográfica esta zona es la de mayor concurrencia de huracanes del país. Estos meteoros se generan de junio a noviembre, siendo agosto y septiembre los meses con más alta presencia. Los huracanes se desarrollan a partir de tormentas tropicales, y afectan las costas de Quintana Roo en dos matrices: la primera se sitúa en el Mar Caribe, frente a las costas de Venezuela y Trinidad, mientras que la segunda se localiza en las Antillas Menores, en el Caribe Oriental, abarcando hasta el Atlántico tropical (CONANP, 2007).

Asimismo, entre 1987 y 2005, se desarrollaron 216 huracanes y tormentas tropicales en el Atlántico, de los cuales 13 tocaron tierra en las costas de Quintana Roo. Esto sugiere que un huracán o tormenta tropical toca las costas del estado cada 1.6 años. Entre los meteoros más importantes en estos años se encuentran el huracán Gilberto en 1988 de categoría 5, el huracán Roxana, que en 1995, azotó directamente las costas de la Reserva Sian Ka'an 10 km al sur del Parque Nacional Tulum, causando erosión de playas y duna costera, así como el Wilma en 2005 con categoría 5 (CONANP, 2007).

A continuación se presenta una relación de los fenómenos meteorológicos que han afectado la región del proyecto propuesto:

**Tabla IV.1.** Huracanes que han golpeado a la Península de Yucatán 1980 - 2005.

| Año  | Océano    | Nombre  | Cat imp | Lugar de Entrada a Tierra            | Estados Afectados         | Periodo<br>(inicio- fin) | Vmax<br>imp<br>(km/h) | Lluvia Máx. en 24<br>h (mm) |
|------|-----------|---------|---------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 2005 | Atlántico | Emily   | H3      | Tulum-Akumal, Quintana Roo           | Quintana Roo y Yucatán    | 18-23 Julio              |                       | -                           |
|      |           | Wilma   | H5      | Cozumel-Playa del Carmel<br>Quintana | Q Roo, Yucatán y Campeche | 22-30 Oct                |                       | -                           |
| 2002 | Atlántico | Isidoro | H3      | Telchac Puerto, Yuc                  | Qroo, Yuc, Camp, Tab      | 18-25 Sep                | 205                   | 250 Becanchen, Yuc          |
| 2001 | Atlántico | Chantal | TT      | Chetumal, Qroo                       | Qroo, Yuc, Camp, Tab      | 15-22 Ago                | 115                   | 211 Chetumal, Qroo          |
|      | Atlántico | Gordon  | DT      | Tulum, Qroo                          | Qroo, Yuc, Camp           | 14-18 Sep                | 55                    | 230 Cancun, Qroo.           |

|      |           |         |    |                                          |                               |               |     |                          |
|------|-----------|---------|----|------------------------------------------|-------------------------------|---------------|-----|--------------------------|
| 2000 | Atlántico | Keith   | H1 | Chetumal, Qroo; Tampico Tamaulipas       | Qroo,Camp,Tab,Tams,NL,SLP,Ver | 3-5 Oct       | 140 | 366 Sabinas, Tams.       |
| 1999 | Atlántico | Katrina | DT | 45 Km NNW Chetumal, Qroo                 | Qroo, Camp, Yuc, Tab, Chis    | 28 Oct-1 Nov  | 55  | 146 Cardenas, Tab        |
| 1998 | Atlántico | Mitch   | TT | Campeche, Campeche                       | Chis, Tab, Camp, Yuc          | 21 Oct-5 Nov  | 65  | 341 Campeche, Camp       |
| 1996 | Atlántico | Dolly   | H1 | F.C. Puerto, Qroo, Pueblo                | Qroo,                         | 19-24 Ago     | 130 | 328 Micos, SLP           |
| 1995 | Atlántico | Opal    | DT | B.Espiritu Santo, Qroo                   | Camp, Yuc, Qroo, Tab          | 27 Sep-2 Oct  | 55  | 100 Tapijulapa, Tab      |
|      | Atlántico | Roxanne | H3 | Tulum,Qroo, Mtz de la Torre, Veracruz    | Qroo, Yuc, Camp, Tab, Ver     | 8-20 Oct      | 185 | 297 Mtz de la Torre, Ver |
| 1990 | Atlántico | Diana   | H1 | Chetumal, Qroo; Tuxpan, Ver              | SLP, Qr, Yuc, Cam, Tab, Ver   | 4-8 Ago       | 140 | 400 Tanzabaca, SLP       |
| 1988 | Atlántico | Gilbert | H5 | Pto. Morelos, Qroo; La Pesca, Tamaulipas | Qroo, Yuc, Tam, NL, Coah      | 8-13 Sep      | 270 | 342 Sn Carlos, Tam       |
|      | Atlántico | Keith   | TT | Cancún, Qroo                             | Qroo                          | 17-24 Nov     | 110 | -                        |
| 1982 | Atlántico | Alberto | DT | A 20 Km Al Norte De Holbox Quintana Roo  | Qroo                          | 2-6 Jun       | 37  | -                        |
| 1980 | Atlántico | Allen   | H3 | L. Villar, Tamaulipas                    | Tams, NL, Coah, Qroo          | 31 Jul-11 Ago | 185 | 204 Reynosa, Tams.       |
|      | Atlántico | Hermine | TT | Coatzacoalcos, Veracruz                  | Qroo, Camp, Ver, Oax          | 20-26 Sep     | 110 | 435 Sn Pedro T., Oax.    |

Fuente: Subgerencia de Pronóstico Meteorológico, Ing. Alberto Hernández Unzón

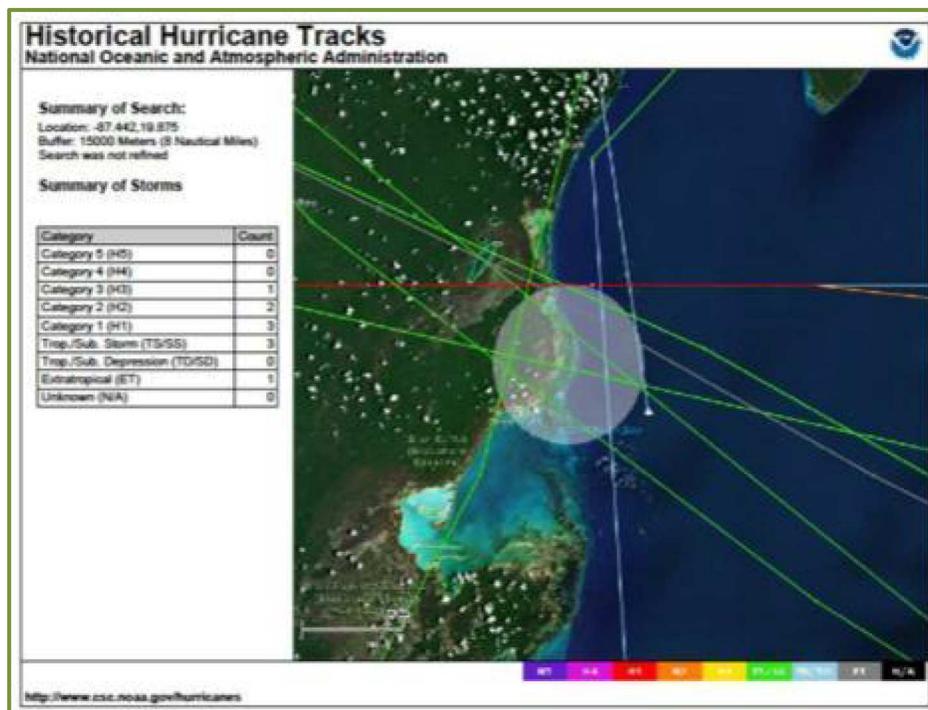


Figura IV.2. Ruta de Huracanes.

### B) Geología y geomorfología

La geología histórica señala que la península de Yucatán está compuesta de calizas que datan desde el Cretácico Medio hasta el Mioceno, siendo muy semejante a la plataforma de Florida de acuerdo con Wilhelm y K. (1972). Esta es una península baja

y ensanchada cuya base probablemente constituye un fragmento elevado fracturado en bloques de la plataforma estable subyacente al Golfo de México.

La Península de Yucatán es una de las tres plataformas más grandes del sur y este del Golfo de México (Yucatán, Florida y Bahamas). Desde el período jurásico éste ha sido el sitio de deposición de rocas calizas de aguas someras, dolomitas y evaporitas. Dentro de la zona de Tulum se encuentran formaciones del plioceno y cuaternario. En la formación geológica del plioceno se encuentran calizas que corresponden a rocas sedimentarias del terciario, de origen marino. El cuaternario se caracteriza por presentar gran cantidad de conchas de bivalvos y exoesqueletos de coral en ríos de litificación.

La roca superficial se observa como pequeñas lapias producto del intemperismo de la roca calcárea, con la fase superficial bandeada muy dura y compacta, la presencia de las bandas indica una reprecipitación de los carbonatos que constituyen el carbonato de sodio, el cual es el material predominante. Debido a las tensiones a que está sometida la roca superficial y al efecto de la vegetación primaria, la coraza se encuentra muy agrietada e incluso se desprende en forma de bloques en la costa acantilada. Las grutas permiten la infiltración del agua hacia el sascab, provocando así, la erosión de tipo vertical formándose oquedades bajo la coraza fragmentada, que se hunde para formar dolinas y cenotes. Las dolinas se producen si los bordes tienen pendiente suave y se rellenan con sedimentos, mientras que los cenotes tienen los bordes de sus hundimientos verticales y normalmente se encuentran llenos de agua (CONANP, 2007).

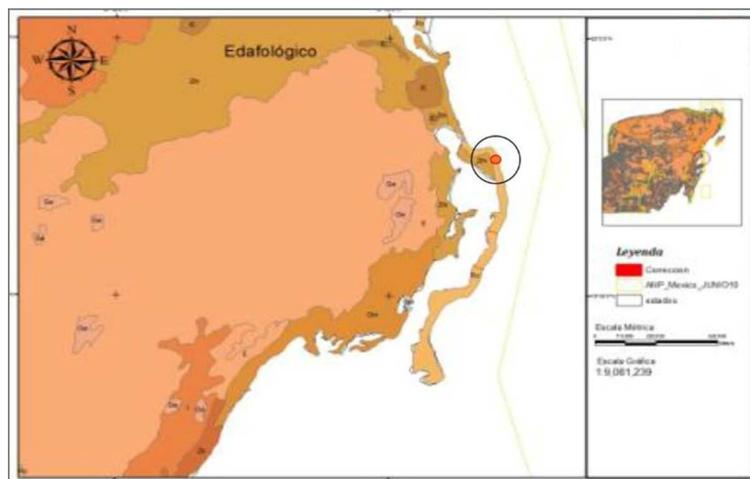
### C) Suelos

El territorio del municipio de Tulum guarda la misma composición que gran parte de la Península de Yucatán, por lo que constituye una gran planicie sin apenas elevaciones, que desciende en sentido oeste-este hacia el mar, no llegando a superar en ningún punto los 25 msnm.

Según el sistema de clasificación de suelos propuesto por la FAO/UNESCO, estos suelos son denominados rendzinas, que por lo regular, son de reciente formación y no han alcanzado su madurez edáfica. En general los suelos del estado son poco profundos, poco evolucionados y muy alterados, por ello su fertilidad es baja, sus texturas son arcillosas y con drenaje deficiente.

Con relación a la antigüedad de los materiales calizos que emergieron entre el cuaternario reciente muestran todavía rocas no alteradas y los suelos que lo recubren son menos rojos y más someros, considerados como cambisoles crómicos líticos. La parte de la península de Yucatán que emergió más recientemente carece prácticamente de cubierta edáfica, pero alrededor de la costa existen médanos y cordones coralinos con regosoles calcáricos respaldados por una zona estrecha de terreno pantanoso con gleysoles eutróficos y algunos histosoles someros del mioceno.

Dado que en todos los puntos de la península de Yucatán la estación seca está significativamente bien definida aunado a la alta permeabilidad de la roca, no existen cursos de agua ni masas acuáticas permanentes en la superficie; excepto en algunas depresiones poco profundas con fondo cementado o por acumulaciones de arcilla fina. Se observan algunas lagunas rodeadas de vertisoles y gleysoles. También se hallan presentes gleysoles húmicos, calcáricos, sódicos y eutróficos.



**Figura IV.3.** Tipo de Suelo que se encuentra en el Área del Proyecto.

#### D) Hidrología superficial y subterránea

Quintana Roo se caracteriza por tener una gran variedad de ecosistemas importantes como son los humedales (1'128,704 hectáreas decretadas como sitio RAMSAR), el tercer sistema de ríos subterráneos más grande del mundo y el Sistema Arrecifal Mesoamericano. Estos se encuentran conectados por un sistema hidrológico único que interactúa con los ecosistemas terrestres, costeros y marinos.

En estas zonas no existen corrientes de agua superficiales, debido a que la composición del suelo es de roca calcárea sumamente permeable, lo que causa que las aguas que caen por lluvia no puedan ser retenidas en la superficie, en cambio esto favorece la formación de ríos subterráneos que han hecho famosa a la región, así mismo los cenotes formados al colapsar los techos de los ríos subterráneos; en la zona sur del municipio existen numerosas lagunas litorales ubicadas entre la ciudad de Tulum y Punta Allen separadas del Mar Caribe por una delgada franja de tierra, estas son la Laguna Campechen, la Laguna Boca Paila, la Laguna San Miguel, la Laguna Xamach y la Laguna Catoche; así mismo en la zona oeste del municipio se encuentran la Laguna Cobá, la Laguna Verde y la Laguna Nochacam en las inmediaciones de la zona arqueológica de Cobá.

##### - *Hidrología superficial*

En la parte norte del estado de Quintana Roo no hay corrientes de agua superficiales relevantes debido al escaso relieve, la alta permeabilidad del sustrato geológico y al poco espesor del suelo. La excepción de esta particularidad lo constituye el río Hondo. Además de éste, es en esta misma región donde se presentan algunos arroyos intermitentes de poca importancia; las lagunas y las áreas de inundación temporal o permanente, dados por las características edáficas y la naturaleza del subsuelo, que le confieren una cierta impermeabilidad; en las porciones central y norte del mismo es nula la presencia de las corrientes hídricas superficiales, debido a la naturaleza calcárea del terreno que presenta una mejor permeabilidad y al relieve del terreno, que es sensiblemente plano.

A la Cuenca 32A le corresponde unidades de escurrimiento superficial que abarcan de 0 a 5%, exceptuando las franjas costeras que sus rangos pueden contener escurrimientos de 5 a 10%, y en menor cantidad de 10 a 20%.

El coeficiente de escurrimiento de 0 a 5% irrumpe la mayor superficie continental de la Cuenca, en la cual no ocurren escurrimientos en sí; 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 y presenta precipitaciones entre 1,400 y 1,500 mm.

Las áreas donde el coeficiente de escurrimiento va 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 con la cercanía a éste último, ocasiona que se relacionen también con la influencia de las mareas.

Al no poderse desarrollar las corrientes superficiales, la porción del agua de precipitación que resta a la evaporación es absorbida por las plantas y suelos, y el resto satura el terreno, colma el bajo relieve y se infiltra en el subsuelo, dando origen a las aguas subterráneas en cavernosidades de desarrollo muy complicado, trabajo efectuado por las propias aguas infiltradas y regidas según las zonas de menor resistencia de las rocas y por las fracturas existentes; favorecido además este fenómeno por el pequeño espesor de los suelos y la espesa cobertura vegetal; de manera que todos los sitios que reciben la lluvia, constituyen zonas de recarga del acuífero, es decir toda la superficie estatal.

Aprovechamiento de aguas superficiales. No existen escurrimientos superficiales susceptibles de aprovecharse, ya que su red de drenaje sólo consta de algunos arroyos efímeros de corto recorrido que fluyen hacia las depresiones topográficas, donde la acumulación de materiales arcillosos da lugar a la formación de pequeñas lagunas. Se estima que del volumen escurrido medio anual de las corrientes superficiales, el 15%

es generado en las temporadas de lluvia y el 85% restante procede del subsuelo formando el escurrimiento base de los ríos; asimismo, la formación de las lagunas permanentes como la de Bacalar, son debidas a que en ellas aflora el nivel freático, por lo tanto el aprovechamiento de las aguas superficiales es muy poco con respecto al volumen total utilizado en los diferentes usos.

- *Hidrología subterránea*

La hidrología de la Península de Yucatán es muy peculiar debido a las elevadas precipitaciones y a la naturaleza cárstica de un suelo altamente permeable que no hace posible la formación de corrientes superficiales y que, por el contrario, permite la infiltración rápida hacia el subsuelo, generando la presencia de cenotes y dolinas que establecen todo un sistema de redes fluviales subterráneas llegando a lentes profundas y a cavernas de disolución cárstica previamente iniciadas por un tectonismo antiguo muy eficiente.

En el caso del estado de Quintana Roo, aproximadamente el 80% de la precipitación media anual penetra al subsuelo incorporándose a las aguas subterráneas, siendo la porción Sur-Occidental donde se originan sus principales flujos que circulan con dirección Este y Noreste en busca de salida. A su paso por la llanura, parte importante del agua es extraída por la vegetación, el resto sigue su curso subterráneo hacia la costa y aflora en lagunas y áreas de inundación o escapa subterráneamente al mar.

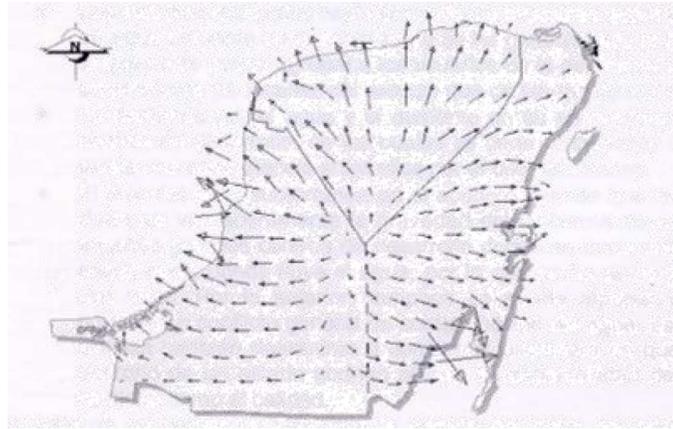
El flujo subterráneo proveniente de la porción occidental circula bajo los manglares y la laguna, para descargar al Mar Caribe a lo largo de la línea de costa. La existencia de una capa casi impermeable a una profundidad de entre 7 u 8 m, hace que el agua subterránea tenga mayor presión y así se tenga un ascenso del nivel del agua; el cual se manifiesta en algunos lugares en forma de manantiales, lo cual es evidenciado en el Mar Caribe.

Debido a la gran capacidad de infiltración y a la poca pendiente topográfica del terreno, alrededor del 80% de la precipitación pluvial se infiltra; el 20% restante se distribuye entre la interceptación de la densa cobertura vegetal, el escurrimiento superficial y la captación directa de los cuerpos de agua: áreas de inundación, lagunas y cenotes.

El agua que recibe la entidad es descargada, principalmente, por evaporación de agua superficial subterránea en los citados cuerpos de agua y por la transpiración de la vegetación que extrae del subsuelo la mayor parte del volumen infiltrado. Otras salidas menores son: el volumen de escurrimiento que el río Hondo desaloja a la Bahía de Chetumal; cuyo orden de magnitud es de 1,500 mm<sup>3</sup>/año y el caudal subterráneo que escapa del acuífero al mar, estimado en 5,850 mm<sup>3</sup>/año.

La recarga del acuífero tiene lugar durante los meses de mayo a octubre y es originada principalmente por las lluvias de mayor intensidad. En general, la elevada precipitación pluvial, la gran capacidad de infiltración del terreno y la reducida pendiente topográfica, favorecen la renovación del acuífero en toda la entidad. La recarga por unidad de área es más abundante en la llanura que en el área de lomeríos, por que en aquella es menos densa la cobertura vegetal, más delgado el horizonte arcilloso (sascab), llegando a desaparecer incluso en amplias zonas, y mayor el desarrollo cárstico superficial.

La dirección de flujo del agua subterránea del estado de Quintana Roo es al Este, hacia las costas y bahías (Figura IV.4.). La profundidad del acuífero va de 5 a 10 m, pero también se localiza hasta de 1 m de la superficie y su espesor medio es de 19 m. Las familias de agua predominante son las sódico-cloruradas, y sódico clorurada-sulfatada.



**Figura IV.4.** Dirección del flujo del agua subterránea en la Península de Yucatán.

El acuífero del estado de Quintana Roo se encuentra en rocas calizas del Terciario y Cuaternario y depósitos de litoral de este último período, con permeabilidad alta en material consolidado en la mayor parte de la entidad, excepto en su área suroeste que es de permeabilidad media; así como también en una pequeña franja al norte en material no consolidado. Se trata de un acuífero de tipo freático con marcada heterogeneidad respecto a sus características hidráulicas. La mayor parte de la superficie del estado, son de llanuras, que presentan notable desarrollo cárstico al que debe su gran permeabilidad secundaria, manifestándose en la superficie en forma de cenotes; en tanto que en el área de lomeríos, la red de drenaje subterráneo está menos desarrollada que en la llanura y no muestra manifestaciones importantes en la superficie del terreno.

El acuífero se explota por medio de cientos de captaciones, la mayoría de las cuales están emplazadas en las porciones centro oriental y norte de la entidad, agrupados en 11 zonas de explotación que comprenden 40% de la superficie estatal, con balance geohidrológico positivo desde el punto de vista cuantitativo; sin embargo, la calidad del agua presenta serios problemas en algunas porciones.

A pesar de que el acuífero recibe abundante recarga, su aprovechamiento intensivo está relativamente restringido por el riesgo que implica el deterioro de la calidad del agua; en efecto, la presencia de la cuña de agua marina que subyace al agua dulce en

los acuíferos costeros, impone severa limitación a los abatimientos permisibles en los pozos y por tanto, a sus caudales de extracción, desaprovechándose así, en parte, la gran capacidad transmisora de las calizas acuíferas.

La calidad del agua es en razón del total de sólidos disueltos en miligramos por litro, dependiendo de los aniones y cationes (calcio, magnesio, sodio, potasio, sulfato, carbonato, bicarbonato, nitrato y cloro) que contengan y se clasifica de la manera que sigue: agua dulce con menos de 1000 miligramos por litro, tolerable entre 1000 y 2000, y salada con más de 2000.

La cantidad total de sólidos disueltos en el agua subterránea varía en la entidad dentro del rango de 300 a 2950 partes por millón (ppm), decreciendo gradualmente de la costa hacia tierra adentro; es mayor que 1500 ppm en una faja de cinco kilómetros a partir del litoral, y de 450 a 2000 en el resto del estado.

La estratigrafía del agua subterránea consiste de una cuña de agua dulce con una profundidad de hasta 10 metros cerca de la costa y un aumento lineal de un metro cada 7 metros hacia el interior, comparado con los modelos tradicionales que sugieren una profundidad mucho menor cerca de la costa y un aumento cuadrático hacia el interior. Eso indica que la forma de la cuña está controlada por la presencia de los conductos.

Se ha reportado que tanto la calidad como el volumen y la dirección preferencial de los flujos de agua subterránea, presentan variaciones diurnas, estacionales, anuales e incluso hiper-cíclicas. Adicionalmente también hay evidencias reveladoras, de que en sistemas subterráneos cercanos a la costa, las aguas dulces y salinas mantienen corrientes de diferente dirección e intensidad, mientras que las aguas dulce y salina someras fluyen hacia la costa, existe una contracorriente de agua salina que entra hacia el interior de la Península. Las entradas al sistema se producen por precipitación directa y aportes subterráneos desde otras cuencas. Las salidas tienen lugar por evo

transpiración en su mayoría, flujo subterráneo hacia el acuífero de la península de Yucatán y descarga al río Hondo y mar. Las extracciones para abastecimiento representan tan solo el 1.1%. El nivel freático se mantiene prácticamente constante durante todo el año por lo que la variación en el almacenamiento resulta prácticamente imperceptible, estando en equilibrio las entradas y las salidas. La renovación anual del agua subterránea procedente de la precipitación, es en números redondos de 14,000 hm<sup>3</sup>, lo que representa algo más de un 20% de la precipitación.

*Aprovechamiento de aguas subterráneas.* Debido al poco aprovechamiento que se tiene de las aguas superficiales, el subsuelo se convierte en la única fuente permanente de agua dulce que se posee; de aquí se desprende la importancia vital del agua subterránea en la región, siendo el recurso que complementa a las aguas meteóricas en la práctica de la agricultura y el que sustenta el desarrollo de los demás sectores. Gracias a la abundante precipitación pluvial de la región y a las peculiares características topográficas y geológicas de la Península de Yucatán, el volumen renovable del acuífero es muy superior a las demandas de agua esperadas a largo plazo; sin embargo el acuífero es vulnerable y su captación enfrenta severas restricciones debido al riesgo de provocar su contaminación y salinización por ascenso del agua de mala calidad e intrusión de agua marina.

- *Regiones y cuencas hidrológicas*

La unidad básica para el manejo del agua es la cuenca hidrológica, en la cual se considera la forma en que escurre el agua en la superficie (cuencas hidrográficas) y en el subsuelo (acuíferos). Una cuenca es el área por donde el agua de lluvia escurre, transita o drena, fluyendo hacia una corriente principal y de ahí a un almacenamiento de agua interior, como un lago o una laguna, hacia otro río de otra cuenca, o al mar.

México posee 314 cuencas hidrológicas en las cuales fluyen los numerosos ríos y arroyos del país. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), ha agrupado a tales cuencas en 37 regiones hidrológicas para hacer más eficaz la administración de los

recursos hidráulicos (Figura IV.5), las que, a su vez, las agrupa en 13 regiones mayores de tipo administrativo para facilitar la creación de organismos de cuenca como parte de sus esfuerzos de descentralización de funciones (Figura IV.6). La agrupación de las cuencas se basa principalmente en rasgos orográficos e hidrográficos, de tal manera que cada región hidrológica se distingue por su tipo de relieve y escurrimientos, presentando características similares en su drenaje.



Figura IV.5. Regiones hidrológicas de México.

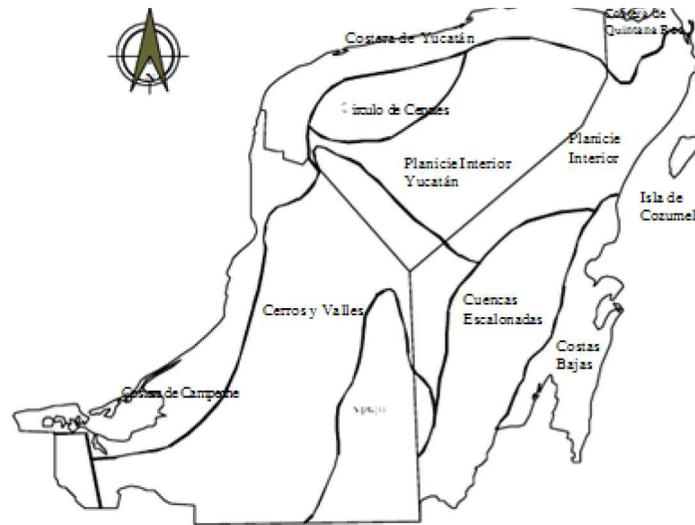


**Figura IV.6.** Delimitación de las regiones hidrológico-administrativas de México. Fuente: CNA (2001).

La Península de Yucatán posee la peculiaridad de carecer de una red hidrológica superficial definida debido a su origen cárstico que favorece la circulación hídrica subterránea; debido a ello, el concepto de “cuenca” no aplica en su totalidad a esta región. Por esto, con ayuda de la cartografía geológica, se definieron los límites occidentales extremos para dicha unidad, reconociendo en la cartografía topográfica rasgos del terreno asociados también a ambientes morfogenéticos cársticos. La delimitación de esta entidad a partir de la identificación de su homogeneidad litológica y geomorfológica permitieron separarla de aquellos territorios que si presentan una configuración hidrográfica y morfográfica correspondiente a una cuenca.

Dentro de la Regionalización Administrativa actual, la Península de Yucatán está definida como Región Hidrológica XII, esta Región Hidrológica comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y el estado de Campeche exceptuando el municipio de Palizada, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la

Federación de fecha 18 de mayo de 1998 y modificado el 18 de enero de 1999, en los cuales se listan los municipios de la circunscripción territorial de la Gerencia Regional de la Península de Yucatán, lo que le asigna una superficie total de 139,451.30 km<sup>2</sup>. Se considera a la Península de Yucatán como una Unidad Regional denominada “Acuífero Península de Yucatán”, conformada por trece Unidades Hidrogeológicas, seis ubicadas en Quintana Roo: Cerros y Valles, Cuencas Escalonadas, Planicie Interior, Costas Bajas, Costera e Isla de Cozumel; tres en Campeche: Cerros y Valles, Costera y Xpujil y las cuatro restantes en Yucatán: Costera, Círculo de Cenotes, Planicie Interior y Cerros y Valles.



**Figura IV.7.** Ubicación de las unidades hidrogeológicas de la Península de Yucatán.

### ***Subregión Yucatán (RH 32 Yucatán Norte)***

Esta región hidrológica comprende la parte norte de la Península y colinda: al oeste y norte con el Golfo de México, al este con el mar Caribe y al sur con las Regiones 31 y 33. En ella se incluyen las islas de Cozumel e Isla Mujeres, ambas del Estado de Quintana Roo. Además, abarca gran extensión del Estado de Yucatán y fracciones de los estados de Quintana Roo y Campeche, con áreas de 39,610 km<sup>2</sup> y 5,932.98 km<sup>2</sup> respectivamente, sin las islas. Queda comprendida entre los 19°45' a los 21°40' de latitud norte, y entre los 86°50' y los 90°30' de longitud oeste (sin las islas). Sus

límites en la entidad son: al norte el Golfo de México, al este el Mar Caribe, al sur la Región Hidrológica 33 (RH33) y al oeste el estado de Yucatán donde continúa.

Las principales características hidrológicas dentro de esta subregión se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla IV.2.** Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la Subregión Yucatán (RH-32, Yucatán Norte).

| Subregión | RH y Cuenca | Estado       | Área (Has) | Long. Litoral (km) | Lagunas       |        |                           |
|-----------|-------------|--------------|------------|--------------------|---------------|--------|---------------------------|
|           |             |              |            |                    | Nombre        | Área   | Municipio                 |
| Yucatán   | 32-A        | Quintana Roo | 1,126,822  | 380.60             | Conil         | 32,039 | L. Cárdenas Isla Mujeres  |
|           |             |              |            |                    | Chakmochuk    | 11,527 | Isla Mujeres              |
|           |             |              |            |                    | Nichupte      | 4,217  | Benito Juárez L. Cárdenas |
|           |             |              |            |                    | Corchalito    | 26     | Benito Juárez L. Cárdenas |
|           |             |              |            |                    | Punta Laguna  | 122    | Lázaro Cárdenas           |
|           |             |              |            |                    | La Luz        | 13     | Solidaridad               |
|           |             |              |            |                    | Cobá          | 26     | Solidaridad               |
|           |             |              |            |                    | Verde         | 31     | Solidaridad               |
|           |             |              |            |                    | Nochacom      | 111    | Solidaridad               |
|           |             |              |            |                    | El Continente | 240    | Solidaridad               |
|           |             |              |            |                    | La Unión      | 17     | Solidaridad               |
|           |             |              |            |                    | Ciega         | 213    | Cozumel                   |
|           |             |              |            |                    | Chankanab     | 18     | Cozumel                   |
|           |             |              |            |                    | Colombia      | 129    | Cozumel                   |

Fuente: CNA, a partir de cartas hidrológicas de aguas superficiales, escala 1:250,000, INEGI

- *Escurremientos*

Debido a la conformación del terreno, la precipitación que se presenta en la parte continental de la Península de Yucatán, aún cuando anualmente es superior a 1000 mm, sólo genera escurrimientos superficiales efímeros, que son interceptados por los pozos naturales de recarga al acuífero denominados “Xuch”, por lo que no se tienen escurrimientos superficiales.

- *Lagunas*

En la parte noreste y dentro del estado de Quintana Roo se localiza la laguna de Nichupté. No se dispone de información respecto a la profundidad media de estos cuerpos de agua.

- *Litorales*

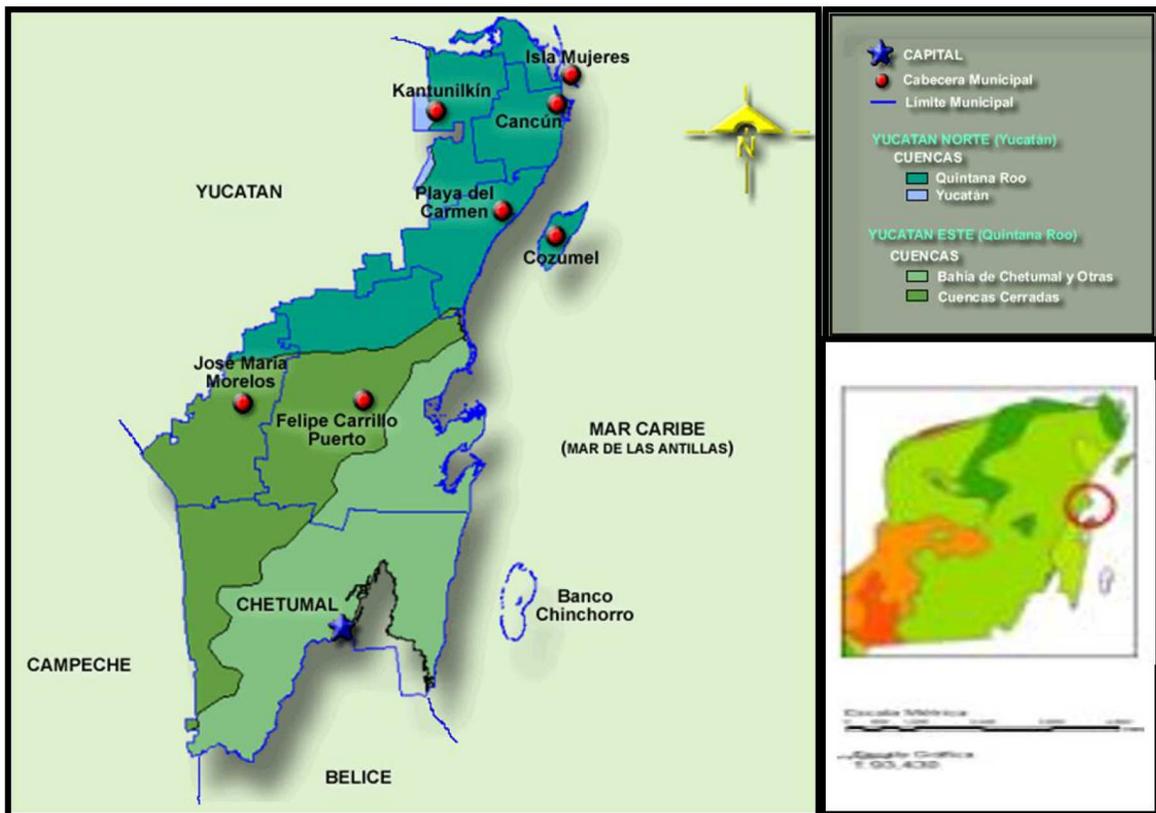
El litoral de la subregión Yucatán cuenta con una extensión de 826.5 km de los cuales 117.5 km pertenecen a Campeche, 381 km a Quintana Roo y 328 km a Yucatán, suma que equivale al 7.1% del litoral nacional, que es de 11,592 km.

Esta Región Hidrológica presenta dos cuencas denominadas: 32A Quintana Roo y 32B Yucatán. El municipio de Tulum se encuentra en la primera de éstas, la cual se describe a continuación:

**Cuenca 32A Quintana Roo.** Se ubica al norte del estado, ocupa 31% de su superficie estatal e incluye las islas de Cozumel, Mujeres y Contoy; tiene como límites, al norte el Golfo de México, al este el Mar Caribe, al sur la división con la RH33 que coincide aproximadamente con el paralelo 20° de latitud norte y al oeste con el límite de Yucatán donde continúa, excepto en una pequeña porción que corresponde a la cuenca 32B.

La temperatura media anual es de 26°C con una precipitación que va de 800 mm en el norte a más de 1 500 al sureste de la cuenca y con un rango de escurrimiento de 0 a

5% que la abarca prácticamente toda, excepto en las franjas costeras que tienen de 5 a 10% o 10 a 20% debido a la presencia de arcillas y limos. Como ocurre en casi toda la península, no existen corrientes superficiales en esta porción del estado por las características particulares de alta infiltración en el terreno y escaso relieve, así como tampoco cuerpos de agua de gran importancia; sólo pequeñas lagunas como la de Cobá, Punta Laguna, La Unión; lagunas que forman junto al litoral como son la de Conil, Chakmochuk y Nichupté, así como aguadas. El uso que se les da es recreativo.



**Figura IV.8.** Regiones hidrológicas Yucatán Norte y Este, y sus cuencas.

#### IV.2.2 Subsistema medio biótico

El Parque Nacional Tulum cuenta con una extensión de 664-32-13 ha que a pesar de ser una extensión relativamente reducida, presenta una gran variedad de tipos de ambientes. Se caracteriza por una gran riqueza y amplia diversidad de comunidades vegetales, entre las que se destacan la selva mediana, selva baja, manglares, tulares

tíntales, chechenales, palmares, pastizales y vegetación de duna costera, además, la franja litoral está compuesta por barreras arrecifales coralinos distribuidas a lo largo de la configuración costera representativos del corredor Cancún-Tulum y especies en estatus de riesgo, endémicas, amenazadas y en peligro de extinción, por lo que los listados de vegetación y fauna proporcionados en el programa de conservación y manejo del Parque Nacional Tulum serán tomados en consideración para en el presente apartado, debido a que forman parte del área de influencia al predio.

### **A) Flora**

La metodología empleada para el estudio de la vegetación del predio del proyecto se dividió en fase de campo y fase de gabinete, se realizaron algunos recorridos dentro del predio para determinar las especies presentes, buscando representar todos los tipos de asociaciones vegetales presentes. Con estos recorridos se constató que la zona presenta vegetación de selva y duna costera de acuerdo a lo que establece Flores y Espejel (1994).

El listado florístico de las especies se elaboró a partir de las especies registradas en los recorridos dentro del predio y de las especies observadas durante el recorrido aunque estas no hayan estado presentes en los sitios de toda el área del proyecto.

Para efectuar la determinación y la correcta nomenclatura científica, común y sus nombres en maya de las especies identificadas se realizó una revisión bibliográfica de las siguientes fuentes: Arellano *et al.* (2003); Chan *et al.* (2002); Durán *et al.* (2000); Flores y Espejel (1994); Rzedowski (1978); Sosa *et al.* (1985); Ramírez *et al.* (2004); además se contó con la experiencia de un técnico.

- La vegetación del Corredor

Debido a los diferentes tipos de suelo presentes dentro del Corredor Cancún- Tulum y el Parque Nacional Tulum, la vegetación es igualmente diversa. Hacia las zonas más altas se desarrolla una vegetación de tipo selva mediana, mientras que en las partes

bajas se desarrollan ecosistemas de humedal a manera de parches entre la vegetación de selva o bien en las secciones cercanas a la costa. Estos humedales presentan elementos de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), blanco (*Laguncularia racemosa*), negro (*Avicennia germinans*) y rojo (*Rhizophora mangle*). Separando las selvas de los humedales se desarrolla una vegetación de transición, o ecotono, que presenta especies de ambos tipos de vegetación (CONANP, 2007).

Debido a su cercanía, la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y el Parque Nacional Tulum presentan algunos tipos de vegetación similares, tal es el caso de la selva mediana subperennifolia y el humedal. Por ello es probable que se compartan la mayor parte de las especies descritas por estos trabajos florísticos (CONANP, 2007).

Los procesos de sucesión de la vegetación han creado diversos mosaicos de vegetación secundaria o acahual dispersos. A continuación se describen los tipos de vegetación del Parque Nacional Tulum y Corredor Cancún-Tulum.

**Vegetación halófila.** En este tipo de vegetación dominan principalmente especies herbáceas, rastreras y postradas que presentan una alta tolerancia a ciertos factores físicos como el continuo embate del viento, elevados niveles de salinidad, pobreza del suelo y permanente exposición al sol. En el área rocosa, la estructura vegetal a primera vista parece formada sólo por el estrato herbáceo, aunque se identificaron especies como *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Coccoloba uvifera* (uva de mar), *Tournefortia gnaphaloides* (lavanda) y la trepadora *Distichlis spicata* (tronadora), que potencialmente pueden llegar a formar parte del estrato arbóreo, arbustivo y trepador; sin embargo, el efecto del viento, la salinidad, el tipo de sustrato y la carencia de materia orgánica en el suelo son determinantes sobre la forma de crecimiento de las especies, modificándolas de un crecimiento erecto a uno postrado, por dicha razón, la altura de la vegetación en esta área no rebasa los 50 cm. En la zona de dunas costeras (alrededor de 19 ha), la vegetación puede alcanzar hasta 2 m de altura, con especies como el *pantzil* y la uva de mar (*Coccoloba uvifera*), entre otras. La

vegetación rastrera Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 14 y herbácea también es abundante, siendo frecuentes *Ipomoea pescaprae* y *Tournefortia gnaphaloides* (lavanda).

**Matorral costero.** En esta sección de aproximadamente 6 hectáreas, domina la forma de crecimiento arbustiva mostrando una alta densidad y creciendo sobre un suelo rocoso con mayor posibilidad de acumulación de materia orgánica y una pendiente menos evidente. La riqueza específica se encuentra conformada por 16 especies representantes de 13 familias botánicas. En ella la asociación vegetal dominante está conformada por las especies *Thrinax radiata* (palma chit); *Gliricidia sepium* (sakyab) y *Cordia sebestena* (siricote de playa). La estructura vegetal está conformada de tres estratos: arbustivo, herbáceo y trepador, donde el arbustivo es el más importante y cuenta con el mayor valor de densidad con 10,100 (ind/ha).

**Manglar.** Son zonas permanente o estacionalmente inundables donde se desarrollan especies vegetales adaptadas a estas condiciones. En el Parque se presentan 209 hectáreas de humedales de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) junto con mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) que se desarrollan en zonas poco inundables; generalmente en los alrededores de las zonas más inundables sólo se encuentra el mangle rojo (*Rhizophora mangle*).

**Selva mediana subperennifolia.** Abarca 337 ha y su estructura vegetal está compuesta de seis estratos: arbóreo alto, arbóreo bajo, epífita, herbáceo, arbustivo y trepador. De acuerdo con la altura registrada, se identifican dos niveles en el estrato arbóreo: el arbóreo alto con árboles mayores a 5 m de altura y el estrato arbóreo bajo, con árboles menores a 5 m. La asociación dominante de la selva está conformada por dos especies del estrato herbáceo: *Bromelia aisodes* (piñuela) y *Anthurium schlechtendalii* (bobtum), y el chit (*Thrinax radiata*) que se ubica en el estrato arbóreo bajo. El estrato arbóreo alto presenta individuos de zapote (*Manilkara zapota*), chacá (*Bursera simaruba*), la palma nacax (*Coccothrinax readii*) y el chechén negro

(*Metopium brownei*), que son las especies dominantes. Este estrato es el que mayor cobertura presentó con 24.25%, seguido del arbóreo bajo con 18.12%, el herbáceo con 15.87% y el arbustivo con 14.07%. El estrato epífita y trepador tiene valores de cobertura mínimos con 0.05 y 2.55% respectivamente.

**Ecotono selva-manglar.** En la naturaleza, la sucesión de ecosistemas se presenta como un proceso discreto de eventos, es decir, sin interrupciones abruptas, de tal forma que los límites entre un tipo de vegetación y otro no son nítidamente definidos. Para definir estos límites los ecólogos modernos acuñaron el término ecotono que se refiere a una zona de transición entre un tipo de vegetación y otra (Begon, *et al.* 1986). En el ecotono selva-manglar, domina la vegetación de transición entre estos dos tipos de vegetación. Es decir, zonas donde la vegetación típica del manglar se entremezcla con especies propias de la selva. En el ecotono, la familia de las palmas es la más importante en conjunto con las zapotáceas, particularmente las palmas *Thrinax radiata* (chit) y *Pseudophoenix sargentii* (kuka) y la zapotácea *Manilkara zapota* (chicozapote), entre las cuales ocupan aproximadamente 11 ha. De igual forma, el ecotono presenta otras especies de importancia ecológica y comercial como *Coccothrinax readii* (nacax), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Enciclia alata* (orquídea) y *Mirmecophyla tibicinis* (orquídea de manglar), entre otras.

- Especies consideradas en la Norma Oficial Mexicana 059.

En los diversos ecosistemas y tipos de vegetación presentes en el Parque Nacional Tulum se encuentran nueve especies representantes de seis familias que están consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo. Siete de estas especies están bajo amenaza (A), una en peligro (P) y una bajo protección especial. También, tres de ellas son consideradas especies endémicas.

**Tabla IV.3.** Especies botánicas consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

| Familia        | Nombre científico                 | Nombre común      | Categoría                   |
|----------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Cactaceae      | <i>Aporocactus flagelliformis</i> | Flor de látigo    | Peligro (P)<br>Endémica     |
| Meliaceae      | <i>Cedrela dugesii</i>            | Cedro rojo        | Protección especial<br>(Pr) |
| Palmae         | <i>Thrinax radiata</i>            | Palma chit        | Amenazada                   |
|                | <i>Coccothrinax readii</i>        | Nacax             | Amenazada,<br>Endémica      |
|                | <i>Pseudophoenix sargentii</i>    | Palma kuka        | Amenazada                   |
| Combretaceae   | <i>Conocarpus erecta</i>          | Mangle botoncillo | Amenazada                   |
|                | <i>Laguncularia racemosa</i>      | Mangle blanco     | Amenazada                   |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mangle</i>          | Mangle rojo       | Amenazada                   |
| Verbenaceae    | <i>Avicennia germinans</i>        | Mangle negro      | Amenazada                   |

- Flora Registrada en el Área del Proyecto.

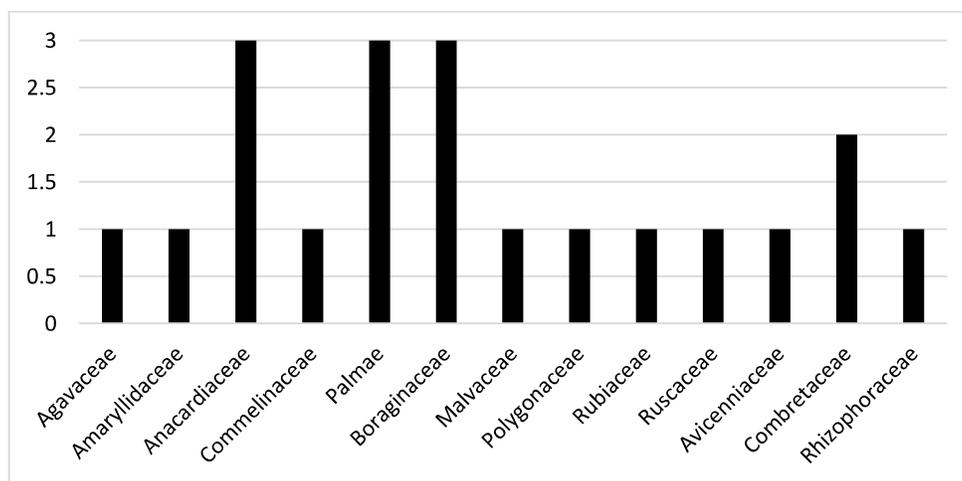
En el sitio que alojará al proyecto se identificaron 20 especies vegetales distribuidas en 13 familias. Las especies totales se encuentran enlistadas en la tabla IV.4., se divide por lotes muestreados, igualmente se mencionan las especies encontradas en los alrededores.

**Tabla IV.4.** Especies localizadas en los lotes 1 y 2 dentro del predio del proyecto y zonas circundantes.

| Lote | Familia        | Especie                          | Nombre común  |
|------|----------------|----------------------------------|---------------|
| 1    | Agavaceae      | <i>Cordyline terminalis</i>      | Hawaiana roja |
|      | Amaryllidaceae | <i>Hymenocallis littoralis</i>   | Lirio         |
|      | Anacardiaceae  | <i>Metopium brownei</i>          | Chechem       |
|      |                | <i>Thevetia gaumeri</i>          | Akitz         |
|      |                | <i>Anthurium schlechtendalii</i> | Moco de pavo  |
|      | Commelinaceae  | <i>Rhoeo discolor</i>            | Magüey morado |

|   |                |                                 |                   |
|---|----------------|---------------------------------|-------------------|
|   | Palmae         | <i>Cocos nucifera</i>           | Cocotero          |
|   |                | <i>Thrinax radiata</i>          | Chit              |
|   |                | <i>Sabal yapa</i>               | Guano             |
|   | Boraginaceae   | <i>Tournefortia gnaphalodes</i> | Sikimay           |
|   |                | <i>Cordia sebestena</i>         | Anacahuita        |
|   |                | <i>Cordia dodecandra</i>        | Siricote          |
|   | Malvaceae      | <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>   | Tulipán           |
|   | Polygonaceae   | <i>Coccoloba uvifera</i>        | Uva de mar        |
|   | Rubiaceae      | <i>Ixora coccínea</i>           | Cocinera          |
|   | Ruscaceae      | <i>Sansevieria trifasciata</i>  | Lengua de tigre   |
| 2 | Avicenniaceae  | <i>Avicennia germinans</i>      | Mangle negro      |
|   | Combretaceae   | <i>Conocarpus erectus</i>       | Mangle botoncillo |
|   |                | <i>Laguncularia racemosa</i>    | Mangle blanco     |
|   | Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mangle</i>        | Mangle rojo       |

En la siguiente gráfica se observan las diferentes familias vegetales registradas y sus frecuencias, donde se obtuvo que 3 familias presentaron mayor frecuencia en el área de estudio, como son la familia de las Anacardiaceae, Palmae y Boraginaceae.



**Gráfico IV. 1.** Número de especies por familia.

- Presencia de especies vegetales bajo régimen de protección legal, de acuerdo con la normatividad ambiental y otros ordenamientos aplicables NOM-059-SEMARNAT-2010, (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenizadas de Fauna y Flora Silvestres), CITES en el área de estudio y de influencia.

Por lo que se refiere a la importancia de la flora, dentro del predio se identificaron 4 especies de importancia legal, debido a que están registradas y clasificadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, enlistadas por CITES, RAMSAR.

**Tabla IV.5.** Especies presentes en el sitio del proyecto con alguna categoría de riesgo.

| Familia        | Especie                      | Nombre común      | NOM-059-SEMARNAT-2010 |
|----------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Palmae         | <i>Thrinax radiata</i>       | Chit              | Amenazada             |
| Avicenniaceae  | <i>Avicennia germinans</i>   | Mangle negro      | Amenazada, RAMSAR     |
| Combretaceae   | <i>Conocarpus erectus</i>    | Mangle botoncillo | Amenazada, RAMSAR     |
|                | <i>Laguncularia racemosa</i> | Mangle blanco     | Amenazada, RAMSAR     |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mangle</i>     | Mangle rojo       | Amenazada, RAMSAR     |

- Formas de Vida.

En la siguiente tabla se enlistan las diferentes formas de vida con respecto a las especies identificadas en el área del proyecto.

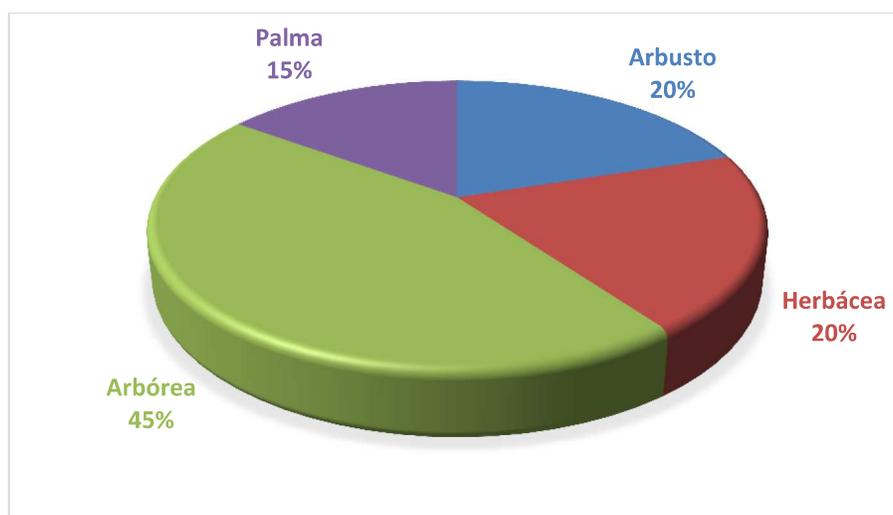
**Tabla IV.6.** Formas de vida de las especies presentes en el área del proyecto.

| Familia        | Especie                          | Forma de vida |
|----------------|----------------------------------|---------------|
| Agavaceae      | <i>Cordyline terminalis</i>      | Arbusto       |
| Amaryllidaceae | <i>Hymenocallis littoralis</i>   | Herbácea      |
| Anacardiaceae  | <i>Metopium brownei</i>          | Árborea       |
|                | <i>Thevetia gaumeri</i>          | Árborea       |
|                | <i>Anthurium schlechtendalii</i> | Herbácea      |
| Commelinaceae  | <i>Rhoeo discolor</i>            | Herbácea      |
| Palmae         | <i>Cocos nucifera</i>            | Palma         |
|                | <i>Thrinax radiata</i>           | Palma         |
|                | <i>Sabal yapa</i>                | Palma         |
| Boraginaceae   | <i>Tournefortia gnaphalodes</i>  | Arbusto       |
|                | <i>Cordia sebestena</i>          | Árborea       |
|                | <i>Cordia dodecandra</i>         | Árborea       |
| Malvaceae      | <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>    | Arbusto       |
| Polygonaceae   | <i>Coccoloba uvifera</i>         | Árborea       |
| Rubiaceae      | <i>Ixora coccínea</i>            | Arbusto       |
| Ruscaceae      | <i>Sansevieria trifasciata</i>   | Herbácea      |
| Avicenniaceae  | <i>Avicennia germinans</i>       | Árborea       |
| Combretaceae   | <i>Conocarpus erectus</i>        | Árborea       |

|                |                              |         |
|----------------|------------------------------|---------|
|                | <i>Laguncularia racemosa</i> | Arbórea |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mangle</i>     | Arbórea |

\* Biblioteca virtual Cicy.com

En la siguiente gráfica se observa que la forma arbórea es la forma de vida predominante, seguida de la arbustiva, herbácea y por último la vegetación tipo palma. Estos resultados se obtuvieron en base a las especies identificadas en la zona del proyecto:



**Gráfica IV.2.** Composición de especies en el área del proyecto.

- Usos posibles de la vegetación en la zona.

En la siguiente tabla se presentan los posibles usos para cada una de las especies presentes en el área del proyecto:

**Tabla IV.7.** Uso de las especies presentes en el sitio del proyecto.

| Familia        | Especie                          | Usos                                           |
|----------------|----------------------------------|------------------------------------------------|
| Agavaceae      | <i>Cordyline terminalis</i>      | Ornamental, Medicinal                          |
| Amaryllidaceae | <i>Hymenocallis littoralis</i>   | Ornamental                                     |
| Anacardiaceae  | <i>Metopium brownei</i>          | Medicinal, construcción, cerco vivo            |
|                | <i>Thevetia gaumeri</i>          | Medicinal                                      |
|                | <i>Anthurium schlechtendalii</i> | Mágico religioso, ornamental y tóxica (látex). |
| Commelinaceae  | <i>Rhoeo discolor</i>            | Ornamental, Medicinal                          |
| Palmae         | <i>Cocos nucifera</i>            | Comestible                                     |

|                |                                 |                                                                                                                                |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <i>Thrinax radiata</i>          | Ornamental                                                                                                                     |
|                | <i>Sabal yapa</i>               | Artesanía, Construcción                                                                                                        |
| Boraginaceae   | <i>Tournefortia gnaphalodes</i> | Melífera                                                                                                                       |
|                | <i>Cordia sebestena</i>         | Ornamental, fruto comestible, medicinal, maderable, melífera                                                                   |
|                | <i>Cordia dodecandra</i>        | Fruto comestible, ornamental, maderable, para muebles, artesanal, medicinal, combustible, construcción, industrial. Cultivado. |
| Malvaceae      | <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>   | Ornamental                                                                                                                     |
| Polygonaceae   | <i>Coccoloba uvifera</i>        | Comestible                                                                                                                     |
| Rubiaceae      | <i>Ixora coccínea</i>           | Ornamental                                                                                                                     |
| Ruscaceae      | <i>Sansevieria trifasciata</i>  | Ornamental, Medicinal                                                                                                          |
| Avicenniaceae  | <i>Avicennia germinans</i>      | Medicinal, ornamental, maderable                                                                                               |
| Combretaceae   | <i>Conocarpus erectus</i>       | Maderable                                                                                                                      |
|                | <i>Laguncularia racemosa</i>    | Maderable, Melífera                                                                                                            |
| Rhizophoraceae | <i>Rhizophora mangle</i>        | Medicinal, maderable                                                                                                           |

\* Biblioteca virtual Cicy.com

## B) Fauna

Los muestreos de fauna son una herramienta útil para obtener datos que nos orienten a la hora tomar decisiones a corto, mediano y largo plazo, por lo que se iniciará con una breve descripción del tipo de fauna del área de influencia al proyecto.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología (1996), la fauna del estado de Quintana Roo es de tipo neotropical, estando considerada dentro de la provincia Yucatanense (CONANP, 2007). De igual manera se encuentran presentes animales de origen neártico como el venado. Entre la fauna terrestre más conspicua del Parque Nacional Tulum se encuentran las aves y los mamíferos pequeños y medianos, aunque existen compilaciones taxonómicas para muchos otros grupos de vertebrados e invertebrados (CONANP, 2007)

- Mamíferos

Entre los mamíferos más importantes que aún es posible encontrar dentro del Parque destacan el ocelote (*Leopardus pardalis*), el tigrillo (*L. weidii*) y el leoncillo

(*Herpailurus yagouarundi*), así como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama americana*) y el pecarí de collar (*Pecari tajasu*).

Los mamíferos medianos y pequeños más comunes son el mapache (*Procyon lotor*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el coatí (*Nasua narica*), el sereque (*Dasyprocta punctata*), el tepezcuintle (*Agouti paca*), así como ratones de campo y ardillas; por la noche abundan los murciélagos, entre los que se encuentran los géneros *Artibeus*, *Centurio* y *Carollia*. Por otro lado, si bien no existen registros fidedignos, no se descarta la presencia de mono araña (*Ateles geoffroyii*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana mexicana*) y el puerco espín (*Coendu mexicanus*) en las selvas medianas del Parque, todas son especies consideradas bajo algún estatus de conservación por la legislación mexicana.

Los mamíferos mayores como el jaguar, puma y tapir prácticamente han desaparecido de la zona debido a la cacería y la disminución y fragmentación del hábitat.

- Aves

El Parque Nacional Tulum funciona como sitio de paso obligado para gran cantidad de aves migratorias que se dirigen hacia la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an durante el invierno, provenientes de Estados Unidos y Canadá. Además, se considera que la zona de la Península de Yucatán es la segunda en abundancia de especies confinadas (no migratorias), por lo que el grupo de las aves es el más rico y notable en el Parque, con especies propias de selvas medianas y bajas, así como especies vadeadoras que encuentran en los humedales un área propicia. Entre las especies de selva más frecuentes están los pericos (*Amazona spp.*).

A lo largo de toda la zona rocosa se pueden observar eventuales aves acuáticas como el pelícano café (*Pelecanus occidentalis*), la fragata (*Fregata magnificens*), diversas especies de garzas como la garza blanca (*Egreta sp.*) que utilizan la zona costera como sitio de alimentación, pero que anidan y se refugian en el humedal.

También es frecuente observar aves rapaces como el halcón negro (*Buteogallus anthracinus*), el águila pescadora (*Pandion haeliatus*), el milano plumizo (*Ictineo plumbea*) y el zopilote cabeza negra (*Cathartes aura*). Al igual que las aves acuáticas,

estas especies no utilizan la costa rocosa como área de reproducción o refugio, sino como lugar de alimentación.

- Reptiles

Los reptiles están representados, particularmente, por lagartijas, iguanas grises (*Ctenosaura similis*) e iguanas verdes (*Iguana iguana*). Algunos trabajadores y habitantes del lugar reportan la presencia del crótalo cuatro narices (*Bothrops sp.*) y de boa (*Boa constrictor*). La herpetofauna encontrada en el Parque (ECOSUR-CONANP, 2007), de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 y a la IUCN, presenta gran relevancia ya que más del 50% de sus especies se encuentran en alguna de las categorías de conservación. La lista de la IUCN considera a 43 especies, de éstas destaca la presencia de las tortugas marinas por su estatus en Peligro de extinción. En el caso de la NOM, 30 especies se encuentran consideradas en algún estatus de protección. Además de las tortugas marinas destaca también la presencia de 15 especies endémicas a México o la Península de Yucatán, sobre todo *Symphimus mayae* y *Porthidium yucatanicum*, las cuales sólo se distribuyen en la porción norte de la misma y *Craugastor yucatanenses* endémico solamente al centro de Quintana Roo y sureste de Yucatán (CONANP, 2007).

La zona federal marítimo terrestre aledaña es sitio de anidación de tortugas marinas, principalmente de caguama (*Caretta caretta*), blanca (*Chelonia mydas*) y eventualmente carey (*Eretmochelys imbricata*). Las playas del Parque Nacional, por la densidad de anidación que presentan son una de las cuatro más importantes del estado. En ellas desovan principalmente dos de las especies registradas para Quintana Roo, la blanca y la caguama. Las playas arenosas, solitarias y oscuras hacen del Parque un lugar propicio para que las tortugas marinas cumplan uno de sus más importantes ciclos de vida: el desove. De abril a noviembre de cada año se lleva a cabo una intensa actividad reproductora de tortugas marinas en las playas (CONANP, 2007).

- Anfibios

Los anfibios presentes incluyen a diversas especies de ranas acuáticas, arborícolas y terrestres, principalmente *Hyla microcephala*, *Phrynohyas venulosa*, *Scinax staufferi*,

*Smilisca baudinii* e *Hypopachus variolosus*. ECOSUR-CONANP, (2007) registró 15 especies de anfibios como potenciales para el Parque nacional, 10 especies confirmaron su presencia, de las cuales algunas fueron encontradas en el muestreo rápido.

- Lepidópteros

En la zona de Tulum, De la Maza y Bezaury (1992) determinaron 212 especies de mariposas diurnas, pertenecientes a las superfamilias papilionoidea y hesperioidea. Esta cantidad parece ser modesta en comparación con otras localidades del país, debido aparentemente al moderado número de especies que componen la flora quintanarroense y a la heterogeneidad altitudinal y topográfica del territorio. Por su parte, ECOSUR-CONANP (2007) menciona que las 230 especies de mariposas diurnas potenciales para el Parque, están distribuidas en 137 géneros, 19 subfamilias y seis familias. La familia con más especies es Nymphalidae seguida de Hesperidae, mientras que las de menor riqueza son Riodinidae y Papilionidae. Se registró una especie endémica, aunque potencialmente se esperaría que en el Parque vuelen tres especies endémicas de los siete endemismos reportados para el Estado. De las 41 especies de mariposas detectadas por Pozo y Galindo (2006) como indicadoras de algún grado de conservación para selva mediana subperennifolia y selva baja subcaducifolia, se registraron 21, siendo ocho de ellas indicadoras de ambientes conservados y 13 de disturbio.

- Descripción del Método de Muestreo.

Se realizó la observación directa de los diferentes grupos mediante un recorrido general por el área del proyecto y sus colindancias. Se buscaron rastros y señales de actividad de alguna especie por medio de identificación auditiva, remoción de piedras, herbáceas, avistamiento de exuvias o pieles cambiantes en el caso de los reptiles. En el caso de las aves se utilizó la localización de especies en vuelo, perchadas o en el suelo e identificación auditiva. Para los mamíferos se realizaron recorridos para observación directa de las especies o para su registro indirecto mediante rastros como madrigueras, comederos, rascaderas, huellas, pelos, excretas, cráneos y huesos, echaderos, senderos e identificación auditiva.

## Resultados

No se obtuvieron muchos registros de fauna, durante los recorridos se observaron aves sobrevolando en las cercanías. Estas especies no se verán afectadas por el proyecto dado su capacidad de desplazamiento, además de que el proyecto es de bajo impacto.

Particularmente para el predio donde se desarrollará el presente proyecto únicamente se avistaron las aves señaladas en la siguiente tabla:

**Tabla IV.8.** Avifauna presente en el predio.

| Familia           | Nombre científico             | Nombre común    | Estatus                        |
|-------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| Fregatidae        | <i>Fregata magnificens</i>    | Tijereta        |                                |
| Pelecanidae       | <i>Pelecanus occidentalis</i> | Pelicano café   | Lista Roja UICN<br>(Amenazada) |
| Icteridae         | <i>Quiscalus mexicanus</i>    | Zanate o Pich   |                                |
| Phalacrocoracidae | <i>Phalacrocorax auritus</i>  | Cormorán        |                                |
| Tyrannidae        | <i>Tyrannus couchii</i>       | Tirano de couch |                                |

No se observaron especies de anfibios y de mamíferos en el área del proyecto. Por otro lado, hay que señalar que el número de especies que posiblemente transiten por la zona es mayor al observado durante el monitoreo realizado de acuerdo a la bibliografía.

## IV.4. Paisaje

La caracterización florística demostró que los impactos ambientales que se generarán por la operación del proyecto a los ecosistemas identificados serán mínimos por lo que el deterioro que se provoque no afectará la calidad de vida de las poblaciones de flora y fauna silvestre de la zona, así como no creará desequilibrios ecológicos en esta porción del corredor Cancún-Tulum, siempre y cuando se le dé un buen funcionamiento a la planta de tratamiento de aguas residuales y a la de ósmosis inversa durante su tiempo de vida. Esto debido a que el área designada a la

construcción y operación del proyecto forma parte de un complejo hotelero cuya misión es conservar la biodiversidad y asegurar medios de vida sostenibles, y se esfuerza por preservar la belleza natural de Tulum y conducir una operación sostenible.

#### **IV.5. Medio socioeconómico y Cultural**

##### **A) Demografía**

El predio en donde se llevará a cabo el proyecto pertenece al Municipio de Tulum, cuya cabecera es la localidad de Tulum. El Municipio de Tulum desde el 13 de marzo de 2008 es considerado como el noveno municipio del estado mexicano de Quintana Roo.

Tulum, es la ciudad más importante del municipio y se compone de 29 localidades, cuenta con una zona arqueológica conocida mundialmente y el acuario de Xel-Há. También es residencia de un Santuario Maya. Su principal actividad es el comercio y servicios turísticos y en menor medida la pesca y actividades agropecuarias. Su población es de aproximadamente 6,550 personas y dista de alrededor de 300 km de Chetumal, capital del estado.

Tulum tiene una población de 28,263 habitantes de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 2010 (Tabla IV.9) realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Es junto con Benito Juárez y Solidaridad, de los municipios de mayor crecimiento demográfico en el país, el principal motivo es la inmigración de población atraída por la oferta de empleo y desarrollo económico propiciado por el turismo que es la actividad económica básica; su cabecera municipal, la ciudad de Tulum pasó de 6,733 habitantes en 2000 a 14,790 en 2005. El crecimiento poblacional fue la principal razón de la creación del municipio separándolo de Solidaridad.

**Tabla IV.9.** Número de habitantes del municipio de Tulum, conteo 2010.

| <b>Municipio</b> | <b>Total</b> | <b>Hombres</b> | <b>Mujeres</b> |
|------------------|--------------|----------------|----------------|
| Tulum            | 28,263       | 14,714         | 13,549         |

En el territorio del municipio hay un total de 9 localidades, la población de las principales ciudades es la siguiente:

**Tabla IV.10.** Distribución de la Población del Municipio por comunidades.

| <b>Localidad</b> | <b>Habitantes</b> |
|------------------|-------------------|
| Tulum            | 18233             |
| Ciudad Chemuyil  | 1377              |
| Akumal           | 1310              |
| Cobá             | 1278              |
| Chanchen Primero | 875               |
| Francisco Uh May | 655               |
| San Juan         | 599               |
| Macario Gómez    | 510               |
| Punta Allen      | 469               |

- Población económicamente activa (por edad y sexo)

La población de 14 años y más para el estado de Quintana Roo, promedio 1,020,173, durante los 3 primeros trimestres del 2010; de los cuales 686,800 se encuentra ocupada (promedio) lo cual representa el 67.32% del total, de los cuales 58.41% son hombres y el 36.43% son mujeres.

**Tabla IV.11.** Población económicamente activa en el Edo. de Quintana Roo

| <b>Indicadores</b>              | <b>2010</b>             |                          |                         |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                 | <b>Primer trimestre</b> | <b>Segundo trimestre</b> | <b>Tercer trimestre</b> |
| <b>Población</b>                |                         |                          |                         |
| 14 años y más                   | 1,004,397               | 1,022,931                | 1,033,191               |
| Población económicamente activa | 668,482                 | 701,390                  | 690,528                 |
| Población ocupada               | 635,607                 | 663,338                  | 655,226                 |
| Población desocupada            | 32,875                  | 38,052                   | 35,302                  |
| Hombres (H)                     | 408,451                 | 432,506                  | 424,113                 |

|               |         |         |         |
|---------------|---------|---------|---------|
| Mujeres (M)   | 260,031 | 268,884 | 266,415 |
| H ocupados    | 390,025 | 408,928 | 404,577 |
| M ocupadas    | 245,582 | 254,410 | 250,649 |
| H desocupados | 18,426  | 23,578  | 19,536  |
| M desocupadas | 14,449  | 14,474  | 15,766  |

- Distribución de la población desocupada abierta.

El 16.5% representa el total de la población no económicamente activa, para el estado de Quintana Roo.

**Tabla IV.12** PEA disponible en el Edo. de Quintana Roo.

| Indicadores                                                                   | 2010             |                   |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                                                                               | Primer trimestre | Segundo trimestre | Tercer trimestre |
| Población no económicamente activa                                            | 335,915          | 321,541           | 342,663          |
| Disponible                                                                    | 59,538           | 52,052            | 52,952           |
| ▪ para trabajar que han desistido de buscar empleo                            | 2,569            | 1,585             | 814              |
| ▪ para trabajar que no busca empleo por considerar que no tiene posibilidades | 56,969           | 50,467            | 52,138           |

- Población económicamente inactiva.

La población económicamente inactiva representa el 32.68% de la población de 14 años y más, de los cuales el 27.3% no está disponible.

**Tabla IV.13.** Población económicamente inactiva para el Edo. de Quintana Roo.

| Indicadores      | 2010             |                   |                  |
|------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                  | Primer trimestre | Segundo trimestre | Tercer trimestre |
| <b>Población</b> |                  |                   |                  |
| 14 años y más    | 100,4397         | 1,022,931         | 1,033,191        |

|                                                                         |         |         |         |
|-------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Población no económicamente activa                                      | 33,5915 | 321,541 | 342,663 |
| Población no disponible                                                 | 27,6377 | 269,489 | 289,711 |
| Con interés para trabajar, pero bajo un contexto que les impide hacerlo | 36,170  | 38,275  | 39,622  |
| Sin interés para trabajar por atender otras obligaciones                | 216,384 | 206,158 | 223,269 |
| Con impedimentos físicos para trabajar                                  | 4,770   | 6,656   | 7,991   |
| Otros                                                                   | 19,053  | 18,400  | 18,829  |

- Distribución de la población activa por sectores de actividad.

La población económicamente activa en el sector primario representa un 6.6%, para el sector secundario representa un 14.2%, para el sector terciario representa el 78.7% y un 0.5% para un sector no específico.

La población económicamente activa en el sector primario representa un 6.6%, para el sector secundario representa un 14.2%, para el sector terciario representa el 78.7% y un 0.5% para un sector no específico.

**Tabla IV.14.** Población económicamente activa por sector.

| Indicadores                                        | 2010             |                   |                  |
|----------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                                                    | Primer trimestre | Segundo trimestre | Tercer trimestre |
| 3.2. Sector de actividad económica                 | 635,607          | 663,338           | 655,226          |
| Primario                                           | 41,481           | 43,491            | 44,818           |
| Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca | 41,481           | 43,491            | 44,818           |
| Secundario                                         | 90,731           | 94,313            | 91,868           |
| Industria extractiva y de la electricidad          | 2,448            | 3,429             | 4,519            |
| Industria manufacturera                            | 37,314           | 40,850            | 36,159           |
| Construcción                                       | 50,969           | 50,034            | 51,190           |
| Terciario                                          | 500,805          | 521,463           | 514,939          |
| Comercio                                           | 120,759          | 125,958           | 122,061          |

|                                                      |         |         |         |
|------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Restaurantes y servicios de alojamiento              | 104,987 | 107,412 | 105,586 |
| Transportes, comunicaciones, correo y almacenamiento | 44,559  | 41,670  | 39,571  |
| Servicios profesionales, financieros y corporativos  | 55,055  | 57,254  | 59,855  |
| Servicios sociales                                   | 50,618  | 51,823  | 53,373  |
| Servicios diversos                                   | 71,180  | 82,614  | 72,804  |
| Gobierno y organismos internacionales                | 53,647  | 54,732  | 61,689  |
| No especificado                                      | 2,590   | 4,071   | 3,601   |

- Migración.

De acuerdo al Centro de Estudios Migratorios del Instituto Nacional de Migración, SEGOB; Homero, 1832; las estadísticas de entradas nacionales y extranjeros para el estado de Quintana Roo son las siguientes:

**Tabla IV.15.** Estadísticas migratorias para el estado de Quintana Roo.

| Región       | 2008      | 2009      | 2010       | Var. % 2010/08 | Var. % 2010/09 |
|--------------|-----------|-----------|------------|----------------|----------------|
| Quintana Roo | 9,131,932 | 8,303,292 | 10,402,094 | 13.9           | 25.3           |

En el 2010, se repatriaron desde Estados Unidos 795 personas, del estado de Quintana Roo, de las cuales 709 fueron hombres y 86 Mujeres.

## **B) Factores Socioculturales**

### **- Educación**

Comprende a la mayoría de los estudiantes inscritos en todo el sistema educativo. De los 306,928 alumnos en Quintana Roo, 250,332, es decir, 81.6% de ellos, estudian la educación preescolar, primaria o secundaria.

#### **a. Preescolar.**

La educación preescolar ha crecido en el periodo que se informa en 24.7%, al pasar de 31,020 alumnos en el ciclo 1998-1999, a 38,695 en el año lectivo 2004-2005.

Resulta interesante ver cómo ha ido evolucionando la cobertura en las diferentes modalidades de educación preescolar que se ofrecen. El mayor crecimiento se dio en el preescolar general, con 27.0%, seguido de preescolar indígena con 13.2%.

b. Primaria.

En el país, la matrícula de primaria decreció en -0.2% del ciclo escolar 1998-1999 al 2004-2005; mientras que en el estado de Quintana Roo, reflejó el crecimiento poblacional ocasionado por la alta migración, la matrícula creció 22.4% al pasar de 125,348 alumnos a 153,364 durante este periodo.

c. Secundaria.

Mientras que en el país la matrícula de secundaria tuvo un crecimiento de 16.9% de 1998-1999 a 2004-2005, en el estado el índice fue de 40.4%; este fue el nivel educativo que registró el mayor aumento en la educación básica. En esos años, se inscribieron más de 16 mil estudiantes en este nivel, lo que contribuyó a incrementar la cobertura de este nivel a 87.9%.

En cuanto a la infraestructura educativa Tulum tiene 4 jardines de niños, 2 escuelas primarias, 1 escuela secundaria, 1 preparatoria, un colegio de bachilleres, un Cecyt y el proyecto para construir un Instituto de Capacitación para los Trabajadores (ICAT). Para la educación superior, los pobladores tienen que trasladarse fuera del municipio o del estado.

### **C) Servicios básicos y urbanización**

- Salud

El municipio cuenta con atención de primer nivel proporcionada por centros de salud. Los pacientes que requieren de atención de segundo y tercer nivel son trasladados a la ciudad de Cancún o fuera del estado.

- Comercio y abasto.

No existen adecuados sistemas de comercio para la población en general. Las actividades que se ubican en esta localidad tienen un alcance que rebasa al propio centro de población, por lo que son adecuadas en forma de corredores desarrollados

sobre la arteria del sistema vial primario con fácil accesibilidad hacia las salidas carreteras. El comercio y abastecimiento para la industria turística se produce principalmente desde Cancún y Playa del Carmen, aunque cuentan ya con una tienda de autoservicio.

- Vías de comunicación

La carretera federal 307 atraviesa al municipio de sur a norte de Chetumal a Cancún que comunica desde Tulum hacia el norte, el litoral del municipio. Actualmente, está en construcción la ampliación y modernización de este tramo con lo cual se tendrá una carretera de cuatro carriles. El resto del litoral del municipio está comunicado por un camino de terracería de Tulum a Punta Allen. Otra carretera importante es la vía Tulum - Cobá - Nuevo Xcan que atraviesa el municipio de este a oeste conectando los importantes centros turísticos de Tulum y Cobá. De Cobá parte una carretera interestatal que conecta Cobá con Chemax, Yucatán y que constituye una vía corta para Mérida. Todas las localidades mayores de 50 habitantes están comunicadas por vía terrestre.

En Tulum existe un aeródromo con poco uso comercial y actualmente bajo resguardo del ejército. En Boca Paila existe una aeropista para el servicio turístico. En la zona rural se tiene instalado el servicio de telefonía en 8 localidades: Akumal, Chanchen Palmar, Cobá, Macario Gómez, Manuel Antonio Ay, Punta Allen, San Juan de Dios y San Silverio.

*Vivienda:* La mayoría de las viviendas del área urbana son unifamiliares con paredes de piedra y techo de losa o de cartón; en las áreas rurales las viviendas son de paredes de materiales perecederos como madera o bajareque con techo de humano. El ayuntamiento administra los servicios de parques y jardines, edificios públicos, unidades deportivas y recreativas, monumentos y fuentes, entre otros.

- Recreación y deporte.

Las áreas existentes para recreación y deporte se encuentran en condiciones de mantenimiento, son insuficientes para la práctica popular de todo tipo de deportes. Cuentan con una unidad deportiva con canchas de básquetbol, fútbol soccer y rápido;

el Parque Maya que cuenta con bancas y cancha de básquetbol; un parque cívico con kiosco, canchas deportivas y áreas verdes.

- Administración Pública y Servicios Urbanos.

Existen oficinas del gobierno estatal y municipal en la localidad, funcionan en edificios particulares que arriendan y no tienen los requerimientos necesarios para otorgar el servicio al total de la población.

Se cuenta con un edificio para la alcaldía ubicado sobre la avenida Tulum y donde se alojan las oficinas municipales y seguridad pública y tránsito; el Ejército Mexicano localiza sus oficinas en el cruce de las dos carreteras principales y la Armada de México en las instalaciones de la pista aérea; en Tulum se localizan también las oficinas de la Procuraduría General de Justicia, de SIMAP y de Hacienda del Estado. Existe un área de administración de la Zona Arqueológica de Tulum en la zona del Parque Nacional Tulum.

- Jerarquía vial existente.

La carretera federal se considera como la vía principal que comunica al centro de la comunidad de Tulum. Hacia el interior se encuentra un corredor que conduce a la zona de hospedaje turístico. Se han identificado como vías importantes para el desarrollo del lugar las avenidas Satélite Sur y Norte, la Calle Alfa Norte y Sur y la Rojo Gómez o carretera a Tulum - Cobá.

El resto de las vías de comunicación se consideran de tipo secundario, los cuales se proponen acciones como carriles de velocidad restringida, paso preferencial peatonal o vehicular, sistemas adecuados de señalamiento y semaforización, sistemas alternos de transporte colectivo periférico y de atención al turista, mejorar las banquetas de Protección al peatón y acceso a personas con capacidades diferentes. En Tulum existe un aeródromo con poco uso comercial.

- Agua Potable

En la localidad de Tulum se ha incrementado el servicio de agua potable entubada, existiendo en el 2004, 2535 tomas domiciliarias y 47,692.5 m<sup>3</sup> en servicio por consumo anual. La dotación de los servicios de agua potable se realiza a partir de la perforación de 7 pozos profundos. Todo el sistema es administrado por la junta local de agua potable CAPA, organismo dependiente del Gobierno del Estado de Quintana Roo. Los pozos de abastecimiento se ubican a 7 km de distancia del centro de población sobre la carretera a Coba; son pozos con un promedio de 21 metros de profundidad y un diámetro de 8". El primer pozo se encuentra a 200 m sobre la desviación; 3 pozos cuentan con un equipo de bombeo de 10 hp y tienen una capacidad de 7 lts/s, los 4 siguientes cuentan con un equipo de 25 hp y tienen una capacidad de 7 lts/s proporcionando en conjunto aproximadamente 130 lts/seg. Partiendo de los pozos, el agua es llevada por una línea de 8" de diámetro hasta un cárcamo de rebombeo.

Con relación a la explotación de aguas subterráneas el único recurso hidráulico para esta ciudad lo constituye el acuífero que se localiza al noroeste aproximadamente a 9 km del centro de la población.

- Drenaje e infraestructura pluvial.

El servicio de drenaje sanitario es uno de los elementos más importantes en el aseguramiento de una buena salud de la población. Las cifras de cobertura de dicho servicio en Tulum se encuentran por debajo de las de agua potable.

En cuanto al servicio de drenaje de desecho de aguas grises y negras en la zona de estudio, se carece del mismo y en consecuencia la población presenta serios problemas de contaminación por la falta de una red de drenaje, alcantarillado y colectores que desalojen dichas aguas.

El drenaje pluvial se muestra como una seria deficiencia provocando en muchas zonas problemas de contaminación y aspectos negativos entre la población, existen

20 pozos de absorción de 30 metros de profundidad por 12" de diámetro localizados en la zona centro.

- Alumbrado.

El centro de población cuenta con un sistema de alumbrado público; las áreas servidas se localizan en la zona centro de la población no siendo la cobertura mayor al 50% la cobertura de la misma zona.

- Electricidad.

Se observa que el 90% de las áreas urbanas existentes en la localidad cuentan con este servicio, suministrado por la CFE. Este servicio se genera a través de la sub-estación eléctrica ubicada a 5 km de la población sobre la carretera a Cobá, y es alimentada por una línea de alta tensión de 34.5 Kv. El tipo de tendido para la distribución de la misma es de tipo aéreo con postes de concreto armado.

- Teléfonos y telégrafos y TV por cable.

Existe una central de teléfonos ubicada al centro de la localidad que da servicio a toda la zona. Cuenta con el servicio telegráfico que es precario. Servicio de televisión por cable.

#### **D) Actividades económicas**

- Agricultura

La agricultura está orientada principalmente a cultivos básicos como maíz y frijol con cultivos intercalados de calabaza, tomate y chile, en terrenos no mecanizados y de temporal con bajos rendimientos, que son destinados al autoconsumo. Los terrenos actualmente destinados a la agricultura son ejidales.

- Ganadería

La ganadería es extensiva con praderas de temporal en su mayoría de propiedad ejidal, el inventario ganadero consta de aproximadamente 1,400 cabezas de ganado

bovino y 10,000 de ganado porcino y ovino. La producción se orienta principalmente al autoconsumo. La cría de aves es a nivel doméstico.

- Apicultura

Es una actividad complementaria que ha sido afectada por factores climatológicos y la presencia de la abeja africana, pero existe un buen potencial para su explotación.

- Forestal

Se cuenta con recursos forestales de maderas duras tropicales que son explotadas bajo supervisión de las autoridades para evitar la deforestación como sucedió con las maderas preciosas que existían en la región, el nivel de explotación es alrededor de 6,000 metros cúbicos. También se explota, aunque en menor escala, la resina del chicozapote para la producción del chicle.

- Industria

La industria manufacturera es muy incipiente, limitándose a talleres, tortillerías y otros establecimientos localizados en el área urbana.

- Turismo

Constituye la principal actividad del municipio y se localiza en toda la costa, conocida como la Riviera Maya. Se ha dotado de servicios de energía eléctrica, carreteras, agua potable, entre otros a la zona, se inició en la segunda mitad de la década un auge turístico que actualmente está en plena expansión con expectativas de crecimiento muy importantes.

#### **IV.6 Delimitación del sistema ambiental**

En los predios colindantes al este y oeste se encuentran desarrollados con proyectos de tipo turístico, al sur se colinda con la vialidad Tulum-Boca Paila, y al norte con el Mar Caribe.

## IV.7 Diagnóstico ambiental

En el siguiente cuadro gráfico se elaboró un diagnóstico ambiental por medio de la asignación de valores de carácter universal, sin necesidad de la utilización de una metodología para su apreciación, calificando el estado de conservación, fragilidad y capacidad de carga de acuerdo a los fundamentos descritos en la siguiente tabla:

**Tabla IV.16.** Calificaciones del diagnóstico ambiental.

|                                             |              |                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Estado de conservación</b>               | <b>Medio</b> | El estado natural del área del proyecto ha sido modificado, pero existe un grado aceptable de conservación.                                          |
| <b>Fragilidad</b>                           | <b>Medio</b> | El ecosistema que se encuentra en el área del proyecto se encuentra en un término medio de susceptibilidad y capacidad de recuperación.              |
| <b>Capacidad de regeneración</b>            | <b>Medio</b> | El área del proyecto se puede clasificar con una capacidad de regeneración mediana, por su capacidad de recuperarse de forma paulatina a un impacto. |
| <b>¿Se esperan cambios con el proyecto?</b> | <b>Medio</b> | Se espera haya una modificación permanente en el área del proyecto pero esta generará cambios moderados al ecosistema circundante.                   |

### - Diagnóstico ambiental del área de influencia

La calidad de los diversos componentes medioambientales presentes en la región, no se verán afectados por la realización del proyecto, sí este es bien manejado en apego a la normatividad ambiental, lo cual garantizará la conservación de la zona.

La calidad del aire en la zona, únicamente se ve afectado por los gases de combustión provenientes de los vehículos que transitan en el sitio. Sin embargo, por ser una zona

donde corre el viento continuamente, los gases se dispersan de forma inmediata. El nivel de ruido es proporcional al tránsito de vehículos por la zona turística. No habrá una afectación o la generación de un microclima por la realización u operación del proyecto. La situación actual del predio y del proyecto en general no se encuentra afectando la calidad del agua subterránea, sin embargo, se podría ver afectada con el paso del tiempo en caso de haber un mal manejo de las aguas residuales o por la falta de mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas, por lo que este componente ambiental se vería con un impacto medioambiental de mediano a alto, sin embargo, la capacidad de regeneración del agua subterránea se podría clasificar de mediano a alto debido a las características propias del sistema, pero dejaría expuesta la fragilidad de los ecosistemas coralinos debido a su cercanía.

Con la correcta aplicación de las medidas de mitigación que se recomiendan se podrá atenuar el impacto que generará el proyecto en el predio. Se podrá recuperar parte del germoplasma vegetal removido al momento del desarrollo del proyecto para ser utilizado en la ornamentación del proyecto a lo largo de los jardines del mismo, y por las dimensiones de las obras y actividades, la fauna silvestre tendrá oportunidad de desplazarse de un sitio a otro del predio para ponerse a salvo de la operación y movimiento de personas.

En esta perspectiva, el diseño conceptual bajo el cual se ha elaborado el proyecto se atiende a las regulaciones ambientales y urbanas que aplican para la zona del proyecto, por lo que se espera que el sitio seleccionado conserve la mayor parte de sus atributos ambientales, coadyuvando con ello en el mantenimiento de la vida silvestre local y regional.

## **V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

### **V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales**

La evaluación de impacto ambiental es uno de los instrumentos de la política ambiental con aplicación específica e incidencia directa en las actividades productivas, que permite plantear opciones de desarrollo que sean compatibles con la preservación del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales. A lo largo de las dos últimas décadas ha logrado constituirse en una de las herramientas esenciales para prevenir, mitigar y restaurar los daños al medio ambiente y a los recursos renovables del país y ha evolucionado con el propósito de garantizar un enfoque preventivo que ofrezca certeza pública acerca de la viabilidad ambiental de diversos proyectos de desarrollo (INE, 2000).

En este apartado se describe la metodología empleada para la determinación y cuantificación de los impactos ambientales inherentes a este estudio. Se empleó primeramente una lista de chequeo para identificar los efectos potenciales (positivo+, negativo-) que puede generar el proyecto en conjunto con la matriz de Leopold modificada para determinar el grado de impacto de las actividades que se realizarán en el proyecto. A continuación se empleó el método de Identificación de la Importancia de Impactos Ambientales para la cuantificación de los mismos.

El Método de Leopold consiste en elaborar una matriz en donde se representan en las columnas las principales acciones derivadas de la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas y en los renglones los diferentes factores ambientales vulnerables al desarrollo del proyecto. Como resultado de este proceso, se logran identificar las actividades contempladas en el proyecto que causan mayor impacto sobre los indicadores ambientales. De esta forma, se puede obtener aquellos indicadores que recibirán un mayor impacto durante la implementación del proyecto, a fin de establecer medidas y acciones que conlleven a la reducción o eliminación de los mismos. El análisis de las interacciones entre las actividades del proyecto y los factores ambientales que pudieran ser impactados, dará como resultado la

identificación de los impactos ambientales, los mismos que serán evaluados señalando aquellos que tuvieron mayor magnitud.

Por otra parte, el Método de la Importancia de los Impactos Ambientales consiste en la caracterización cuantitativa de los impactos ambientales generados, de acuerdo a su naturaleza, intensidad, extensión, momento en que se manifiesta el impacto, persistencia del impacto, capacidad de recuperación del medio y capacidad de mitigación del impacto (Tabla V.4.).

### V.1.1 Indicadores de impacto

Para poder identificar los impactos potenciales referentes al proyecto, se describen en la Tabla V.1. las acciones realizadas en cada etapa del mismo.

**Tabla V.1.** Acciones realizadas por etapa del proyecto.

| <b>Etapa del proyecto</b> | <b>Acciones realizadas</b>                                                                                           |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación del sitio     | Limpieza del sitio<br>Trazo de los sitios de perforación<br>Ubicación del equipo de perforación                      |
| Construcción              | Apertura de pozos<br>Instalación hidráulica<br>Instalación de módulos de ósmosis                                     |
| Operación                 | Extracción de agua subterránea<br>Disposición de agua tratada y agua de rechazo en pozos de inyección                |
| Mantenimiento             | Mantenimiento de módulos de potabilización<br>Mantenimiento de pozos de extracción y descarga<br>Limpieza de filtros |
| Abandono                  | No se considera la etapa de abandono en este proyecto                                                                |

A continuación se enlistan los impactos que se identificaron en las acciones correspondientes a cada etapa del proyecto, señalando aquellos que puedan generar desequilibrios ecológicos en algún factor ambiental.

### V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto

Los indicadores de impactos ambientales seleccionados se consideran como los componentes del sistema ambiental, los cuales se identifican en la tabla V.2.

**Tabla V.2.** Factores ambientales y componentes ambientales.

| <b>Factores Ambientales</b>     | <b>Variable</b>      | <b>Componentes Ambientales</b>  |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Condiciones biológicas          | Fauna                | Especies de fauna               |
|                                 |                      | Especies de fauna en peligro    |
|                                 | Flora                | Cobertura vegetal               |
|                                 |                      | Especies de flora en peligro    |
| Condiciones físicas             | Aire                 | Calidad del aire                |
|                                 |                      | Ruido                           |
|                                 | Suelo                | Erosión del suelo               |
| Composición                     |                      |                                 |
|                                 | Agua                 | Calidad del agua                |
|                                 |                      | Disponibilidad                  |
| Medio perceptual                | Paisaje              | Calidad visual                  |
| Medio socioeconómico y cultural | Población y economía | Captación de mano de obra local |
|                                 |                      | Economía local                  |

Las principales actividades del proyecto susceptibles de causar impactos sobre los diversos componentes del sistema ambiental se indican en la siguiente tabla (Tabla V.3.):

**Tabla V.3.** Impactos generados por etapa.

| <b>ETAPA</b>                                                                                                                        | <b>IMPACTO GENERADO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Preparación</b>                                                                                                                  | Eliminación de la cobertura vegetal                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Actividades previas a la perforación de pozos e instalación de los módulos                                                          | Ahuyentamiento de fauna y pérdida de hábitat<br>Generación de ruidos<br>Emisión de polvos y partículas a la atmósfera<br>Modificación de las características físicas del suelo<br>Generación de residuos sólidos no peligrosos<br>Generación de aguas residuales<br>Generación de empleos<br>Modificación del paisaje |
| <b>Construcción</b>                                                                                                                 | Generación de ruidos                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Instalación de los módulos (incluyendo electricidad y drenaje); perforación de pozos e instalación de tuberías de conducción        | Emisión de polvos y partículas a la atmósfera<br>Modificación de las características físicas del suelo<br>Generación de residuos sólidos no peligrosos<br>Generación de aguas residuales<br>Generación de empleos<br>Modificación del paisaje                                                                         |
| <b>Operación y mantenimiento</b>                                                                                                    | Generación de residuos sólidos no peligrosos                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Actividades propias del funcionamiento y actividades necesarias preventivas y correctivas para el funcionamiento óptimo del sistema | Afectación de la calidad del agua subterránea por la inyección del agua tratada a pozos de absorción y del agua de rechazo del proceso de ósmosis<br>Afectación en la disponibilidad del agua subterránea por el proceso de potabilización<br>Generación de empleos                                                   |
| <b>Abandono</b>                                                                                                                     | No se considera la etapa de abandono                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## V.1.3 Criterios y metodologías de evaluación

### V.1.3.1 Criterios

La evaluación de los impactos ambientales potenciales con el método de la Matriz de Leopold Modificada se realizó considerando dos criterios:

1. El carácter del impacto. Los impactos de un proyecto pueden ser de carácter positivo (+):benéfico o negativo(-):perjudicial.
2. La magnitud de los impactos ambientales. Se asignaron valores a los elementos a calificar, según la magnitud de los mismos.

| Magnitud | Valor |
|----------|-------|
| Muy bajo | 1     |
| Bajo     | 3     |
| Moderado | 5     |
| Alto     | 7     |
| Muy alto | 10    |

Para la evaluación por el Método de la Importancia de los Impactos Ambientales se consideró cada impacto de acuerdo a su naturaleza, intensidad, extensión, momento en que se manifiesta el impacto, persistencia del impacto, capacidad de recuperación del medio y capacidad de mitigación del impacto (Tabla V.4.).

**Tabla V.4.** Criterios de evaluación de impactos.

| Criterio           | Clase    | Definición                                                           | Valor |
|--------------------|----------|----------------------------------------------------------------------|-------|
| Naturaleza<br>(N)  | Positivo | El impacto es benéfico para el ambiente                              | (+)   |
|                    | Negativo | El impacto es perjudicial                                            | (-)   |
| Intensidad<br>(In) | Mínimo   | La magnitud del impacto no es significativa para el factor ambiental | 1     |
|                    | Medio    | La magnitud del impacto es considerable para el factor ambiental     | 3     |
|                    | Notable  | La magnitud del impacto es relevante para el factor ambiental        | 5     |
| Extensión          | Puntal   | El impacto se concentra en un lugar donde se genera                  | 1     |

|                                     |              |                                                                        |   |
|-------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------|---|
| (E)                                 | Parcial      | El impacto se extiende levemente del punto donde se genera             | 3 |
|                                     | Extremo      | El impacto se extiende considerablemente del punto donde se genera     | 5 |
|                                     | Total        | El impacto se extiende en gran parte del ecosistema donde se genera    | 7 |
| Momento<br>(M)                      | Inmediato    | El impacto se genera en el momento de la acción                        | 1 |
|                                     | Latente      | El impacto se generará tiempo después de terminar la acción            | 3 |
| Persistencia<br>(P)                 | Instantáneo  | El impacto desaparece al poco tiempo de haberse generado               | 1 |
|                                     | Temporal     | El impacto se mantiene un tiempo considerable en el ambiente           | 3 |
|                                     | Permanente   | El impacto permanecerá mucho tiempo en el ambiente                     | 5 |
| Capacidad de<br>recuperación<br>(R) | Reversible   | El impacto permitirá una recuperación del medio a través del tiempo    | 1 |
|                                     | Irreversible | El impacto no permitirá una recuperación del medio a través del tiempo | 5 |
| Capacidad de<br>mitigación<br>(Mi)  | Mitigable    | El impacto puede mitigarse por medio de medidas correctivas            | 1 |
|                                     | No mitigable | El impacto no puede mitigarse por medio de medidas correctivas         | 5 |

La fórmula para el cálculo de la importancia de los impactos es:

$$\text{Importancia (I)} = N(\text{In} + \text{E} + \text{M} + \text{P} + \text{R} + \text{Mi})$$

De acuerdo a lo anterior, la importancia se encontrará en el rango de 6 a 30. Los impactos con valores de importancia menor e igual a 12 se consideran leves. Los impactos moderados presentan una importancia entre 13 y 18; se calificarán como severos cuando la importancia se encuentre entre 19 y 24, y críticos cuando el valor sea superior a 25 (Tabla V.5).

**Tabla V.5.** Nivel de importancia del impacto de acuerdo a la puntuación.

| <b>Puntuación</b> | <b>Nivel de importancia del impacto</b> |
|-------------------|-----------------------------------------|
| 6-12              | Leve                                    |
| 13-18             | Moderado                                |
| 19-24             | Severo                                  |
| 25-30             | Crítico                                 |

### **V.1.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada**

A continuación se presentan las metodologías seleccionadas para la evaluación de impactos para el proyecto en cuestión. Se escogieron las metodologías mencionadas por ser compatibles con la naturaleza del proyecto, debido a que permiten observar los impactos que se producirán por cada actividad realizada en los diferentes medios y sistemas, destacando el efecto potencial de la descarga del agua de rechazo y de la potabilización del agua de la zona. Con esta información es posible establecer medidas de mitigación o compensación de los efectos que pudieran ser adversos para el medio ambiente, así como realizar las actividades apegadas a la normatividad y cuidar principalmente el recurso hídrico de la región.

### **V.1.4. Valoración de los impactos ambientales**

Una vez seleccionadas las actividades que podrían impactar al medio ambiente y los factores ambientales que pueden ser impactados se confecciona la Matriz de Leopold (Tabla V.6), en cuyo análisis se establece la limpieza del sitio como la actividad generadora del mayor impacto perjudicial, con una magnitud de 20; mientras que la actividad de mayor impacto benéfico será la instalación de las plantas, con una magnitud de 2. Por su parte, el factor ambiental que recibirá el mayor impacto perjudicial con la ejecución del proyecto será la erosión del suelo con una magnitud de 7, mientras que el que recibirá un mayor impacto positivo será la captación de mano de obra local y la economía local, con una magnitud de 8.

**Tabla V.6.** Matriz de Leopold Modificada. Magnitud 1:Muy Bajo, 3: Bajo, 5:Moderado, 7:Alto y 10:Muy Alto. Carácter (+):Benéfico, (-):Perjudicial.

| Actividades                     |                      |                                 | Preparación        |                                    |                                     | Construcción      |                           |                                   | Operación y mantenimiento      |                                         |                                  | TOTAL |
|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|-------|
|                                 |                      |                                 | Limpieza del sitio | Trazo de los sitios de perforación | Ubicación del equipo de perforación | Apertura de pozos | Instalaciones hidráulicas | Instalación de módulos de ósmosis | Extracción de agua subterránea | Disposición de agua de rechazo en pozos | Mantenimiento de módulos y pozos |       |
| Condiciones biológicas          | Fauna                | Especies de fauna               | -5                 |                                    |                                     |                   |                           |                                   |                                |                                         |                                  | -5    |
|                                 |                      | Especies en peligro             |                    |                                    |                                     |                   |                           |                                   |                                |                                         |                                  | 0     |
|                                 | Flora                | Cobertura vegetal               | -5                 |                                    |                                     |                   |                           |                                   |                                |                                         |                                  | -5    |
|                                 |                      | Especies en peligro             |                    |                                    |                                     |                   |                           |                                   |                                |                                         |                                  | 0     |
| Condiciones físicas             | Aire                 | Calidad                         | -1                 | -1                                 | -1                                  | -1                |                           |                                   |                                |                                         |                                  | -4    |
|                                 |                      | Ruido                           | -1                 | -1                                 | -1                                  | -1                |                           |                                   |                                |                                         |                                  | -4    |
|                                 | Suelo                | Erosión                         | -7                 |                                    |                                     |                   |                           |                                   |                                |                                         |                                  | -7    |
|                                 |                      | Cambios en la composición       |                    |                                    |                                     | -5                |                           |                                   |                                |                                         |                                  | -5    |
|                                 | Agua                 | Calidad                         |                    |                                    |                                     | -1                |                           |                                   | -1                             | -1                                      |                                  | -3    |
|                                 |                      | Disponibilidad                  |                    |                                    |                                     |                   |                           |                                   | -1                             |                                         |                                  | -1    |
| Medio perceptual                | Paisaje              | Calidad visual                  | -3                 |                                    |                                     | -3                |                           |                                   |                                |                                         |                                  | -6    |
| Medio socioeconómico y cultural | Población y economía | Captación de mano de obra local | +1                 | +1                                 | +1                                  | +1                | +1                        | +1                                | +1                             | +1                                      |                                  | +8    |
|                                 |                      | Economía local                  | +1                 | +1                                 | +1                                  | +1                | +1                        | +1                                | +1                             | +1                                      | +1                               |       |
| <b>TOTAL</b>                    |                      |                                 | -20                | 0                                  | 0                                   | -9                | +2                        | +2                                | +1                             | -1                                      | +1                               | -24   |

La importancia de los impactos ambientales se obtiene mediante la sumatoria de los valores de los criterios de naturaleza, intensidad, extensión, momento en que se

manifiesta el impacto, persistencia del impacto, capacidad de recuperación del medio y capacidad de mitigación del impacto. La descripción de los impactos generados durante las etapas de desarrollo del proyecto y su valoración, se presenta a continuación:

**Tabla V.7.** Valoración de los impactos del proyecto por etapa de operación. P: Preparación del sitio, C: Construcción, O: Operación y mantenimiento.

| Impacto generado                                                                                                                                            | Factor modificado    | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Etapa |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|---|
|                                                                                                                                                             |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | P     | C | O |
| 1. Eliminación de la cobertura vegetal                                                                                                                      | Suelo                | Este impacto será generado únicamente en la etapa de limpieza del sitio, durante las actividades de desmonte y despalme (preparación). Se realizará de forma manual, sin embargo el área destinada para la instalación se seleccionó estratégicamente en un área principalmente desprovista de vegetación y se mantendrá la vegetación circundante.                                                                                                                                                  | X     |   |   |
| <b>Valoración:</b> $I = -(3 + 1 + 1 + 5 + 5 + 1) = -16$<br><b>Se considera negativo, medio, puntual, inmediato, permanente, irreversible y mitigable.</b>   |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |   |   |
| 2. Ahuyentamiento de la fauna y pérdida de hábitat                                                                                                          | Componente biológico | El ruido ocasionado por los trabajadores para la preparación del sitio, así como la presencia humana en el sitio de estudio, traerán consigo el ahuyentamiento de la fauna a las áreas aledañas. Algunas especies animales regresarán a la zona una vez finalizada la etapa de construcción. Por su parte, también se produce la pérdida de hábitat a consecuencia del desmonte. Sin embargo, se pretende llevar a cabo una reforestación del sitio, de manera que la fauna podrá retornar al mismo. | X     | X | X |
| <b>Valoración:</b> $I = -(3 + 1 + 1 + 3 + 1 + 1) = -10$<br><b>Este es un impacto negativo, medio, puntual, inmediato, temporal, reversible y mitigable.</b> |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |   |   |
| 3. Emisión de polvos y/o                                                                                                                                    | Aire                 | La utilización de vehículos, maquinaria y equipos, así como la manipulación del material constructivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | X     | X |   |

partículas a la atmósfera producirán polvos y emisiones de partículas a la atmósfera. Dichas concentraciones serán mínimas y sólo durante las horas de trabajo.

**Valoración:**  $I = -(1 + 3 + 1 + 3 + 1 + 1) = -10$

**Se califica este impacto como negativo, mínimo, parcial, inmediato, temporal, reversible y mitigable.**

|                        |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |
|------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 4. Generación de ruido | Aire | Este impacto será generado durante las etapas de preparación, así como por las actividades asociadas al proceso de instalación, resultado de la presencia de trabajadores y la operación del equipo para la ejecución de las actividades correspondientes. Los ruidos generados no rebasarán los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad vigente en materia. | X | X | X |
|------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|

**Valoración:**  $I = -(1 + 3 + 1 + 3 + 1 + 1) = -10$

**Se considera un impacto negativo, mínimo, parcial, inmediato, temporal, reversible y mitigable.**

|                                                  |       |                                                                                                                                                                                          |   |   |  |
|--------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|
| 5. Modificación de las características del suelo | Suelo | El suelo sufrirá cambios en su estructura a consecuencia de la perforación y la introducción de tuberías, cemento y materiales complementarios requeridos para la construcción de pozos. | X | X |  |
|--------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|--|

**Valoración:**  $I = -(3 + 1 + 1 + 5 + 5 + 1) = -16$

**Es un impacto negativo, medio, puntual, inmediato, permanente, irreversible y mitigable.**

|                             |         |                                                                                                                                                                                |   |   |   |
|-----------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 6. Modificación del paisaje | Paisaje | El paisaje se verá transformado por la introducción de la planta de tratamiento. Sin embargo, no se rompe la armonía del lugar debido a que se encuentra en una zona apartada. | X | X | X |
|-----------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|

**Valoración:**  $I = -(1 + 1 + 1 + 5 + 5 + 1) = -14$

**Este impacto se considera negativo, mínimo, puntual, inmediato, permanente, irreversible y mitigable.**

|                                      |      |                                                                                                      |  |  |   |
|--------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---|
| 7. Afectación en la calidad del agua | Agua | Este impacto se considera negativo, sin embargo, se contribuirá con la recarga del acuífero de forma |  |  | X |
|--------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|---|

subterránea permanente, compensando el equilibrio del sistema debido a la extracción. Se considera de mínima intensidad porque el agua de rechazo del proceso de ósmosis aunque posee mayor salinidad debido al factor concentración a comparación del agua extraída, no se introducirán otros elementos contaminantes o que alteren el equilibrio y por el efecto de dilución esta concentración se verá minimizada y la pluma se diluirá restableciendo así el equilibrio homeostático del sistema. Por otro lado, se monitoreará según la norma el agua tratada de la PTAR para asegurar que antes de la descarga cumpla con la normatividad correspondiente.

**Valoración:**  $I = -(1 + 1 + 1 + 3 + 1 + 1) = -8$

**Este impacto se considera negativo, mínimo, puntual, inmediato, temporal, reversible y mitigable.**

|                                                         |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |
|---------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 8. Afectación en la disponibilidad del agua subterránea | Agua | Se extraerá agua para la potabilización, sin embargo el acuífero tiene una alta capacidad de aporte. Sólo se afectará la superficie que ocupa el área de los pozos y las zonas colindantes y de acuerdo a los periodos necesarios para abastecer la cantidad de agua requerida por día. | X |
|---------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

**Valoración:**  $I = -(1 + 1 + 1 + 3 + 1 + 1) = -8$

**Este impacto se considera negativo, mínimo, puntual, inmediato, temporal, reversible y mitigable.**

|                                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 9. Generación de residuos sólidos no peligrosos | Agua<br>Suelo<br>Aire | Se producirán residuos sólidos no peligrosos durante todas las etapas del proyecto, los cuales estarán constituidos por desechos provenientes de empaques, envolturas y demás, así como por material constructivo. Por su parte, los lodos secos que se produzcan por la operación de la PTAR serán trasladados por empresas autorizadas para este fin. | X X X |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

**Valoración:**  $I = - (1 + 1 + 1 + 3 + 1 + 1) = -8$

**Este impacto se califica como negativo, mínimo, puntual, inmediato, temporal, reversible y mitigable.**

|                                    |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |   |   |
|------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 10. Generación de aguas residuales | Agua | Durante todas las etapas de desarrollo del proyecto serán producidas aguas residuales. Las aguas residuales provenientes de las necesidades fisiológicas serán almacenadas temporalmente en los baños portátiles durante el proceso constructivo y el mantenimiento de éstos será responsabilidad de la empresa contratada. En la etapa de operación, serán dispuestas en una fosa séptica. | X | X | X |
|------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|

**Valoración:**  $I = - (1 + 1 + 1 + 3 + 1 + 1) = -8$

**Es un impacto negativo, mínimo, puntual, inmediato, temporal, reversible y mitigable.**

|                           |                |                                                                                                                                                                                                              |   |   |   |
|---------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 11. Generación de empleos | Socioeconómico | Se generarán empleos temporales y permanentes por las personas que trabajarán en las etapas de preparación y construcción de la obra, así como del personal contratado para darle mantenimiento a las casas. | X | X | X |
|---------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|

**Valoración:**  $I = + (3 + 1 + 1 + 3 + 1 + 1) = +10$

**Se califica este impacto como positivo, medio, puntual, inmediato, temporal y reversible.**

**Valoración:**

En la tabla V.6 se muestra la calificación de importancia de cada impacto y el nivel de impacto asociado a éste.

**Tabla V.6.** Nivel de importancia de los impactos generados del proyecto.

| Impacto Generado                                   | Importancia | Nivel del impacto |
|----------------------------------------------------|-------------|-------------------|
| 1. Eliminación de la cobertura vegetal             | -16         | Moderado          |
| 2. Ahuyentamiento de la fauna y pérdida de hábitat | -10         | Leve              |
| 3. Emisión de polvos y/o partículas a la atmósfera | -10         | Leve              |
| 4. Generación de ruido                             | -10         | Leve              |

| <b>Impacto Generado</b>                          | <b>Importancia</b> | <b>Nivel del impacto</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| 5. Modificación de las características del suelo | -16                | Moderado                 |
| 6. Modificación del paisaje                      | -14                | Moderado                 |
| 7. Afectación en la calidad del agua             | -8                 | Leve                     |
| 8. Afectación en la disponibilidad del agua      | -8                 | Leve                     |
| 9. Generación de residuos sólidos no peligrosos  | -8                 | Leve                     |
| 10. Generación de aguas residuales               | -8                 | Leve                     |
| 11. Generación de empleos                        | +10                | Leve                     |

De acuerdo a la valoración anterior, el impacto negativo de mayor importancia será la eliminación de cobertura vegetal y la modificación de las características del suelo, seguidos de la modificación del paisaje. Los impactos anteriores se verán minimizados con la aplicación de las medidas de mitigación señaladas en el capítulo VI. Asimismo, el impacto positivo de mayor importancia será la generación de empleos.

Es importante recalcar que la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales y la planta de ósmosis inversa para la potabilización de agua a pesar de tener efectos negativos para el sitio (impactos en la vegetación y el suelo principalmente para la PTAR y afectación en la disponibilidad y calidad del agua para la planta de OI) al mismo tiempo presentan impactos positivos al ambiente porque las aguas descargadas cumplirán con la norma correspondiente y por tanto no romperán con el equilibrio del acuífero y las aguas de rechazo de ósmosis inversa descargadas presentarán una salinidad menor o igual al agua extraída, según los cálculos para el diseño de ambas plantas, manteniendo así la homeostasis. No obstante, las aguas de descarga serán monitoreadas permanentemente para vigilar el correcto funcionamiento de las mismas.

## **VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

### **VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental**

En el presente capítulo se describirán las medidas de prevención y mitigación propuestas para cada uno de los impactos ambientales negativos identificados en el capítulo V, desglosándolos por componente ambiental y considerando que las medidas de prevención y mitigación serán dirigidas hacia los agentes causales de impacto con el objeto único de orientar acciones hacia el medio receptor para incrementar su homeostasis y resiliencia o bien para disminuir los efectos de la intervención una vez producidos (Gómez Orea, 2003).

Las medidas a aplicar dependerán de su carácter e importancia en relación con el impacto y se pueden definir de la siguiente manera:

**Medidas preventivas (P):** Conjunto de actividades o disposiciones anticipadas, para suprimir o eliminar los impactos negativos que pudieran causarse hacia un determinado recurso o atributo ambiental.

**Medidas de mitigación (M):** Conjunto de acciones propuestas para reducir o atenuar los impactos ambientales negativos.

En la Tabla VI.1. se presentan las acciones a implementar para cada impacto generado en el proyecto.

**Tabla VI.1.** Identificación y descripción de medidas preventivas y de mitigación para los impactos generados en la Construcción, O: Operación y mantenimiento.

| Impacto Generado                                    | Medida Preventiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Medida de Mitigación                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eliminación de la cobertura vegetal</b>          | <p>*Despalmar y desmontar sólo la superficie necesaria para ser ocupada por el proyecto sin extenderse de los límites.</p> <p>*Mantener las condiciones naturales del área de conservación.</p> <p>*No usar el fuego como técnica de desmonte.</p>                                                                                                                                                                      | <p>*Reforestar únicamente con especies nativas en áreas verdes.</p> <p>*Dar mantenimiento adecuado a las áreas verdes durante la etapa de operación.</p>                                                                                                |
| <b>Ahuyentamiento de fauna y pérdida de hábitat</b> | <p>*Evitar la caza de animales en caso de avistamiento.</p> <p>*No realizar el despalme de forma invasiva, de modo que se permita la migración paulatina de especies. Se propone que antes de iniciar las labores de desmonte y despalme, los trabajadores recorran el predio con el fin de que la presencia humana ahuyente a la fauna, y posteriormente el avance sea progresivo, de modo que les permita migrar.</p> | <p>*En la etapa de operación la fauna podrá ser ahuyentada de terrenos y zonas verdes.</p> <p>*Dar mantenimiento constante a las áreas verdes para propiciar un nuevo hábitat para la fauna nativa, y también evitará la presencia de fauna nociva.</p> |

| Impacto Generado                                              | Medida Preventiva                                                                                                                                                                 | Medida de Mitigación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Emisión de polvos y/o partículas a la atmósfera</b></p> | <p>*Impedir la quema de vegetación o residuos sólidos a los trabajadores.</p> <p>*Dar mantenimiento a vehículos y/o maquinaria para evitar la emisión de gases de combustión.</p> | <p>*Humedecer el suelo ya desprovisto de vegetación a fin de evitar el escape de partículas de polvo.</p> <p>*Cubrir con lonas los vehículos de transporte y materiales para evitar la dispersión de partículas.</p> <p>*Las empresas contratistas deberán mantener el óptimo estado de operación del equipo, asegurando que cumplan con los límites permisibles establecidos en las Normas Mexicanas correspondientes. No se permitirá la reparación en el área del proyecto.</p> |
| <p><b>Generación de ruido</b></p>                             | <p>*Trabajar en las etapas de preparación y construcción, únicamente en horarios laborales.</p>                                                                                   | <p>*Dar mantenimiento a los equipos para reducir los niveles de ruidos a generar.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| Impacto Generado                                     | Medida Preventiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Medida de Mitigación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Modificación de las características del suelo</b> | <p>*No usar herbicidas o agroquímicos para evitar la contaminación del suelo.</p> <p>*Para evitar la erosión, desmontar secuencialmente usando solo las áreas necesarias para el desarrollo.</p> <p>*Colocar baños portátiles para uso del personal.</p> <p>*No se realizará ningún mantenimiento ni limpieza de maquinaria en la zona para evitar la manipulación y derrames de aceites.</p> <p>*Aplicar estrictamente la NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.</p> | <p>*Recolectar los residuos sólidos generados en las etapas del proyecto y depositarlos en contenedores identificados.</p> <p>*Reforestar y mantener áreas verdes.</p> <p>*Aplicar estrictamente la NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.</p> <p>*Intrusión de bentonita al momento de perforación de pozos.</p> <p>*La introducción del ademe de PVC durante el proceso erosivo y deslave del suelo para evitar el colapso y obstrucción de la perforación.</p> |
| <b>Modificación del paisaje</b>                      | <p>*Utilizar materiales propios de la región para evitar un contraste drástico.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>*El desarrollo de áreas verdes y el mantenimiento respectivo generarán un efecto positivo en el paisaje del lugar.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Afectación en la calidad del agua</b>             | <p>*Prohibición de sustancias corrosivas, reactivas, tóxicas o biológico infecciosas en las áreas de</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>*Realizar monitoreo periódico en la zona de agua de rechazo para asegurar</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| Impacto Generado   | Medida Preventiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Medida de Mitigación                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>subterránea</b> | <p>potabilización de agua por ósmosis.</p> <p>*Control de sustancias en la zona de operación de la POI para eliminar la posibilidad de cualquier derrame al pozo profundo.</p> <p>*Aplicar estrictamente la NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.</p> <p>*Realizar el mantenimiento de los pozos en estricto apego a la NOM-004-CNA-1996, "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".</p> <p>*Realizar mantenimiento oportuno a la PTAR Y POI para asegurar un funcionamiento óptimo. Estará a cargo de empresas autorizadas para este fin e incluirá la limpieza de filtros.</p> | <p>funcionamiento del sistema así como evitar la presencia de elementos contaminantes.</p> <p>*Los residuos generados durante la perforación deberán ser retirados del trabajo y se dispondrán en lugares autorizados para este fin.</p> |

| Impacto Generado                                                   | Medida Preventiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Medida de Mitigación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Afectación en la disponibilidad del agua subterránea</b></p> | <p>*El volumen de agua a extraer se calcula tomando en cuenta los requerimientos diarios del complejo hotelero.</p>                                                                                                                                                                                                | <p>*La extracción del agua se hará intermitentes y se recargará el sistema de rechazo que corresponde a más volumen extraído y vigilando el cumplimiento de la norma correspondiente.</p>                                                                                                                                                          |
| <p><b>Generación de residuos sólidos no peligrosos</b></p>         | <p>*No quemar ningún material o resto de basura.<br/>*Generar la menor cantidad posible de residuos.<br/>*Capacitar al personal para el manejo adecuado de los residuos sólidos.</p>                                                                                                                               | <p>*Depositar los residuos sólidos generados por el personal y habitantes en contenedores identificados y tapados, los cuales se ubicarán en sitios estratégicos.<br/>*Almacenar los residuos de la construcción, escombros y materiales de desperdicio en contenedores trasladados al sitio de disposición final de las empresas autorizadas.</p> |
| <p><b>Generación de aguas residuales</b></p>                       | <p>*Colocar baños portátiles para uso del personal durante las etapas de preparación y construcción.<br/>*Instalar equipos eficientes de tratamiento de aguas residuales; en este caso una fosa séptica.<br/>*Capacitar al personal de la construcción sobre el uso racional del agua. De igual forma tener la</p> | <p>*Operar y mantener en buen estado la</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

---

| Impacto Generado                    | Medida Preventiva                                                                                                                                                                                                                                                      | Medida de Mitigación                                                   |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                                     | <p>misma consideración durante la etapa de operación.</p> <p>*Mantener adecuadamente las instalaciones hidráulicas a fin de evitar fugas de agua.</p> <p>*Realizar mantenimiento preventivo a la PTAR Y POI a través de empresas autorizadas para dicho propósito.</p> |                                                                        |
| <p><b>Generación de empleos</b></p> |                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>Impacto positivo. Emplear personas de las localidades cercanas.</p> |

---

## **VI.2 Impactos residuales**

Se entiende por impacto residual al efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación, por lo que se considera que estos impactos son los que realmente indican el impacto final de un determinado proyecto.

En este sentido, se identificó un impacto residual como resultado de la ejecución del proyecto para la implementación del sistema de potabilización por ósmosis inversa y sistema de tratamiento de aguas residuales del desarrollo hotelero PAPAYA PLAYA PROJECT, que consiste en la perforación de los pozos, ya que es un impacto permanente. Al concluir el proceso constructivo de perforación de los pozos, la maquinaria será retirada del sitio, al igual que todos los materiales y sobrantes que pudieran quedar, recuperando las condiciones estéticas iniciales del lugar. El pozo de rechazo del proceso de la ósmosis inversa quedará a ras del suelo y será confinado mediante la construcción de un registro de cemento, minimizando la construcción y permitiendo retomar las condiciones paisajísticas del sitio. El pozo de descarga contará con un registro y será tapado mediante una losa de concreto desmontable, la cual servirá para las actividades de inspección y mantenimiento que se puedan requerir.

El abastecimiento de agua del Hotel PAPAYA PLAYA PROJECT a partir de un pozo profundo de agua salobre permitirá disminuir los volúmenes consumidos del agua de la región (Tulum, Quintana Roo), lo que generará una mayor disponibilidad de agua para el abastecimiento de otras colonias y lugares que carecen de este servicio.

Al garantizar la calidad del agua que será descargada proveniente de la planta de ósmosis inversa al acuífero se desvanecerá cualquier impacto residual que se pudiera generar, lo cual se demostrará mediante la toma de muestras que serán analizadas por un laboratorio certificado para este tipo de pruebas, demostrando de esta forma la eficiencia del sistema.

De igual manera, la modificación del paisaje también puede calificarse como un impacto residual, debido a la permanencia durante toda la vida útil de la infraestructura; aunque el entorno es totalmente compatible con la naturaleza del proyecto y no se romperá con la armonía del medio.

## **VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.**

### **VII.1 Pronóstico del escenario**

Se anticipa que el proyecto "Dotación de infraestructura para el tratamiento de aguas de PAPAYA PLAYA PROJECT" contribuye al buen manejo de las aguas residuales del resort consolidando el destino turístico como amigable con el ambiente siguiendo la tendencia de desarrollo de bajo impacto.

El escenario final que se observa con respecto al proyecto es un paisaje armónico entre las actividades humanas y una relación con el medio ambiente. La fauna no se verá afectada en su tránsito por el área del proyecto. Los animales silvestres podrán establecer sus áreas de percha, anidación y alimentación en las áreas circundantes al proyecto, ya que la vegetación se mantendrá prácticamente intacta y se reforestarán las ya existentes áreas verdes.

El desarrollo del proyecto no introduce cambios en la composición, distribución o riqueza de especies, ni siquiera de aquellas incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y tampoco pone en riesgo la integralidad, características, funciones y capacidades de los distintos tipos de vegetación presentes en la zona de estudio.

### **VII.2 Programa de Vigilancia Ambiental**

Este programa ambiental tiene por objetivo llevar a cabo la vigilancia a las medidas de mitigación propuestas para el proyecto, para cada una de las etapas del cual consiste: preparación del sitio, construcción y operación.

En todo momento se deberá observar que los vehículos y maquinaria que laboren durante la totalidad de la obra, se encuentren en perfecto estado. De sufrir algún

desperfecto, toda reparación o mantenimiento se les efectuará fuera de las instalaciones, en lugares autorizados para este fin.

Para la etapa de Operación y Mantenimiento, recaerá bajo la responsabilidad de la gerencia y del personal del resort efectuar las medidas de mitigación dadas.

Se tendrá especial cuidado al verificar puntualmente estos rubros:

1. Elaboración de una bitácora de mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales
2. Mantenimiento de la infraestructura para un buen funcionamiento de la planta.
3. Se tendrá cuidado y se colocaran bordes para evitar que los animales tengan algún percance dentro del área del proyecto.
4. Se vigilará el sitio para evitar filtraciones.
6. Se reforestará a los alrededores como medida de compensación por la realización del proyecto.

### **VII.3 Conclusiones**

La implementación del proyecto traerá consigo una gran cantidad de beneficios, por ejemplo los costos de operación se verán disminuidos a mediano plazo, lo cual se traduce en una ventaja económica. Asimismo, y en un sentido ambiental y social, también se contribuirá a evitar el riesgo de tráfico, la contaminación por el escape de las pipas que aún proveen el servicio, el ruido y las maniobras que pudieran ser perjudiciales para los huéspedes, entre otros.

Los trabajos de construcción, operación y mantenimiento son actividades ambientalmente compatibles con el área en donde se pretende desarrollar el proyecto, toda vez que se diseñó acorde a los lineamientos establecidos en la legislación ambiental vigente aplicable.

Partiendo de la propuesta elegida se valoraron los impactos potenciales y se determinaron conforme sus características, para los que deben adoptarse medidas preventivas, correctoras y compensatorias, así como la compensación parcial por los impactos positivos, justificados por los beneficios sociales, económicos y territoriales en el que se integra el proyecto.

Los objetivos principales del presente proyecto son: 1) mejorar la experiencia del huésped, y el posicionamiento del complejo hotelero, 2) producir y preservar agua y energía, y 3) reducir al mínimo la huella ecológica en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Por lo anterior, se considera que el proyecto es social y ambientalmente viable.

## VIII. LITERATURA CONSULTADA

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación 30 de mayo de 2000.

Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio Benito Juárez. 2003. Caracterización Ambiental del Municipio Benito Juárez. H. Ayuntamiento Benito Juárez 2002-2005. Dirección General de Ecología. 238 p.

Programa de Manejo Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, México.

Plan Estatal de Desarrollo 2005 – 2011 Quintana Roo.

Páginas de Internet consultadas:

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Diario Oficial de la Federación 29 de diciembre de 1976.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación 28 de enero de 1988.

Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación 3 de julio de 2000.

Ley Federal del Mar. Diario Oficial de la Federación 8 de enero de 1986.

Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado de Quintana Roo. Diario Oficial de la Federación 29 de junio de 2001

INEGI. 2005. XII Censo General de Población y Vivienda 2000, y II Conteo de Población y Vivienda.

<http://www.cna.gob.mx/conagua/Default.aspx>

H. Ayuntamiento de Solidaridad. 2008. Carpeta informativa básica del Municipio de Solidaridad. Playa del Carmen, Solidaridad, Quintana Roo. 25 p.

Guía para la presentación de la manifestación de impacto ambiental del sector TURÍSTICO, Modalidad: particular

García E., 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ta. Edición. 220 p. SPP, 1981. Carta de Precipitación Total Anual, Carta de

Temperaturas Medias Anuales, Carta Edafológica, Carta de Climas, Carta de Uso del suelo y Vegetación. Escala 1:1,000,000. Clave: Mérida.

Flores S. y Espejel I. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán, Universidad Autónoma de Yucatán.

Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Quintana Roo. Tulum.

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM23quintanaroo/municipios/23009a.html>

Durán R; Dorantes A; Simá P. y Méndez M. 2000. Manual de propagación de plantas nativas de la península de Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Durán R; Campos G; Trejo J; Simá P; May F. y Qui M. 2000. Listado Florístico de la Península de Yucatán, PNUD, CICY Y FMAM.

Conteo de población y vivienda. 2010. INEGI.

Conteo de población y vivienda. 2005. INEGI.

CONANP, 2007. Programa de Conservación y Manejo. Parque Nacional Tulum. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/PCM%20Tulum%20Final%20copia%20a%20pagina.pdf>

Comisión Nacional del Agua. Registros pluviométricos mensuales y anuales.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2007). Programa de Conservación y Manejo. Parque Nacional Tulúm. México. 99 p.

Chan C; Rico V. y Flores S. 2002. Guía ilustrada de la flora costera representativa de la península de Yucatán, Edición Especial Fascículo 19, Universidad Autónoma de Yucatán, CONACYT, Instituto de Ecología, Secretaría de Ecología, Yucatán.

Biblioteca virtual del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, disponible en: <http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/resultados.php>

Arellano A; Flores S; Tun J. y Cruz, M. 2003. Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense* 20: 1-815.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo de Población y Vivienda, México, 2000.

Programa de Ordenamiento de la Zona Costera de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, publicado desde el año de 2002.

SEMARNAT. 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.