

**Evaluación del impacto ambiental y social por la operación de la planta de  
tratamiento de aguas residuales domésticas del hotel deep blue, providencia**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental**

**Cristian Camilo Muñoz Quintero**

**Asesor**

**Elizabeth Cristina Calle Usuga**

**Ingeniera Sanitaria**

**Corporación Universitaria Lasallista.**

**Ingeniería**

**Ingeniería Ambiental**

**Caldas-Antioquia**

**2019**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>8</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>8</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>8</b>
<b>Descripción del proyecto .....</b>	<b>9</b>
<b>Descripción del hotel .....</b>	<b>9</b>
<b>Ubicación .....</b>	<b>9</b>
<b>Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales.....</b>	<b>10</b>
<b>Trampa de grasa .....</b>	<b>11</b>
<b>Rejillas de Cribado.....</b>	<b>12</b>
<b>Estación de bombeo .....</b>	<b>12</b>
<b>Tanque de Igualación .....</b>	<b>13</b>
<b>Planta de Lodos Activados .....</b>	<b>14</b>
<b>Filtración.....</b>	<b>16</b>
<b>Tanque de almacenamiento .....</b>	<b>16</b>
<b>Evaluación ambiental del proyecto .....</b>	<b>17</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>17</b>
<b>Actividades susceptibles de producir impactos. ASPI .....</b>	<b>18</b>
<b>Aspectos ambientales .....</b>	<b>18</b>
<b>Impacto ambiental .....</b>	<b>18</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>19</b>
<b>Identificación de aspectos e impactos ambientales y sociales .....</b>	<b>23</b>
<b>Valoración y calificación ambiental del proyecto .....</b>	<b>26</b>
<b>Plan de manejo ambiental .....</b>	<b>28</b>
<b>Programas de manejo ambiental .....</b>	<b>29</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>33</b>

## Listado de tablas

Tabla 1. Matriz de identificación de impactos ambientales y sociales.....	20
Tabla 2. Rangos de los criterios de evaluación.....	22
Tabla 3. Rangos de los criterios de evaluación.....	23
Tabla 4. Identificación de aspectos e impactos.....	24
Tabla 5. Ponderación y calificación ambiental .....	26
Tabla 6. Ponderación y calificación ambiental .....	27
Tabla 7. Programas del PMA .....	28
Tabla 8. Programa de emisión de gases y olores .....	29
Tabla 9. Programa de minimización de ruido .....	29
Tabla 10. Programa de capacitación.....	30
Tabla 11. Programa Manejo de aguas residuales.....	31
Tabla 12. Programa modificación paisajística .....	32

## Listado de fotos

Foto 1. Trampa de Grasas. ....	11
Foto 2.Registro del sistema de cribado. ....	12
Foto 3.Estación de Bombeo. ....	13
Foto 4.Tanque de Emergencia. ....	13
Foto 5.Tanque de Igualación. ....	14
Foto 6.Reactor de Mezcla Completa. ....	15
Foto 7.Sedimentador Secundario. ....	15
Foto 8.Filtros. ....	16
Foto 9.Tanque de Cloro y Tanque de Almacenamiento. ....	17

## Listado de figuras

Ilustración 1. Ubicación Satelital PTAR Hotel Deep Blue.....	10
Ilustración 2. Esquema de la PTARD actual del Hotel Deep Blue.....	11

## Introducción

La evaluación ambiental es una herramienta metodológica, la cual se utiliza para los procesos de toma de decisiones (Méndez, 1992), permitiendo presentar una perspectiva genérica del proyecto y encontrar así, las principales características y datos técnicos de interés para lograr dicha evaluación. Al igual, permite describir y evaluar los posibles impactos sobre los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos, los cuales conllevan a establecer diferentes estrategias tendientes a una adecuada gestión ambiental. Es así, como los estudios de impacto ambiental se utilizan como mecanismos de prevención de daños ambientales y de promoción del desarrollo sostenible, donde se tiene como objetivo principal la actuación de forma preventiva en el campo ambiental (Ferreira, 2011).

Actualmente, en la Isla de Providencia (Colombia) no se cuenta con el servicio público de alcantarillado, por lo cual la población emplea como medida de saneamiento los sistemas de pozos sépticos, los cuales, una vez colmatados no disponen de un sitio de disposición final adecuado que cumpla con la normativa ambiental vigente. Por su parte, el Hotel Deep Blue cuenta con un sistema de tratamiento, el cual opera específicamente para el manejo de las aguas residuales domésticas generadas en la operación de sus instalaciones.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la Evaluación de Impacto Ambiental de la operación de la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas del Hotel Deep Blue, así como la formulación del Plan de Manejo Ambiental para las etapas de operación, mantenimiento y desmantelamiento del proyecto; con la

finalidad de determinar y diseñar las herramientas de apoyo que conlleven a establecer las acciones necesarias para controlar, mitigar y minimizar los impactos en cada una de las actividades realizadas en el sistema de tratamiento, desde la recepción de las aguas servidas, conducción de éstas hasta el tanque de igualación, y posteriormente su tratamiento en el reactor de lodos activados, sedimentador y desinfección.

## Objetivos

### Objetivo general

Realizar la evaluación y análisis del impacto ambiental y social generado durante la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Hotel Deep Blue, como parte del cumplimiento normativo ambiental del país y la gestión ambiental integral.

### Objetivos específicos

- Identificar, valorar y priorizar los impactos negativos y positivos asociados a la operación de la PTAR.
- Formular un plan de manejo ambiental para los impactos identificados y priorizados por la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Hotel Deep Blue.
- Definir mecanismos de atención frente a emergencias en la operación de la PTAR y minimizar los riesgos de afectación al ambiente y la salud en el área de influencia directa.

## **Descripción del proyecto**

### **Descripción del hotel**

El Hotel Deep Blue es un lugar que brinda un servicio turístico de alojamiento en la Isla Providencia, en el sector de Maracaibo, el cual se encuentra ubicado al frente de Cayo Cangrejo y el Parque Natural Mcbean Lagoon. Actualmente, cuenta con 33 empleados y 13 habitaciones, las cuales tienen una capacidad máxima de alojamiento para 30 huéspedes, además con cinco (5) cisternas funcionales con una capacidad total de 60m<sup>3</sup> de almacenamiento, registrando un consumo diario de aproximadamente 5 m<sup>3</sup>/día a 8 m<sup>3</sup>/día.

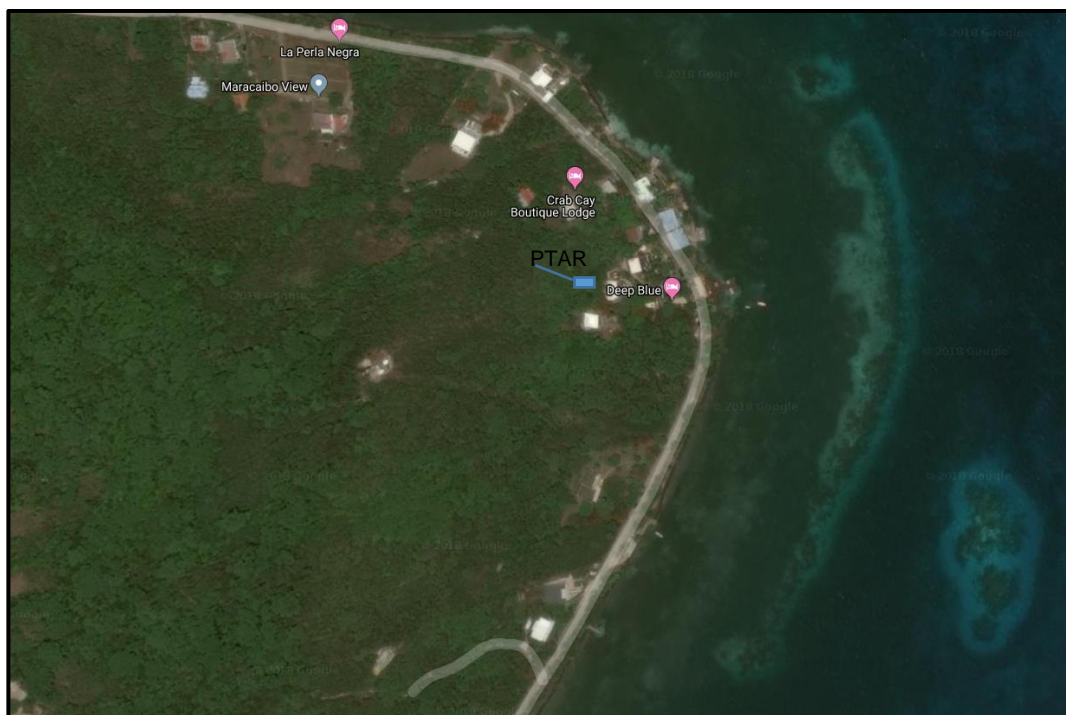
El vertimiento de las aguas residuales domésticas (ARD) generadas en el Hotel Deep Blue, se presenta por las actividades asociadas a la operación hotelera, donde se tienen servicios de uso doméstico (descarga de sanitarios, duchas, lavamanos), preparación de alimentos (lavado de platos y cocción de alimentos), mantenimiento y limpieza de las diferentes áreas del hotel. En promedio se consumen en las actividades del Hotel Deep Blue un volumen de 188m<sup>3</sup> de agua al mes.

### **Ubicación**

La planta de tratamiento de agua residual, está ubicada a una distancia de 74,80 m de la vía principal de Maracaibo, en la parte alta del predio a 26 m.s.n.m., perteneciente a la empresa Ecoteles Colombia S.A.S.

A continuación, se muestra la ubicación satelital.

### Ilustración 1. Ubicación Satelital PTAR Hotel Deep Blue.

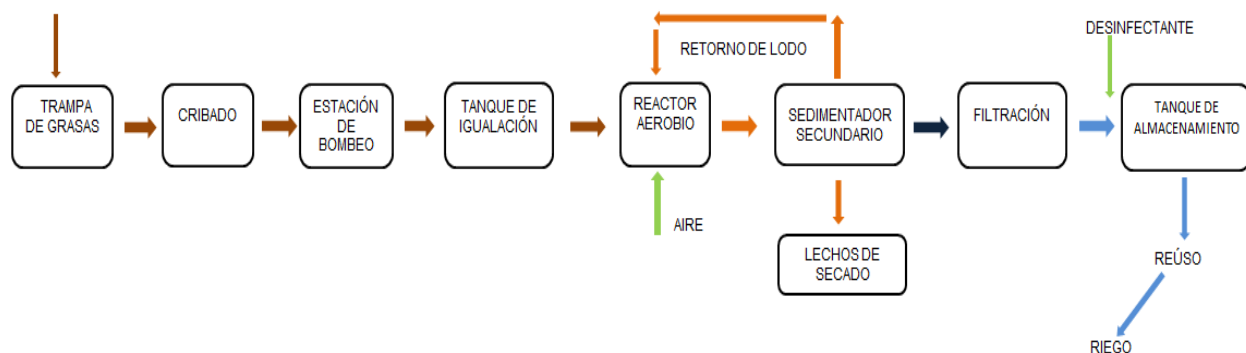


Fuente: google Maps, 2018

#### **Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales**

Actualmente, el Hotel Deep Blue cuenta en sus instalaciones con un tratamiento para sus aguas residuales tipo aerobio, bajo el concepto de la depuración biológica de fangos o lodos activados completamente mezclados, el cual se compone de las siguientes unidades:

## Ilustración 2. Esquema de la PTARD actual del Hotel Deep Blue.



El sistema anteriormente ilustrado se describe a continuación:

### Trampa de grasa

La trampa de grasas es básicamente una estructura rectangular de funcionamiento hidráulico por flotación por medio de acción física y diferencia de temperatura. El sistema se fundamenta en el método de separación por flotación, el cual aprovecha la baja velocidad del agua y la diferencia de densidades entre el agua y los hidrocarburos para realizar la separación (Rojas, 2007).

**Foto 1.** Trampa de Grasas.



### **Rejillas de Cribado**

Son utilizadas para la remoción de sólidos que puedan obstruir bombas o cualquier otro dispositivo de tratamiento susceptible de obstruirse por el material grueso que puede tener el agua residual sin tratar. Para el pre-tratamiento de las aguas residuales domésticas del Hotel Deep Blue se cuenta con una unidad de cribado grueso.

**Foto 2.**Registro del sistema de cribado.



### **Estación de bombeo**

La estación de bombeo se encuentra ubicada a 21 m.s.n.m., está integrada por dos bombas sumergibles, las cuales bombean el agua residual al tanque de igualación, dicha estación cuenta con una tubería de rebose que en caso de emergencia direcciona el agua a un tanque de emergencia con capacidad de 4m<sup>3</sup>.

**Foto 3.**Estación de Bombeo.



**Foto 4.**Tanque de Emergencia.



### **Tanque de Igualación**

El objetivo del tanque de homogenización e igualación es regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales del Hotel Deep Blue, mediante un tanque circular, con un volumen de 5000 Litros el cual posee la capacidad para contener el flujo durante 12 horas.

**Foto 5.**Tanque de Igualación.



### **Planta de Lodos Activados**

El funcionamiento del sistema de Lodos Activados, tipo Aireación Extendida se basa en la digestión de la materia orgánica, causante de la contaminación en las aguas residuales por medio de microorganismos denominados “Bacterias Aeróbicas” (Romero, 2007). Estos microorganismos, en el medio adecuado, con el oxígeno cuidadosamente controlado y el alimento conveniente para su crecimiento y propagación, se reproducen rápidamente dando lugar a la formación de un manto de lodos conocido como biomasa.

En el reactor de mezcla completa las aguas residuales son depuradas en condiciones aeróbicas, a través de un proceso de aireación intermitente, por medio del suministro de aire, a través de difusores de burbuja fina localizados en el fondo del tanque, los cuales descargan el aire contra la columna de agua. El aire es suministrado por un soplador (blower), el cual además de producir una agitación que garantiza un adecuado contacto entre la materia orgánica y las bacterias aeróbicas, suministra el

oxígeno necesario para que estas bacterias puedan sobrevivir y los organismos metabolizan biológicamente los compuestos orgánicos.

**Foto 6.**Reactor de Mezcla Completa.



El agua del reactor biológico, pasa al tanque sedimentador en el cual los lodos son decantados y retornados a la cámara de aireación para conservar aproximadamente constante el manto de lodos, y garantizar las características finales de calidad de agua requeridas.

**Foto 7.**Sedimentador Secundario.



## Filtración

El agua efluente del sistema de lodos activados es conducida a un tanque circular con una capacidad de 1000 litros, desde el cual a través de una bomba se alimentan los filtros de arena y carbón activado de flujo descendente, en los cuales se busca remover sólidos en suspensión, material no sedimentable y turbiedad.

**Foto 8.**Filtros.



## Tanque de almacenamiento

En dicho tanque se realiza la desinfección mediante un proceso de cloración con Hipoclorito de Sodio ( $\text{NaClO}$ ) en forma granulado, el cual entra en contacto con el efluente por medio de un dosificador, el efluente final es reusado en el riego de las zonas verdes del Hotel Deep Blue.

**Foto 9.**Tanque de Cloro y Tanque de Almacenamiento.



## **Evaluación ambiental del proyecto**

### **Marco teórico**

Conseguir el equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía es esencial para satisfacer las diferentes necesidades del presente sin implicar las necesidades de futuras generaciones. Razón por la cual se han desarrollado diferentes metodologías, las cuales buscan establecer el equilibrio entre los tres pilares de la sostenibilidad (Sociedad, ambiente y economía). A continuación, se definen los principales conceptos fundamentales considerados en la evaluación ambiental del sistema de tratamiento de aguas residuales del Hotel Deep Blue Providencia.

### **Actividades susceptibles de producir impactos. ASPI**

Para desarrollar un programa de evaluación y manejo de los impactos ambientales es necesario, en primera instancia, conocer todas las acciones que impactan el ambiente. Estas acciones se denominan: actividades susceptibles de producir impacto (ICONTEC, 2004).

### **Aspectos ambientales**

Se consideran aspectos ambientales aquellas actividades que, total o parcialmente, pueden interactuar con el medio ambiente, modificándolo de forma benéfica o adversa (ICONTEC, 2004).

### **Impacto ambiental**

Un impacto ambiental es un cambio ocasionado en el ambiente como resultado de los aspectos ambientales producidos (ICONTEC, 2004). Dichos impactos pueden ser positivos o negativos, dependiendo de si generan un cambio benéfico o, si por el contrario, conducen a una degradación de la calidad del ambiente.

## Metodología

La metodología desarrollada por Leopold (1971), se sustenta en una matriz en la que las entradas según columnas contienen las “acciones del hombre que potencialmente pueden alterar al medio ambiente”, y que específicamente corresponden al proyecto en estudio; y las entradas, según filas, son los factores ambientales agrupados en componentes y estos en medios ambientales susceptibles a ser alterados por las acciones especificadas. En cada celda se constituye una relación entre componentes operativos, físicos, bióticos y socioeconómicos (columnas), frente a las acciones que se realizan y ejecutan en los procedimientos de tratamiento primario y secundario generados en la planta de tratamiento (filas). Se resaltan los recuadros con el color rojo identificando y relacionando con los impactos negativos, por otra parte, los de color azul, hacen referencia a los impactos positivos encontrados en el análisis de cada uno de los ítems correspondientes.

Tabla 1. Matriz de identificación de impactos ambientales y sociales.

ELEMENTOS			ACTIVIDADES		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO			
			Operación del proyecto	Mantenimiento de la PTAR	Disposición de Lodos	Generación de Diores	Almacenamiento de insumos (Cal, Cloro)	Protección de ecosistemas (Reservas Naturales)	Vertimiento de agua Residual	Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales)	Disposición de Sobrantes de Excavación	Desmantelamiento de campamentos y almacenes	Operación de maquinaria y equipos	Siembra de árboles y especies vegetales	Transporte de personal
Dimensión	Componente	Impacto													
COMPONENTES AMBIENTALES	DIMENSIÓN FÍSICA	Geomorfología	Erosión												
			Modificación Paisajística												
			Procesos de Remoción en Masa												
		Suelo	Cambio en las condiciones físico químicas del suelo												
			Cambio del uso del suelo												
		Hidrogeología	Contaminación de Aguas Subterráneas												
	Deterioro de la calidad del aire														
	Aire	Emisión de Partículas y Polvo													
		Emisión de Gases													
		Aumento en decibeles de ruido													
	Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua													
		Contaminación de Drenajes													
Modificación y Pérdida de la cobertura vegetal															
DIMENSIÓN BIÓTICA	Flora	Pérdida de biodiversidad													
		Cambio en la estructura y composición florística													
	Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre													
		Fragmentación del hábitat													
DIMENSIÓN SOCIAL	Procesos Económicos	Afectación de especies Locales													
		Cambio en la dinámica de empleo													
		Cambio en los ingresos de la población													
	Procesos Sociopolíticos	Cambio en las actividades económicas													
		Generación de expectativas sociales													
		Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad													
		Generación de Empleo													
	Dimensión Espacial	Quejas y Reclamos													
		Cambio en el acceso y movilidad													
		Afectación a la salud pública													

Impacto Positivo  
Impacto Negativo

Fuente: Arboleda, 2005

Es así, como para la evaluación cuantitativa de los impactos, se propone la metodología de Arboleda (2005) como herramienta básica, la cual es un método directo y consiste en brindar una calificación mediante una expresión matemática basada en cinco criterios. El resultado de la alimentación de los parámetros permite la obtención de un indicador llamado calificación ambiental (Ca), cuya ponderación permite identificar una evaluación de los principales impactos que hacen parte de los componentes ambientales afectados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Hotel Deep Blue.

A partir de la lista de impactos generados por las actividades del proyecto, se realiza su evaluación individual. Para ello se propone emplear una expresión denominada calificación ambiental (Ca), obtenida con base en cinco criterios característicos de cada impacto, los cuales se definen de la siguiente forma (Arboleda, 2005):

- **Clase (C):** Sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto. Puede ser positiva (+) o negativa (-), dependiendo de si mejora o degrada respectivamente.
- **Presencia (P):** Como no se tiene certeza absoluta de que todos los impactos se presenten, la presencia califica la probabilidad de que el impacto pueda darse, se expresa entonces como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia.
- **Duración (D):** Evalúa el período de existencia activa del impacto. Se expresa en función del tiempo que permanece el impacto (largo, corto, etc.).
- **Evolución (E):** Indica la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece o se inicia hasta que se hace presente plenamente, se expresa en unidades relacionadas con la velocidad con que se presenta el impacto (rápido, lento, etc.).

- **Magnitud (M):** Califica la dimensión o tamaño del cambio ambiental

El modelo que expresa la calificación ambiental, conforme lo propone el citado autor, es el siguiente:

$$Ca = C(P [ a * E * M + b * D]) \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde a y b son factores de ponderación (a = 7,0 y b = 3,0)

**Tabla 2.** Rangos de los criterios de evaluación.

<b>PRESENCIA</b>	<b>DURACIÓN</b>	<b>EVOLUCIÓN</b>	<b>MAGNITUD</b>	<b>PUNTAJE</b>
Cierta	Muy larga o permanente (> 10 años)	Muy rápida (< 1 mes)	Muy alta (Mr > a 80%)	1,0
Muy probable	Larga (> 7 años y < 10 años)	Rápida (> 1 mes y < 12 meses)	Alta (> 60% y < 80%)	0,7 < 0,99
Probable	Media (> 4 años y < 7 años)	Media (> 12 meses y < 18 meses)	Media (> 40% y < 60 %)	0,4 < 0,69
Poco Probable	Corta (> 1 años y < 4 años)	Lenta (> 18 meses y 24 meses)	Baja (> 20% y < 40%)	0,2 < 0,39
No Probable	Muy corta (1 año)	Muy Lenta (> 24 meses)	Muy baja (< 19%)	0,01 < 0,19

Mr: Magnitud Relativa

Fuente: Arboleda, 2005

**Tabla 3.** Rangos de los criterios de evaluación.

CALIFICACIÓN AMBIENTAL (PUNTOS)	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
≤ 2,5	Poco significativo o irrelevante
> 2,5 y ≤ 5,0	Moderadamente significativo o moderado
> 5,0 y ≤ 7,5	Significativo o relevante
> 7,5	Muy significativo o grave

Fuente: Arboleda, 2005

### **Identificación de aspectos e impactos ambientales y sociales**

En las inspecciones realizadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Hotel Deep Blue, se revisaron de forma detallada cada uno de los accesorios, estructuras, modelo de operación y labores de mantenimiento. Es así, como se elaboró la matriz de identificación y valoración de impactos ambientales, con la finalidad de determinar los aspectos que deben ser intervenidos y mejorados, basados en el modelo de Leopold. El diseño y elaboración de esta matriz permitió identificar los factores técnicos, operativos y ambientales que pueden verse afectados o se encuentran frágiles dentro de los procesos diarios que se realizan en el sistema de tratamiento evaluado.

A partir de la caracterización ambiental, se establecieron las actividades que se desarrollan en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Hotel Deep Blue, las cuales generan impactos sobre el

ambiente. A cada actividad se le identificaron los aspectos e impactos asociados, las cuales se describen a continuación:

**Tabla 4.** Identificación de aspectos e impactos

PROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTOS AMBIENTALES	DESCRIPCION DEL ASPECTO	IMPACTOS AMBIENTALES
<b>Operación y Mantenimiento de la PTAR</b>	Operación del proyecto	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía en las actividades de aireación dentro del reactor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agotamiento de los recursos naturales.</li> </ul>
		En caso de fallas, desestabilidad del sistema	Generación de olores y vertimientos de agua residual doméstica sin tratamiento biológico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del recurso hídrico.</li> </ul>
		Emisión de ruido	Alteración de las condiciones sonoras en el área de influencia del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del aire por ruido.</li> </ul>
		Implementación de la unidad de tratamiento	Manejo de aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento en la calidad del recurso hídrico.</li> </ul>
	Mantenimiento de la PTAR	Emisión de Partículas y polvo	Alteración de la calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afectación de la calidad del aire</li> <li>• Aumento en la cantidad de residuos orgánicos a manejar</li> <li>• Afectación a la salud pública</li> </ul>
		Generación de residuos en el mantenimiento de filtros y sedimentador secundario	Se generan lodos del lecho filtrante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la cantidad de residuos especiales a manejar.</li> <li>• Afectación de la calidad del suelo.</li> </ul>
	Disposición de lodos	Generación de residuos en el mantenimiento de filtros	Se generan lodos del lecho filtrante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la cantidad de residuos especiales a manejar.</li> <li>• Afectación de la calidad del suelo.</li> </ul>
	Generación de Olores	Desestabilización del sistema	Generación de olores bruscos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro de la Calidad del aire</li> <li>• Afectación en la salud de la comunidad aledaña</li> </ul>
	Almacenamiento de insumos (Cal, Cloro)	Consumo de materiales e insumos	Agotamiento de recursos naturales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agotamiento de recursos naturales.</li> </ul>
	Protección de ecosistemas (Reservas Naturales)	Conservación paisajística	Manejo de aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación en la calidad del recurso hídrico.</li> </ul>
Vertimiento de agua Residual	Contaminación de aguas subterráneas	Alteraciones de las condiciones microbiológicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro de la calidad del agua</li> </ul>	

PROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTOS AMBIENTALES	DESCRIPCION DEL ASPECTO	IMPACTOS AMBIENTALES
	Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)	Generación de residuos ordinarios	Generación de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la cantidad de residuos ordinarios a disponer.</li> <li>• Afectación de la calidad del suelo.</li> </ul>
<b>Desmantelamiento y abandono</b>	Desmantelamiento de campamentos, y almacenes	Intervención del paisaje	Alteración de las condiciones del paisaje.	Afectación del paisaje.
		Consumo de materiales e insumos	Agotamiento de recursos naturales.	Agotamiento de recursos naturales.
		Generación de residuos ordinarios	Generación de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la cantidad de residuos ordinarios a disponer.</li> <li>• Afectación de la calidad del suelo.</li> </ul>
		Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	Agotamiento de recursos naturales.
		Consumo de energía	Agotamiento de recursos naturales	Agotamiento de recursos naturales.
	Disposición de Sobrantes de Excavación	Intervención del paisaje	Alteración de las condiciones del paisaje.	• Afectación del paisaje.
		Generación de material particulado	Alteración de la calidad del aire por incremento de material particulado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del aire con polvo.</li> <li>• Generación de enfermedades.</li> </ul>
		Producción de sedimentos	Sedimentación de fuentes hídricas	• Sedimentación de fuentes hídricas.
	Operación de maquinaria y equipos	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía en las actividades de aireación dentro del reactor.	• Agotamiento de los recursos naturales.
	Siembra de árboles y especies vegetales	Intervención del paisaje	Alteración de las condiciones del paisaje.	• .Mejora de las condiciones paisajísticas.
	Transporte del personal	Emisión de ruido	Alteración de las condiciones sonoras en el área de influencia del proyecto.	Contaminación del aire con ruido.
		Alteración de movilidad peatonal/vehicular	Afectación a la movilidad.	Concentración del tráfico vehicular.
		Emisión de gases	Alteración de la calidad del aire.	Contaminación del aire con gases.

## Valoración y calificación ambiental del proyecto

Determinados los impactos ambientales provocados en la planta de tratamiento de aguas residuales, se procede aplicar la metodología anteriormente expuesta para de esta forma obtener la Calificación Ambiental del proyecto.

**Tabla 5.** Ponderación y calificación ambiental

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							
Impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Calificación Ambiental	Importancia del impacto
Erosión	-	0,4	0,4	0,01	0,01	0,5	Irrelevante
Modificación Paisajística	-	1,0	0,4	0,70	0,2	2,2	Irrelevante
Cambio en las condiciones físico químicas del suelo	-	0,7	1,0	0,01	0,20	2,1	Irrelevante
Cambio del uso del suelo	-	1	0,7	1	0,2	3,5	Moderado
Contaminación de Aguas Subterráneas	-	0,2	0,4	0,01	0,2	0,2	Irrelevante
Deterioro de la calidad del aire	-	0,3	0,4	0,01	0,2	0,4	Irrelevante
Emisión de Partículas y Polvo	-	0,19	0,40	0,2	0,7	0,4	Irrelevante
Emisión de Gases	-	0,4	0,7	1	0,9	3,4	Moderado
Aumento en decibeles de ruido	-	0,7	0,40	0,01	0,4	0,9	Irrelevante
Alteración de la calidad del agua	+	0,7	0,4	0,01	0,7	0,9	Irrelevante
Contaminación de Drenajes	-	0,4	0,40	0,2	0,4	0,7	Irrelevante
Modificación y Perdida de la cobertura vegetal	-	0,4	0,4	1	0,4	1,6	Irrelevante
Cambio en la estructura y composición florística	-	0,7	0,40	0,7	0,4	2,2	Irrelevante
Afectación de especies Locales	+	0,7	0,4	0,4	0,2	1,2	Irrelevante
Cambio en la dinámica de empleo	+	0,7	0,70	0,4	0,2	1,9	Irrelevante
Cambio en los ingresos de la población	+	0,7	0,4	0,7	0,0	0,9	Irrelevante
Cambio en las actividades económicas	+	0,4	0,50	0,2	0,0	0,6	Irrelevante
Generación de expectativas sociales	-	1	0,6	1	0,3	3,9	Moderado
Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad	+	0,7	0,40	0,4	0,2	1,2	Irrelevante
Generación de Empleo	+	0,7	0,7	0,7	0,2	2,2	Irrelevante
Quejas y Reclamos	-	0,7	0,70	1	0,5	3,9	Moderado
Afectación a la salud pública	-	0,8	0,7	0,01	0,3	1,7	Irrelevante

**Tabla 6.** Ponderación y calificación ambiental

DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO							
Impacto	Clase	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Calificación Ambiental	Importancia del impacto
Erosión	-	1,0	0,4	0,01	0,40	1,2	Irrelevante
Modificación Paisajística	-	0,7	0,2	0,4	0,7	1,8	Irrelevante
Modificación Paisajística	+	0,9	1	0,01	0,9	2,8	Moderado
Procesos de Remoción en Masa	-	0,2	0,01	0,7	0,2	0,2	Irrelevante
Cambio en las condiciones físico químicas del suelo	+	0,2	0,7	0,01	0,4	0,4	Irrelevante
Cambio del uso del suelo	+	0,4	1	0,7	0,4	2,0	Irrelevante
Contaminación de Aguas Subterráneas	+	0,2	0,01	0,2	0,2	0,1	Irrelevante
Deterioro de la calidad del aire	+	0,2	0,01	0,01	0,4	0,01	Irrelevante
Emisión de Partículas y Polvo	-	0,4	0,01	0,2	0,7	0,4	Irrelevante
Emisión de Gases	-	0,4	0,01	0,2	0,7	0,4	Irrelevante
Aumento en decibeles de ruido	-	0,7	0,2	0,2	0,7	1,1	Irrelevante
Alteración de la calidad del agua	-	0,2	0,2	0,01	0,01	0,1	Irrelevante
Modificación y Pérdida de la cobertura vegetal	+	0,7	0,2	0,01	0,7	0,5	Irrelevante
Pérdida de biodiversidad	+	0,4	1	0,01	0,4	1,2	Irrelevante
Cambio en la estructura y composición florística	+	0,7	1	0,01	0,4	2,1	Irrelevante
Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad) en las comunidades de fauna silvestre	+	0,4	0,4	0,01	0,4	0,5	Irrelevante
Fragmentación del hábitat	+	0,4	0,4	0,01	0,4	0,5	Irrelevante
Afectación de especies Locales	+	0,4	0,4	0,4	0,7	1,3	Irrelevante
Cambio en la dinámica de empleo	+	0,4	0,4	0,01	0,2	0,5	Irrelevante
Cambio en los ingresos de la población	+	0,4	0,4	0,01	0,2	0,5	Irrelevante
Cambio en las actividades económicas	+	0,2	0,5	0,01	0,2	0,3	Irrelevante
Generación de expectativas sociales	-	0,7	0,2	0,7	0,4	1,8	Irrelevante
Cambio en la capacidad de gestión y participación de la comunidad	+	0,01	0,01	0,2	0,4	0,01	Irrelevante
Generación de Empleo	+	0,4	0,2	0,7	0,4	1,0	Irrelevante
Quejas y Reclamos	-	0,4	0,2	0,4	0,7	1,0	Irrelevante
Cambio en el acceso y movilidad	-	0,7	0,2	0,01	0,2	0,4	Irrelevante
Afectación a la salud pública	+	0,2	0,01	0,01	0,2	0,01	Irrelevante

## Plan de manejo ambiental

Al conjugar los componentes del ambiente con las actividades del proyecto (relación ambiente / proyecto), se obtuvieron los impactos ambientales y sociales, los que posteriormente se evaluaron y calificaron. Una vez lo anterior, se determinaron aquellos que pueden ser mitigados, corregidos o compensados mediante un programa de manejo ambiental.

Los programas agrupados se denominan el Plan de Manejo Ambiental PMA del proyecto. Cada programa incluye objetivos, metas, indicadores, impactos a manejar, frecuencia y verificación.

A continuación, se indican los programas ambientales y sociales a implementar según el impacto identificado y valorado.

**Tabla 7.** Programas del PMA

<b>Etapa</b>	<b>Programa</b>
<b>Operación</b>	Programa de emisión de gases y olores
	Programa de minimización de ruido
	Programa de capacitación.
	Programa manejo de aguas residuales
<b>Abandono</b>	Programa modificación paisajística

Cada programa está conformado por una sola ficha temática que propondrá soluciones a la problemática ambiental y social generada por los aspectos anteriormente mencionados.

## Programas de manejo ambiental

**Tabla 8.** Programa de emisión de gases y olores

PROGRAMA DE EMISION DE GASES Y OLORES				
<b>1. Objetivo</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prevenir y mitigar las emisiones de gases y olores ofensivos que se presentan en la Operación y Mantenimiento de la PTAR</li> </ul>				
<b>2. Meta</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir las emisiones de olores ofensivos en un 60 % en el primer año</li> </ul>				
<b>3. Tipo de medida</b>				
Mitigación	Corrección		Preve nición	Compensaci ón
<b>4. Impactos a manejar</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro de la calidad del aire</li> <li>Emisión de partículas y polvos</li> <li>Emisión de gases</li> <li>Afectación a la salud pública</li> </ul>				
<b>5. Acciones a realizar</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar monitoreo y seguimiento diario a las diferentes tuberías de conducción a la PTAR, las cuales pueden presentar fugas de agua residual.</li> <li>Revisar unidades de tratamiento diariamente principalmente Reactor de mezcla completa, Sedimentador secundario, Registros y tanque de igualación, con la finalidad de identificar a tiempo posibles emisiones de gases y olores.</li> <li>Realizar limpiezas con desinfectante a la estructura principal de la PTAR y utensilios de operación.</li> <li>Siembra de plantas aromáticas alrededor de la estructura principal.</li> <li>Cambio de las tapas herméticas sobre los compartimientos que comprenden cada uno de los registros de bombeo para lograr mayor control de las emisiones de gases y olores ofensivos generados en el sistema.</li> </ul>				
<b>6. Etapas de aplicación</b>				
Operación		Mantenimiento		Abandono
<b>7. Lugar de aplicación</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dichas estrategias se ejecutarán en las diferentes unidades que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales.</li> </ul>				
<b>8. Momento/Frecuencia:</b> Durante la operación del proyecto.				
<b>9. Seguimiento</b>				
Indicador	Descripción del indicador	Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación	Registro de cumplimiento
Olores Ofensivos	Indicador: $\frac{\text{Episodios de generación de olores mes anterior} - \text{Episodios de generación de olores mes actual}}{m^3 \text{ consumidos mes anterior}} \times 100$	cuantitativo	Mensual	Seguimiento a las actividades
<b>10. Responsable de implementar el programa</b>				
Practicante de ingeniería ambiental				

Fuente: Romano, 2000

**Tabla 9.** Programa de minimización de ruido

PROGRAMA DE MINIMIZACIÓN DE RUIDO						
<b>1. Objetivo</b>						
Prevenir la afectación acústica del área de influencia						
<b>2. Meta</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir la contaminación acústica a 45 dB</li> </ul>						
<b>3. Tipo de medida</b>						
Mitigación		Corrección	Prevención	Compensación		
<b>4. Impactos a manejar</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación del aire por ruido</li> </ul>						
<b>5. Acciones a realizar</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aislamiento acústico en las cajas de seguridad, bombas y blower.</li> </ul>						
<b>6. Etapas de aplicación</b>						
Operación		Mantenimiento		Abandono		
<b>7. Lugar de aplicación</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Unidades que cuentan son sistemas de bombeo ( Registro 1, Registro 2 y Blower)</li> </ul>						
<b>8. Momento/Frecuencia:</b> Durante la operación de proyecto.						
<b>9. Seguimiento</b>						
Indicador	Descripción del indicador			Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación	Registro de cumplimiento
Comunidad	Indicador: $\frac{\text{operacion del proyecto (dias)}}{\text{Ausencia de Reclamos por parte de la comunidad y autoridades ambientales}} \times 100$			cuantitativo	Mensual	Seguimiento al indicador
<b>10. Responsable de implementar el programa</b>						
Practicante de ingeniería ambiental						

**Tabla 10.** Programa de capacitación.

Programa de capacitación.				
<b>1. Objetivo</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Socializar con los grupos de interés los programas de gestión ambiental y social liderados en la zona por el Hotel Deep Blue.</li> </ul>				
<b>2. Meta</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aceptación por parte de los grupos de interés de la operación del proyecto en el primer año.</li> </ul>				
<b>3. Tipo de medida</b>				
Mitigación		Corrección	Prevención	Compensación
<b>4. Impactos a manejar</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de expectativas sociales.</li> <li>Peticiones, quejas y reclamos.</li> <li>Afectaciones a la salud pública.</li> </ul>				
<b>5. Acciones a realizar</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitaciones básicas a la comunidad aledaña, turistas y empleados</li> <li>Reuniones trimestrales con la comunidad aledaña al proyecto.</li> </ul>				
<b>6. Etapas de aplicación</b>				

Operación		Mantenimiento		Abandono		
<b>7. Lugar de aplicación</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Área de influencia directa e indirecta al proyecto.</li> </ul>						
<b>8. Momento/Frecuencia:</b> Durante la operación del proyecto.						
<b>9. Seguimiento</b>						
Indicador	Descripción del indicador			Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación	Registro de cumplimiento
Comunidad	Indicador: $\frac{\text{personas capacitadas}}{\text{Total de público objetivo}} \times 100$			cuantitativo	Mensual	Acta de reuniones Fotos de evidencia de las capacitaciones Seguimiento al indicador Planillas de asistencia
<b>10. Responsable de implementar el programa</b>						
Practicante de ingeniería ambiental						

**Tabla 11.** Programa Manejo de aguas residuales

PROGRAMA MANEJO DE AGUAS RESIDUALES						
<b>1. Objetivo</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir los niveles de contaminación del agua residual tratada en el sistema del Hotel Deep Blue, para así cumplir con la normatividad ambiental vigente.</li> </ul>						
<b>2. Meta</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumplir con los lineamientos establecidos en la normativa ambiental vigente.</li> </ul>						
<b>3. Tipo de medida</b>						
Mitigación		Corrección		Prevención		Compensación
<b>4. Impactos a manejar</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación del agua.</li> <li>Mejoramiento en la calidad del recurso hídrico.</li> <li>Protección de ecosistemas (Reservas Naturales).</li> </ul>						
<b>5. Acciones a realizar</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimizar la operación del sistema de tratamiento</li> <li>Optimización del sistema de riego</li> <li>Control y seguimiento de variables como Oxígeno, Temperatura, Nutrientes y pH</li> </ul>						
<b>6. Etapas de aplicación</b>						
Operación		Mantenimiento		Abandono		
<b>7. Lugar de aplicación</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Planta de tratamiento de Agua Residuales Domésticas del Hotel Deep Blue</li> </ul>						
<b>8. Momento/Frecuencia:</b> Durante la operación del proyecto.						
<b>9. Seguimiento</b>						
Indicador	Descripción del indicador			Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación	Registro de cumplimiento
Cumplimiento de la Normativa	Indicador: $\frac{\text{Parametros Exigidos Cumplidos}}{\text{Total Parametros exigidos}} \times 100$			cuantitativo	Semestral	Bitácoras de monitoreo y seguimiento Seguimiento al indicador
<b>10. Responsable de implementar el programa</b>						
Practicante de ingeniería ambiental						

**Tabla 12.** Programa modificación paisajística

PROGRAMA MODIFICACIÓN PAISAJÍSTICA						
<b>1. Objetivo</b>						
Mitigar la afectación al paisaje y a la calidad del suelo.						
<b>2. Meta</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el nivel de Erosión en un 65 %.</li> </ul>						
<b>3. Tipo de medida</b>						
Mitigación		Corrección		Prevención		Compensación
<b>4. Impactos a manejar</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Agotamiento de recursos naturales.</li> <li>Aumento en la cantidad de residuos ordinarios.</li> <li>Contaminación del aire con polvo.</li> <li>Contaminación del agua superficial.</li> <li>Contaminación del suelo.</li> <li>Afectación del paisaje.</li> <li>Aumento en la cantidad de residuos de construcción.</li> </ul>						
<b>5. Acciones a realizar</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitación del personal sobre las precauciones necesarias en las actividades de excavación.</li> <li>El material excedente como roca será utilizado en la cimentación de nuevas edificaciones.</li> <li>Siembra de especies nativas en la zona de afectación.</li> <li>Control sobre la profundidad de las excavaciones.</li> </ul>						
<b>6. Etapas de aplicación</b>						
Operación			Mantenimiento			Abandono
<b>7. Lugar de aplicación</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>Planta de tratamiento de Agua Residuales domesticas</li> </ul>						
<b>8. Momento/Frecuencia:</b> Durante la actividad de desmantelamiento del proyecto.						
<b>9. Seguimiento</b>						
Indicador	Descripción del indicador			Tipo de indicador	Periodicidad de evaluación	Registro de cumplimiento
Social	Indicador: <i>Avance del desmatelamiento</i> <i>Ausencia de no conformidades po parte de la Autoridad amb</i>			cuantitativo	Semestral	Seguimiento al indicador
<b>10. Responsable de implementar el programa</b>						
Practicante de ingeniería ambiental						

## Referencias

Ferreira, V. G. (2012). *Viabilidad ambiental de trazados de carreteras: el caso del tramo sur del Rodoanel Mário Covas, São Paulo* (Tesis de maestría), Universidad de São Paulo, São Carlos, Brasil

Arboleda, J. A. (2005). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38236079/MANUAL\\_EIA\\_-\\_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1548303725&Signature=yPpgm4sZPeJI4QcelhO3Uu92aLk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DManual de evaluacion de impacto ambiental.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38236079/MANUAL_EIA_-_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1548303725&Signature=yPpgm4sZPeJI4QcelhO3Uu92aLk%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DManual+de+evaluacion+de+impacto+ambiental.pdf)

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004 ) *Sistemas de gestión ambiental*. Bogotá :ICONTEC, 2001. (NTC 14001).

Leopold, L. B. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. Washington. Geological Survey

Méndez Vergara, E. (1992). *Gestión Ambiental y Ordenación Territorial*. Mérida, Veracruz: Consejo de Publicaciones, ULA.

Romero Rojas, J A. (2007). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá: McGraw Hill,

Romano Velasco, J. (2000). *Desarrollo sostenible y evaluación: del impacto al pacto de nuestro entorno*. Valladolid: Ámbito Ediciones