

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA:**

**Evaluación ambiental de los impactos que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción.**

**AUTOR:**

**Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Camacho Monar, Mélida Alexandra**

**Guayaquil, Ecuador**

**2017**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

**TUTORA**

f. \_\_\_\_\_  
**Camacho Monar, Mélida Alexandra**

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Alcívar Bastidas, Stefany Esther**

**Guayaquil, a los 17 días del mes de marzo del año 2017**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**

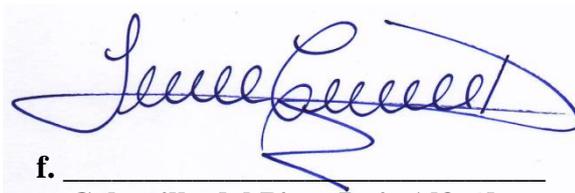
### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Evaluación ambiental de los impactos que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción** previo a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 17 días del mes de marzo del año 2017**

**EL AUTOR:**



f. \_\_\_\_\_

**Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación ambiental de los impactos que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 17 días del mes de marzo del año 2017**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_

**Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**

## REPORTE URKUND



### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Trabajo de Título Cabanilla.docx (D26058011)  
**Submitted:** 2017-02-27 20:42:00  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 6 %

#### Sources included in the report:

TESIS EXON AULES.pdf (D14343080)  
1425771612\_Tesis Del Monte.docx (D13477620)  
Urkun Ledesma.docx (D24193315)  
Analizar y describir 1- 14...docx (D15111187)  
AuditoriaAmbiental\_Grupo1\_Noveno\_B\_Nocturno.docx (D21412972)  
AUDITORIA\_AMBIENTAL\_GRUPO1\_9NO\_NOCTURNO.docx (D21332123)  
[http://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/37\\_LISTADO\\_NACIONAL\\_SUSTANCIAS\\_QUIMICAS\\_PELIGROSAS\\_DESECHOS\\_PELIGROSOS\\_21\\_dic\\_2012.pdf](http://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/37_LISTADO_NACIONAL_SUSTANCIAS_QUIMICAS_PELIGROSAS_DESECHOS_PELIGROSOS_21_dic_2012.pdf)  
<http://www.ambiente.gob.ec/sistema-de-gestion-de-desechos-peligrosos-y-especiales/>  
<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/AM-161-Reforma-al-Titulo-V-y-VI-del-TULSMA-RO-631-01-02-2012.pdf>  
<http://www.slideshare.net/RosandraB/diseo-de-biodigestor-de-lodos-residuales>  
<http://slideplayer.es/slide/4336794/>  
<http://deconceptos.com/ciencias-naturales/abiotico>  
<http://deconceptos.com/ciencias-naturales/plantas>  
<http://deconceptos.com/ciencias-naturales/animales>  
[http://www.acguanacaste.ac.cr/bosque\\_seco\\_virtual/introduccion.html](http://www.acguanacaste.ac.cr/bosque_seco_virtual/introduccion.html)

#### Instances where selected sources appear:

73

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia en especial a mi madre y a mis abuelas quienes son el apoyo incondicional que siempre tuve en los momentos buenos y malos, y quienes con su cariño y sabiduría me guiaron y me dieron el ímpetu para ser la persona que soy. Agradezco a mis docentes quienes con su pasión y saberes supieron guiarme en el camino del conocimiento, quienes con paciencia entregaron en las aulas de clases un poco de ellos cada día. Agradezco a mi tutora por su guía, paciencia y enseñanzas a lo largo de la realización de este trabajo, y finalmente agradezco a mis compañeras y compañeros de clases quienes hicieron de este viaje más llevadero, con quienes tuve el honor de compartir en las aulas y a quienes a partir de hoy podré llamar más que colegas, amigos.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi mamá y a mis abuelas por ser mi ejemplo constante e incondicional, y también dedico este documento a la naturaleza o Pacha Mama, nuestra casa, a la que estoy llamado a proteger y conservar para las futuras generaciones.

**Luis Alfredo**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_

**ING. MÉLIDA ALEXANDRA CAMACHO MONAR**  
TUTORA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. STEFANY ESTHER ALCÍVAR BASTIDAS**  
DIRECTORA DE CARRERA

\_\_\_\_\_  
**ING. CLARA CATALINA GLAS CEVALLOS**  
OPONENTE

f. \_\_\_\_\_

**ING. ANDRÉS FERNANDO CASTRO BELTRÁN**  
DOCENTE DE LA CARRERA

## INDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>22</b>
<b>ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>22</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.1.1 Justificación.....	23
1.1.2 Objetivos de la Investigación.....	24
1.1.3 Objetivo General.....	24
1.1.4 Objetivos Específicos.....	24
1.1.5 Alcance.....	25
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>26</b>
<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>26</b>
2.2 AGUAS RESIDUALES.....	26
2.2.1 Definición de Aguas Residuales.....	26
2.2.2 Tipos de Aguas Residuales.....	27
2.2.2.1 Aguas Residuales Domésticas.....	27
2.2.2.2 Aguas Blancas.....	27
2.2.2.3 Aguas Residuales Industriales.....	27
2.2.2.4 Aguas Residuales Agrícolas.....	27
2.2.3 Tratamiento de Aguas Residuales.....	28
2.2.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.....	29
2.2.5 Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales.....	29
2.2.5.1 Tratamiento Preliminar.....	29
2.2.5.2 Tratamiento Primario.....	29
2.2.5.3 Tratamiento Secundario.....	30
2.2.5.4 Tratamiento Terciario o Avanzado.....	30
2.2.6 Lodos Provenientes de Aguas Residuales Domésticas.....	30
2.2.7 Utilización de Lodos de PTARD como Agregados para Materiales de Construcción.....	32
2.3 MEDIO AMBIENTE: DEFINICIONES Y ASPECTOS PRINCIPALES.....	33
2.3.1 Naturaleza.....	34

2.3.2	Hábitat .....	34
2.3.3	Ecología.....	35
2.3.4	Biosfera .....	35
2.3.5	Ecosistemas .....	35
2.3.6	Medio Físico o Abiótico .....	36
2.3.7	Medio Biótico .....	36
2.3.8	Medio Socioeconómico o Humano.....	37
2.4	IMPACTOS AMBIENTALES EN EL MEDIO AMBIENTE .....	37
2.4.1	Definición de Aspectos Ambientales.....	37
2.4.2	Definición de Impactos Ambientales.....	38
2.4.2.1	Impactos Ambientales Negativos.....	38
2.4.2.2	Impactos ambientales positivos.....	38
2.4.3	Identificación de Impactos .....	38
2.4.4	Valoración o Caracterización de los Impactos.....	39
2.4.4.1	Valoración Cualitativa.....	40
2.4.4.2	Valoración Cuantitativa.....	40
2.4.5	Indicador de Impacto Ambiental.....	41
2.4.6	Evaluación de Impactos Ambientales .....	41
2.5	DEFINICIÓN DE MATRICES AMBIENTALES DE IMPACTO....	42
2.5.1	Matriz de criterios relevantes integrados .....	42
2.6	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	43
2.6.1	Definición del Plan de Manejo Ambiental.....	43
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>45</b>
<b>EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO DE ESTUDIO: RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE LODOS RESIDUALES GENERADOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN CASO DE UTILIZARSE COMO AGREGADOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....</b>		<b>45</b>
3.1	LÍNEA BASE AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO .....	45
3.1.1	Medio Abiótico o Físico .....	45
3.1.1.1	Suelo.....	45
3.1.1.2	Geología y Geomorfología.....	45

3.1.1.3 Agua (Recurso Hídrico) .....	46
3.1.1.4 Aire.....	46
3.1.1.5 Calidad del Aire .....	46
3.1.1.6 Niveles de Presión Sonora (NPS).....	46
3.1.1.7 Viento .....	47
3.1.1.8 Caracterización Climática del Sitio.....	47
3.1.2 Medio Biótico .....	48
3.1.2.1 Ecosistema.....	48
3.1.2.2 Fauna .....	48
3.1.2.3 Flora .....	49
3.1.3 Medio Socioeconómico.....	52
3.1.3.1 Localización Geográfica .....	52
3.1.3.2 Aspectos Culturales.....	53
3.1.3.3 Servicio Básicos .....	53
3.1.3.4 Vías de Circulación del Área de Estudio .....	53
3.1.3.5 Vías Principales.....	53
3.1.3.6 Vías de Acceso Secundarias.....	56
3.1.3.7 Vías de acceso terciarias .....	58
3.1.3.8 Descripción Urbanística del Área de Estudio .....	60
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	61
3.2.1 Metodología del Estudio .....	61
3.2.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Estudio .....	62
3.2.3 Descripción de las Actividades a Ejecutar .....	64
3.2.3.1 Recolección de Lodos Residuales en la PTARD .....	65
3.2.3.2 Transporte de Lodos Residuales .....	66
3.2.3.3 Disposición de Lodos Residuales en La Ladrillera .....	66
3.3 IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN.....	68
3.3.1 Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales .....	68
3.3.2 Valoración de los Impactos Ambientales.....	72
3.3.2.1 Determinación del Carácter del Impacto.....	72
3.3.2.1.1 Carácter genérico .....	72
3.3.2.1.2 Duración .....	73
3.3.2.1.3 Tipo de Efecto.....	73

3.3.2.1.4	Importancia .....	73
3.3.2.2	Determinación del Valor de Índice Ambiental Ponderado (VIA) .....	73
3.3.2.2.1	Intensidad .....	73
3.3.2.2.2	Extensión.....	74
3.3.2.2.3	Plazo.....	74
3.3.2.2.4	Reversibilidad .....	75
3.3.2.2.5	Riesgo .....	75
3.3.2.3	Cálculo del Valor de Índice Ambiental Ponderado.....	76
3.3.2.3.1	Magnitud .....	76
3.3.3	Valor de Índice Ambiental (VIA) .....	77
3.3.3.1	Dictamen de impactos ambientales .....	78
3.3.3.1.1	Compatible.....	78
3.3.3.1.2	Moderado .....	78
3.3.3.1.3	Severo .....	78
3.3.3.1.4	Crítico .....	79
3.4	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	79
3.4.1	Resumen de Evaluación de Impactos Ambientales .....	86
3.5	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	89
3.6	CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO .....	111
3.6.1	Análisis Económico Ambiental del Hormigón Tradicional vs Hormigón Mezclado.....	116
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>118</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>118</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	118
4.2	RECOMENDACIONES .....	120
BIBLIOGRAFÍA .....		121

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:Caracterización y composición de lodos de PTARD.....	32
Tabla 2:Informe de resultados del análisis de aguas.....	46
Tabla 3:Resultados de medición de nivel de presión sonora y comparación con límites permisibles .....	47
Tabla 4:Especies de aves registradas en el área de influencia del estudio.....	49
Tabla 5:Especies de flora registradas en el área de influencia del estudio .....	50
Tabla 6:Identificación de impactos ambientales por la recolección de lodos residuales deshidratados de la PTARD en el área de estudio del proyecto .....	69
Tabla 7: Identificación de impactos ambientales por el transporte de lodos residuales deshidratados de la PTARD al sitio de disposición en el área de estudio del proyecto .....	70
Tabla 8: Identificación de impactos ambientales por la disposición de lodos residuales deshidratados en el sitio de disposición final en el área de estudio del proyecto.....	71
Tabla 9: Valoración de la intensidad.....	74
Tabla 10: Valoración de la extensión.....	74
Tabla 11: Valoración del plazo .....	75
Tabla 12: Valoración de la reversibilidad .....	75
Tabla 13: Valoración del riesgo .....	76
Tabla 14: Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Manipuleo de Lodos y Colocación en Sacos .....	80
Tabla 15: Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Carga de Sacos en Transporte.....	81
Tabla 16: Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Transporte de Lodos Residuales .....	82
Tabla 17: Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Descarga y Manipuleo de Lodos Residuales .....	83
Tabla 18: Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Colocación de Lodos Residuales en Sitio de Acopio .....	84
Tabla 19: Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Transformación de Lodos Residuales en Agregados para Materiales Construcción .....	85

Tabla 20: Resumen de Evaluación de Impactos. Sub Actividad: Manipuleo de Lodos y Colocación en Sacos .....	86
Tabla 21: Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Carga de Sacos en Transporte .....	86
Tabla 22: Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Transporte de Lodos Residuales .....	87
Tabla 23:Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Descarga y Manipuleo de Lodos Residuales.....	87
Tabla 24:Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Colocación de Lodos Residuales en Sitio de Acopio.....	87
Tabla 25:Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Transformación de Lodos Residuales en Agregados para Materiales Construcción .....	88
Tabla 26: Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales .....	90
Tabla 27: Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.....	92
Tabla 28: Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.....	96
Tabla 29: Plan de Contingencia: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales .....	99
Tabla 30: Plan de Capacitación: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales .....	102
Tabla 31: Plan de Salud y Seguridad Ocupacional: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.....	104
Tabla 32: Plan de Salud y Seguridad Ocupacional: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.....	105
Tabla 33: Plan de Manejo de Desechos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales .....	106
Tabla 34: Plan de Relaciones Comunitarias: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.....	108
Tabla 35: Plan de Monitoreo y Seguimiento: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.....	109
Tabla 36: Cronograma de operación y presupuesto del Plan de Manejo Ambiental	112
Tabla 37: Costo por m3 de hormigón vaciado directamente. ....	116

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Remanente de bosque seco tropical en área de estudio .....	48
Ilustración 2. Ave observada entre la vegetación del área de estudio.....	49
Ilustración 3. Flora del área de influencia del estudio. ....	51
Ilustración 4. Flora del área de influencia del estudio.. ....	52
Ilustración 5. Vista aérea del área de estudio del proyecto.....	53
Ilustración 6. Avenida León Febres-Cordero.....	54
Ilustración 7. Vista a nivel de suelo del ingreso a la urbanización La Joya desde la Av. León Febres-Cordero.....	54
Ilustración 8. Congestión vehicular matutina en Av. León Febres-Cordero.....	55
Ilustración 9. Vehículos extra pesados en Av. León Febres-Cordero.....	55
Ilustración 10. Vía Perimetral .....	55
Ilustración 11. Vía a Daule.....	56
Ilustración 12. Vista aérea de la vía secundaria de acceso a la PTARD de La Joya desde la Av. León Febres-Cordero.....	56
Ilustración 13. Vía Secundaria de acceso a la PTARD .....	57
Ilustración 14. Av. Manuela Garaicoa .....	57
Ilustración 15. Av. Manuela Garaicoa .....	58
Ilustración 16. Vía terciaria de acceso a la PTARD.....	58
Ilustración 17. Vía terciaria de acceso a la sitio de recolección de lodos residuales en PTARD.....	59
Ilustración 18. Vía terciaria de acceso a sitio de disposición final de lodos residuales .....	59
Ilustración 19. Área comercial de la urbanización La Joya .....	60
Ilustración 20. Área residencial de la Joya.....	60
Ilustración 21. Área de disposición final de lodos residuales .....	61
Ilustración 22. Vista de la PTARD en el área de estudio.....	62
Ilustración 23. Celda de deshidratación de la PTARD .....	63
Ilustración 24. Lodos residuales en diferentes niveles de deshidratación.....	64
Ilustración 25. Recolección de lodos residuales en celda de deshidratación .....	65
Ilustración 26. Embalaje en sitio de recolección .....	66
Ilustración 27. Sacos con lodos residuales luego de ser descargados en sitio de disposición final .....	67

Ilustración 28. Armado de horno artesanal (pirámide de cocción) .....	67
Ilustración 29. Pirámide de cocción posterior al proceso de incineración del material .....	68
Ilustración 30. Precio Hormigón Tradicional $f'c$ 140 kg/cm <sup>2</sup> vs. Hormigón + 10 % de lodos residuales $f'c$ 250 kg/cm <sup>2</sup> .....	117

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación de Magnitud.....	76
Ecuación 2: Ecuación del Valor de Índice Ambiental (VIA) .....	77

## RESUMEN

El presente estudio determina la viabilidad ambiental y económica de la utilización de lodos residuales provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD), para ser transformados en agregados para materiales de construcción. Para determinar la compatibilidad del proyecto con el medio ambiente, se realizó la identificación de impactos a partir de las actividades relacionadas al proyecto: recolección, transporte, disposición final y transformación. Para el modelo del proyecto se utilizó como sitio de recolección, la PTARD de la urbanización La Joya y para el sitio de disposición final y transformación en agregados, la comunidad de La Ladrillera, ambas ubicadas en el área metropolitana de la ciudad de Guayaquil. Se procedió a realizar la evaluación, valoración ambiental y proposición de un Plan de Manejo Ambiental (PMA), se estableció que los impactos en general son compatibles y ambientalmente sustentables. Adicionalmente, para determinar la viabilidad económica del proyecto se realizó el presupuesto del PMA y cronograma de operación, obteniéndose un costo aproximado de cuatro mil dólares. Finalmente se estableció en el mercado, que el costo de hormigón con  $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$  es aproximadamente  $\$150.17/\text{m}^3$ , mientras que el costo de hormigón mezclado (10% de lodos residuales) y similar resistencia es aproximadamente  $\$116.38/\text{m}^3$ . Si se añade al último, el costo proporcional del PMA, el valor sería de  $\$454.31/\text{m}^3$ . Sin embargo, este valor disminuye al incrementarse el volumen de hormigón mezclado como se analiza en el desarrollo del estudio. Se concluye que mientras mayor es el volumen de hormigón, el costo del hormigón mezclado es más económico que el hormigón tradicional.

**Palabras Claves:** Lodo Residual, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Medio Ambiente, Impacto Ambiental, Matriz Ambiental, Plan de Manejo Ambiental.

## ABSTRACT

The present study determines the environmental and economic feasibility of using sewage sludge from treatment plants, to be transformed into aggregates for construction materials. To determine the compatibility of the project with the environment, an identification of impacts was done from the main activities related to this project: collection, transportation, disposal and processing of the sewage sludge in aggregates for construction materials. For the model of the project was used as a collection site, the domestic wastewater plant of La Joya community and for the disposal site and transformation in aggregates for construction materials, La Ladrillera community, both of which are located in the metropolitan area of the city of Guayaquil. Then, it was performed the evaluation and assessment through an environmental matrix and it was suggested an Environmental Management Plan (EMP), through the results obtained, the impacts in general are compatible and environmentally sustainable. In addition, to determine the economic feasibility of the project, the ERP budget was calculated, resulting in a cost of approximately four thousand dollars. The cost per cubic meter of traditional concrete with  $f'c = 250$  Kg/cm<sup>2</sup> is approximately \$150.17, while the cost per cubic meter of no traditional concrete (with 10% of sewage sludge) with  $f'c = 250$  Kg/cm<sup>2</sup> is approximately \$116.38. If the proportional cost of ERP is added to the value per cubic meter of no traditional concrete, it increases up to \$454.31. However, this value decreases progressively when the volume of no traditional concrete increases.

**Keywords:** Residual Sludge, Residual Sludge, Domestic Wastewater Treatment Plant, Environment, Environmental Impact, Environmental Matrix, Environmental Management Plan.

## INTRODUCCIÓN

Los lodos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) son producto del agua que una vez distribuida a través de las redes públicas de agua potable se utiliza y/o consume para satisfacer las diferentes necesidades de higiene, alimentación, limpieza y aseo personal para las distintas actividades que realizan los seres humanos. En el tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales existe la generación de lodos como consecuencia del proceso de tratamiento que esta recibe. Los lodos son manejados en función del origen y las particularidades que los caracterizan. Los lodos una vez que ingresan a un proceso de tratamiento, toman diferentes denominaciones en función del nivel de tratamiento y/o contenido del mismo, así de esta manera encontramos lodos productos de tratamientos primarios, secundarios y terciarios.

Las características físicas, químicas y biológicas de los lodos en las PTARD se encuentran determinadas por varios factores: poblaciones urbanas, poblaciones rurales, número de habitantes, clima, ubicación geográfica, nivel económico, nivel social y nivel cultural de la personas, entre otros.

La composición típica de los lodos generados en las PTARD es de un alto contenido de agua, contenido de proteínas, un alto número de bacterias patógenas, contenido de carbohidratos, contenido de nitrógeno, contenido de grasas (lípidos), 0.2% a 2% de metales pesados y un pH entre 6.8 y 7.6 (Hernández M. , 1992). De lo anterior, se puede establecer que los lodos provenientes de la PTARD, corresponden a materiales de altísima toxicidad y perjuicio para el medio ambiente.

Los lodos residuales de PTARD se encuentran caracterizados como desechos peligrosos según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) (2012) dentro del listado nacional de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales contenidos en el Registro Oficial del Acuerdo Ministerial 142 publicado el 21 de Diciembre del 2012.

Generalmente en América Latina, los lodos generados en las PTARD se disponen en rellenos sanitarios, basureros a cielo abierto y/o se descargan en cuerpos de agua a través de redes de alcantarillado sanitario, originando una degradación de los mismos y en el caso de los rellenos sanitarios, una disminución en su vida útil proyectada. Todo esta disposición y descarga se realiza sin un tratamiento previo que permita tomar las medidas de protección adecuadas para mitigar la contaminación del suelo y a su vez de las aguas subterráneas, fuente de consumo del líquido vital para muchas poblaciones (Oropeza, 2006).

Los lodos de las PTARD han sido vistos por mucho tiempo como simples desechos sin provecho producto del tratamiento de aguas residuales, estos han sido poco valorados y

mucho menos vistos como un material rentable. Por el contrario, los lodos se han considerado como un problema serio el cual además de significar un riesgo para la salud, acarrea un costo económico dados los diferentes lineamientos ambientales exigidos por las entidades gubernamentales competentes para la recolección, transporte y disposición de los mismos.

En los últimos años países de Europa, Norteamérica y Australia se encuentran investigando y aprovechando los lodos provenientes de las PTARD para generación de energía, fertilizantes y control de contaminación de acuíferos, mientras que en países de América Latina se utiliza los lodos como compost (abono) para tierras agrícolas (Oropeza, 2006). En consecuencia dichos aprovechamientos traen impactos ambientales por los procesos que conllevan la utilización de estos lodos y cuya mitigación varía según las leyes que rigen en cada país.

Muchas veces estos lodos no tienen un correcto manejo y se convierten no solo en un impacto ambiental negativo de consideración por su alto grado de contaminación y composición biológica, sino también, que estos conllevan riesgos serios a la salud de las personas, animales y plantas.

La importancia de este trabajo de titulación radica en la evaluación y manejo de los impactos ambientales que generarían las actividades de transporte, recolección y disposición final de lodos residuales de PTARD en caso de utilizarse como agregados para materiales de construcción, lo que a su vez representaría un costo económico que podría ser decisivo al momento de considerar los lodos residuales con dicho fin. Existe por tanto la necesidad de diagnosticar adecuadamente los requerimientos y necesidades de los procesos que conllevan la operación del proyecto. De la misma manera se desarrollará el Plan de Manejo Ambiental (PMA), el cual estará enfocado a presentar planes para prevenir, mitigar, disminuir, contener, capacitar, monitorear, rehabilitar, etc. Y por lo tanto reducir, manejar, aliviar, atenuar y/o compensar los impactos ambientales negativos y positivos previamente valorados mediante una matriz de criterios relevantes integrados.

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los impactos ambientales que generan los diferentes procesos enlazados con la utilización de lodos residuales de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARD) conciernen a las personas naturales y/o jurídicas que manejan dichas plantas de tratamiento, así como aquellas interesadas en la manipulación de los lodos residuales para usarlos como agregados de materiales de construcción.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) dicta en su Acuerdo Ministerial No. 061, Art. 149 (2015) que las sustancias químicas peligrosas sujetas a control, son aquellas que se encuentran en los listados nacionales de sustancias químicas peligrosas aprobados por la autoridad ambiental nacional. Estos listados nacionales de sustancias químicas peligrosas, serán establecidos y actualizados mediante acuerdos ministeriales.

Siguiendo este precedente, el MAE (2012) caracteriza a los lodos de las PTARD dentro del listado nacional de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales contenidos en el Acuerdo Ministerial 142, Anexo B, Listado 01: Desechos peligrosos por fuente específica. Publicado en Registro Oficial el 21 de Diciembre del 2012. Por otro lado, el Acuerdo Ministerial No. 161 del MAE (2012), presenta un reglamento para la prevención y control de los desechos peligrosos dentro de los cuales están contenidos los lodos de las PTARD. Dicho reglamento declara el interés estatal para el manejo, control y prevención en afinidad con el ámbito ambiental para sustancias químicas y desechos peligrosos tales como los lodos residuales de PTARD.

El manejo de estos desechos así como su disposición y traslado atañe a las entidades y organismos públicos que tienen competencia sobre estos desperdicios así como a las empresas privadas que fungen de gestores ambientales, por tal motivo, específicamente en nuestro país existe una legislación que preserva, regula y protege la salud pública y el medio biótico (plantas, animales) para dicha actividad.

Siguiendo la idea expuesta anteriormente la ley máxima que rige en nuestro país, la Constitución de la República del Ecuador (Asamblea Nacional, 2008, pág. 20), en el Capítulo 7, Derechos de la Naturaleza, Art. 71 establece que: ‘La naturaleza ó Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos

evolutivos'. Por otro lado la Constitución (Asamblea Nacional, 2008, pág. 20) en el segundo inciso del Art. 71 concede a todas las personas, comunidades o nacionalidades la potestad de exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza.

Asimismo, dentro del segundo inciso de la Sección Segunda, (Asamblea Nacional, 2008, pág. 10), se declara que es de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. Así todos somos partícipes y estamos llamados a trabajar para que todas las actividades y sub actividades que incluyen la recolección, transporte y disposición (RTD) de los lodos residuales de las PTARD cumplan y respeten los derechos que posee la naturaleza o Pacha Mama.

Partiendo de esta línea y enfocándose en los problemas, los riesgos y las afectaciones a la salud que generarían los impactos ambientales en el medio biótico en función de las actividades de RTD de lodos residuales, para utilizarlos como agregados para materiales de construcción, la Carta Magna de nuestro país (Asamblea Nacional, 2008, pág. 10) enuncia en el Sección Segunda, Art. 14, lo siguiente: 'Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Por esta razón el Estado es el llamado a exigir a todos los sectores involucrados de la sociedad a adoptar medidas mediante los medios preestablecidos para mitigar o eliminar las consecuencias ambientales perjudiciales para el medio biótico o Naturaleza (Pacha Mama). (Asamblea Nacional, 2008).

Por otro lado esta investigación se ampara en la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) la cual estipula en el Capítulo 2, Art. 8 lo siguiente: 'Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional' (Asamblea Nacional, 2010, pág. 6). De esta manera existe la imperiosa necesidad y obligación de desarrollar el pensamiento universal, desplegar la investigación científica e innovar, buscando alternativas que contribuyan al desarrollo de la sociedad positivamente, teniendo conciencia responsable desde el punto de vista social como ambiental.

### **1.1.1 Justificación**

Esta investigación es pertinente desde el punto de vista social y ambiental puesto que representa una solución frente a un problema que amenaza la salud pública y el medio biótico. El problema ambiental que generan los lodos de las PTARD no debe ser tomado a la ligera,

puesto que al ser un desecho peligroso, genera una serie de problemas socio-ambientales, así como también los problemas que generan las actividades de recolección, transporte y disposición en caso de ser utilizados con fines ingenieriles (materiales de construcción), por tal motivo es necesario un análisis profundo de los impactos ambientales con su respectiva evaluación y propuesta del Plan de Manejo Ambiental con su costo económico.

### **1.1.2 Objetivos de la Investigación**

El trabajo que se expondrá a continuación se basó en cuatro investigaciones previas de trabajos de titulación en donde se expone la posibilidad de utilizar los lodos residuales de las PTARD como agregados para materiales de construcción. Esto requiere de la evaluación de los impactos ambientales que se generan durante las etapas de recolección, transporte y disposición final, así como de un Plan de Manejo Ambiental y su respectivo costo. Luego de exponer el escenario, se enuncian los siguientes objetivos, tanto generales como específicos.

### **1.1.3 Objetivo General**

Evaluar los impactos ambientales positivos y negativos que se generaría con la recolección, transporte y disposición de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para ser usados como agregados para materiales de construcción, con la finalidad de proponer un Plan de Manejo Ambiental para disminuir, mitigar y evitar los posibles impactos que se generarían, producto de las actividades mencionadas.

### **1.1.4 Objetivos Específicos**

- Obtener información secundaria sobre las actividades a realizar para el uso de los lodos deshidratados como agregados para materiales de construcción.
- Realizar visitas de campo para evaluar las condiciones físicas, bióticas y socioeconómicas del área de estudio
- Diagnosticar de manera general el medio físico, biótico y socioeconómico del área de estudio del proyecto.
- Evaluar los principales impactos desde el punto de vista del componente físico, biótico y socioeconómico que se generarían por la recolección, transporte y disposición de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Proponer medidas ambientales con el fin de evitar, mitigar y disminuir los posibles impactos que se generarían en el área de influencia del proyecto.
- Determinar el costo aproximado que representa la implementación del Plan de Manejo Ambiental.

### **1.1.5 Alcance**

El presente trabajo de investigación se fundamenta en la realización de una evaluación de impactos ambientales de las actividades de recolección, transporte y disposición de los lodos residuales deshidratados de la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización La Joya y su posterior disposición final y transformación en la comunidad La Ladrillera para ser utilizados como agregados para materiales de construcción.

La línea de investigación de este proyecto se articula con la protección ambiental, el alcance de esta investigación es exploratorio puesto que se examinará un tema poco estudiado del cual se tienen dudas y no se ha abordado anteriormente, se buscarán respuestas frente a procesos que han sido poco estudiados. Por otro lado el enfoque de la presente investigación es cualitativo porque se ocupa del objeto mismo el cual es la evaluación de impactos ambientales.

La evaluación de impactos ambientales de la recolección, transporte y disposición de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, busca establecer su viabilidad ambiental a través de la legislación vigente, determinar si los impactos a generarse por las actividades anotadas pueden ser mitigados y disminuidos a través de la propuesta de medidas ambientales la cual busca un manejo adecuado y amigable con el ambiente. Para la realización y correcto desarrollo de esta investigación se considerarán visitas de campo al área de estudio del proyecto. De esta manera será posible establecer un diagnóstico de la situación actual y obtener datos que servirán para la respectiva evaluación ambiental y propuesta del Plan de Manejo Ambiental.

## CAPITULO II

### MARCO CONCEPTUAL

#### 2.2 AGUAS RESIDUALES

##### 2.2.1 Definición de Aguas Residuales

Espigares, M. et Pérez López, A. (1985) menciona:

Desde el momento en que aparecieron las primeras poblaciones estables, la eliminación de los residuos ha constituido un problema primordial para las sociedades humanas, ya que surgió la necesidad de deshacerse tanto de las excretas como de los restos de alimentación. Durante las últimas décadas de este siglo, el mundo ha venido observando con inquietud, analizando y tratando de resolver una serie de problemas relacionados con la disposición de los residuos líquidos procedentes del uso doméstico, agrícola e industrial. (pág. 1)

Grefa (2013) afirma “Las aguas residuales se definen como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias” (pág. 2).

A partir del proceso de tratamiento de agua, aparece el término aguas residuales. El ser humano aprendió la eficiencia del manejo del agua, pero descuidó entender qué hacer con el agua una vez utilizada, el dilema de las aguas residuales, sigue siendo una asignatura pendiente con altos costos políticos, financieros y ambientales en casi todos los países del mundo (De Boer, 2013).

Orellana (2015) define:

Las aguas residuales son conocidas también como aguas servidas al ser generadas por uso doméstico o industrial. Son residuales, por haber sido usadas en determinadas funciones: limpieza de viviendas y oficinas, descarga de lavabos, limpieza de autos, baño de personas y animales, fregado de las vajillas, entre otros. Estas aguas grises, si no son tratadas independientemente y se mezclan con las aguas negras, constituyen un residuo, el que no puede reutilizarse para otros usos sin un tratamiento previo, es decir algo que no sirve para el uso directo. (pág. 19)

Espigares, M. et Pérez López, A. (1985) mencionan que las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. Esta investigación se enfocará en las aguas residuales domésticas.

## **2.2.2 Tipos de Aguas Residuales**

### **2.2.2.1 Aguas Residuales Domésticas**

Según Espigares, M. et Pérez López, A. (1985) las aguas residuales domésticas o aguas negras proceden de los residuos orgánicos humanos, del aseo personal, de los desechos de cocina y limpieza del hogar. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.

### **2.2.2.2 Aguas Blancas**

Espigares, M. et Pérez López, A. (1985) menciona que las aguas blancas pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.

### **2.2.2.3 Aguas Residuales Industriales**

Las aguas residuales industriales proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Espigares & Pérez López, 1985).

### **2.2.2.4 Aguas Residuales Agrícolas**

Espigares, M. et Pérez López, A. (1985) expone que las aguas residuales agrícolas procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

### **2.2.3 Tratamiento de Aguas Residuales**

El presente estudio de investigación responde a las aguas residuales originadas en fuentes domésticas.

Según el tratamiento de las aguas residuales como alternativa para disminuir la contaminación de las fuentes receptoras, ha traído consigo impactos positivos para la recuperación de dichas fuentes; sin embargo, su tratamiento, independiente de la tecnología empleada, genera subproductos como son los lodos con diferentes concentraciones y compuestos, los cuales si no son tratados y/o aprovechados, pueden convertirse en otra fuente de contaminación ambiental. A medida que se implementa un mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales, se incrementa la producción de lodos y por tanto la necesidad de encontrar una solución viable y sostenible para las condiciones propias del medio. El manejo de estos residuos es uno de los mayores desafíos técnicos y operacionales del sistema (Lozada, y otros, 2005).

Espigares, M et Pérez López, A. (1985) menciona:

A pesar del éxito conseguido en el control de la contaminación del agua en los países más industrializados, muchos efluentes continúan deteriorando los sistemas acuáticos e interfiriendo en los usos potenciales del agua. Los vertidos de aguas residuales pueden contener desde algunos centenares a varios miles de productos diferentes, muchos de ellos subproductos que ni siquiera han podido ser identificados. Es por esto que las aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un tratamiento adecuado según su composición, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, hasta evitar que se provoquen los problemas enunciados de polución y de contaminación de las aguas receptoras. (pág. 1)

Este trabajo de investigación se fundamenta en los lodos residuales de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, por tanto no se consideran aquellas provenientes de industrias ni de actividades relacionadas con la agricultura, pues su composición es diferente e involucra variables que no se relacionan con este estudio.

## **2.2.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas**

Lizarazo et Orjuela (2013) definen a las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) como el conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar aguas de origen doméstico o residencial mediante procesos, físicos, químicos y biológicos.

Anaya et Villar (2009) definen agregan:

En una planta de tratamiento típica, el agua residual se dirige a lo largo de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos en los que cada uno posee una función para reducir una carga contaminante específica. Dentro del tratamiento de Aguas Residuales existe un gran número de operaciones y procesos disponibles tales como pre tratamiento, tratamiento primero, tratamiento segundo y tratamiento terciario. (pág. 3)

El objetivo de las PTARD es la remoción de las cargas contaminantes generadas por un determinado grupo poblacional a través de distintas etapas previamente diseñadas, para de esta manera realizar un vertimiento con bajas concentraciones de contaminantes, con la finalidad de que el medio ambiente y la naturaleza conserven su equilibrio (Gutiérrez, 2007).

## **2.2.5 Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales**

### **2.2.5.1 Tratamiento Preliminar**

Según Orellana (2015) en esta etapa se produce la eliminación de residuos fácilmente separables y de determinados volúmenes debe realizarse por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, trampas de grasa, imanes, de tamices o cribas de modo que permitan la separación y remoción del material extraño que pueda entorpecer los procesos de tratamiento, obstruyendo los sistemas.

### **2.2.5.2 Tratamiento Primario**

Comprende procesos de sedimentación y tamizado. Se pretende como finalidad, la remoción de los sólidos suspendidos utilizando el proceso de sedimentación simple (Orellana, 2015).

### **2.2.5.3 Tratamiento Secundario**

Orellana (2015) menciona que el tratamiento secundario abarca procesos biológicos tanto aerobios, como anaerobios, así como fisicoquímicos (floculación) que aminoran gran parte de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Tiene como objetivo remover los sólidos en solución y disgregados modificándolos biológicamente y posteriormente sometiéndolos a la sedimentación. Dicho proceso biológico y natural es controlado y en el mismo actúan los microorganismos que se encuentran en el agua servida junto a los que se desarrollan en el contenedor secundario. Estos son fundamentalmente bacterias, que viven de los sólidos coloidales suspendidos, generando en su degradación agua y anhídrido carbónico y formándose como resultado una biomasa bacteriana que cae sobre el estanque secundario.

### **2.2.5.4 Tratamiento Terciario o Avanzado**

Direccionado a la disminución final de metales pesados, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y/o contaminantes químicos específicos, así como la erradicación de parásitos y agentes patógenos. Se lleva a cabo con el objetivo de eliminar algunos contaminantes específicos tales como fosfatos derivados del empleo de detergentes domésticos e industriales, los cuales ocasionan un crecimiento vertiginoso de la flora acuática, consumiendo el oxígeno presente y diezmando la fauna propia del sitio del depósito (Orellana, 2015).

### **2.2.6 Lodos Provenientes de Aguas Residuales Domésticas**

En la mayoría de los procesos de tratamiento normalmente empleados en el tratamiento de las aguas residuales se generan lodos como resultado de la separación de la fase sólido-líquida (sedimentación, flotación, etc.) o durante procesos químicos o biológicos. Estos sólidos usualmente experimentan una serie de procesos como espesamientos, estabilización deshidratación y disposición final (Lozada, y otros, 2005).

Gutiérrez (2007) menciona que las características de los lodos residuales varían mucho dependiendo de su origen, de su edad, del tipo de proceso del cual provienen y de la fuente original de los mismos. Por otro lado Gutiérrez (2007) agrega que los lodos pueden originarse en las diferentes etapas del tratamiento de aguas residuales domésticas, de esta manera pueden ser lodos primarios, provenientes de la sedimentación de aguas residuales; lodos secundarios, originados en tratamientos biológicos; lodos digeridos formados en los dos procesos antes mencionados ya sean mezclados o separados; lodos provenientes de coagulación, lodos provenientes de plantas de ablandamiento y lodos de rejillas y desarenadores.

Todos los lodos crudos tienen un contenido bajo de sólidos (1-6%); por ello, la disposición de su pequeño contenido de sólidos requiere el manejo de un gran volumen de lodo. El problema principal en el tratamiento de lodos radica, por tanto, en concentrar los sólidos mediante la máxima remoción posible de agua y en reducir su contenido orgánico. Los lodos provenientes de aguas residuales están compuestos en especial por la materia orgánica removida del agua residual, la cual eventualmente se descompone y causa los mismos efectos indeseables del agua residual cruda. (Anaya & Villar, 2009)

Los lodos residuales de las PTARD son considerados como desechos peligrosos tal como se planteo en el capítulo I de esta investigación, dentro del cual se hace referencia a la normativa ambiental vigente: el Ministerio de Ambiente del Ecuador a través del Acuerdo ministerial No. 061 (AM-061) publicado en registro oficial el Lunes 04 de Mayo del 2015, y que reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) en su Art. 79 apartado a) menciona que (2015):

‘Se considerarán como desechos peligrosos a los desechos sólidos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente (...)’. (pág. 24)

Aunque, el AM-061 (2015) no mencione directamente a los lodos provenientes de las PTARD como desechos peligrosos, en el apartado b) del Art. 79 del AM-061 se menciona que se considerarán como desechos peligrosos aquellos que se encuentren determinados en los listados nacionales de desechos peligrosos vigentes.

De esta manera, el Acuerdo Ministerial No. 142 (2012) en el Anexo B, Listado 01: Desechos peligrosos por fuente específica, caracteriza a los lodos de las PTARD dentro del listado nacional de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales. Estos lodos poseen un alto contenido de bacterias patógenas (coliformes fecales) que suponen un riesgo para la salud pública y el medio ambiente en general. La caracterización típica de un lodo residual de origen doméstico se muestra en la tabla a continuación.

**Tabla 1**  
Caracterización y composición de lodos de PTARD.

Parámetros	Lodos Primarios	Lodos Secundarios	Lodos Digeridos
pH	5.5-6.5	6.5-7.5	6.8-7.6
Contenido de Agua (%)	92-96	97.5-98	94-97
Ssv (%ss)	70-80	80-90	55-65
Grasas (%ss)	12-14	3-5	4-12
Proteínas (%ss)	4-14	20-30	10-20
Carbohidratos (%ss)	8-10	6-8	5-8
Nitrógeno (%ss)	2-5	1-6	3-7
Fósforo (%ss)	0.5-1.5	1.5-2.5	0.5-1.5
Bacterias Patógenas (NMP/100ml)	10 <sup>3</sup> -10 <sup>5</sup>	100-1000	10-100
Metales Pesados (%ss) (Zn, Cu, Pb)	0.2-2	0.2-2	0.2-2

Fuente: Tomado de Lodos residuales: estabilización y manejo (Oropeza, 2006).

Ssv: Sólidos Suspendedos Volátiles, ss: Sólidos Suspendedos.

NMP: Número Más Probable

### 2.2.7 Utilización de Lodos de PTARD como Agregados para Materiales de Construcción

Como se explicó en la introducción del presente documento, los lodos provenientes de las PTARD son actualmente utilizados para diversos provechos alrededor del mundo. Sin embargo, no se han realizado suficientes investigaciones con respecto al beneficio de los mismos como agregados para materiales de construcción, varios investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) han comenzado un ambicioso proyecto para darles a estos lodos residuales un uso en el área de los materiales.

Según investigaciones preliminares, Orellana (2015) menciona que los lodos provenientes de la PTARD pueden utilizarse en la fabricación de ladrillos artesanales de arcilla, siempre y cuando el porcentaje de dichos lodos residuales no sea mayor al 20% de la mezcla. De esta manera será posible aprovechar estos subproductos de múltiples maneras en la construcción, tales como ladrillos para paredes de mampostería, ladrillos para relleno de losas aligeradas, paneles para vivienda social, entre otros.

Por otro lado, Moncada (2016) agrega la utilización de lodos residuales provenientes de PTARD para la fabricación de hormigón ligero. El hormigón ligero fabricado con 10% de lodos residuales, tiene una relación de peso 20% menor que el hormigón tradicional hecho

con piedra triturada y arena. Esto supone una ventaja al momento de diseñar la cimentación de estructuras puesto que se reduciría el peso que las mismas tendrían que recibir.

Feijoo (2016) en su investigación de lodos residuales de PTARD para ser utilizados como agregado para sub base, menciona que mediante ensayos preliminares, dicho material no clasifica como sub base. Sin embargo, si clasifica como material de mejoramiento, e insta a realizar mayores investigaciones respecto al tema.

La utilización de los lodos residuales de PTARD supone un escenario favorable desde el punto de vista técnico, social, económico y ambiental. Las investigaciones realizadas en la Facultad de Ingeniería de la UCSG marcan un hito sin precedentes para la utilización de lodos residuales como agregados para materiales de construcción y una solución para un problema ambiental latente en la sociedad.

### **2.3 MEDIO AMBIENTE: DEFINICIONES Y ASPECTOS PRINCIPALES.**

Para entender el concepto de medio ambiente, lo primero que se debe definir es el medio, el cual es el alrededor de un organismo vivo, de carácter puramente abiótico, tales como la localización geográfica, condiciones físicas, químicas y climáticas (desértico, acuoso, inerte, ácido, anóxico, hipotérmico, medio de cultivo, etc.). Es el espacio en el que se lleva a cabo algún fenómeno físico, químico biológico, o por el que se puede transmitir una acción, condiciones que describen propiedades de un ambiente o hábitat biológico o social (Mata & Quevedo, 2005).

Según Ponce de León (2001) se puede definir al medio ambiente como el espacio físico que nos rodea y con el cual el ser humano puede interactuar en sus actividades. Este espacio físico está constituido por las personas que nos rodean, el aire que respiramos, la naturaleza que nos circunda y todos los elementos considerados de una forma amplia y sin ninguna excepción. De esta misma manera, se puede decir que el medio ambiente tiene una componente abiótica y otra biótica, la primera formada por la hidrósfera (océanos, lagos, ríos y aguas subterráneas), la litósfera (masa terrestre y suelos) y la atmósfera (aire); y la segunda componente formada por los organismos vivos tales como animales, plantas, hongos, bacterias y virus.

De una forma general se puede decir que existen interrelaciones continuas entre el componente biótico (seres vivos) y el componente abiótico formado por la naturaleza inerte. Estas relaciones han existido naturalmente a través de los siglos dentro de lo que se define como ecosistemas (Ponce de León, 2001).

Otero (2001) agrega:

Es de utilidad reconocer un modelo teórico de funcionamiento del medio ambiente, entendiendo por tal al sistema complejo constituido por dos subsistemas que tienen su propia complejidad y dinámica, y que interactúan entre sí con mayor o menor intensidad y complejidad de forma permanente. (pág. 25)

De la Llata (2003) menciona que el medio ambiente es el conjunto de factores físicos y químicos que rodean a los seres vivos. Los elementos que forman el medio ambiente están estrechamente relacionados, sin embargo, para su estudio se dividen en factores abióticos y bióticos.

Por otro lado, es importante conocer nuestro medio ambiente y sus interacciones con las comunidades, así como también las interrelaciones poblacionales, estudiando su estructura y la forma en que se integran a su entorno para lograr un funcionamiento positivo de los ecosistemas y la biósfera (De la Llata, 2003).

Para reafirmar y tener un conocimiento más amplio acerca del medio ambiente es importante primero definir, entender y manejar términos como medio abiótico, medio biótico, medio humano, ecología, naturaleza, ecosistema, biosfera, entre otros.

### **2.3.1 Naturaleza**

Mata y Quevedo (2005) definen a la naturaleza como: ‘Patrimonio de la vida, obtenido mediante la evolución biológica y geológica de todos los reinos desde la formación de la tierra y que llega a nuestros días en estado prístino o parcialmente alterado’ (pág. 319).

### **2.3.2 Hábitat**

El hábitat es el medio o entorno, inmerso en un biotopo, en el que existe y se desarrolla una planta o animal. Referido al hombre, es el lugar del medio ambiente en el cual se establecen los intercambios inmediatos entre él y los recursos que le son esenciales para cumplir con sus funciones vitales. Los hábitats naturales se caracterizan por tener condiciones del mundo físico y biológico que originalmente rodean a una especie, es el ambiente natural en que una especie vive dentro de un biotipo. Por otro lado existen hábitats artificiales, los cuales poseen condiciones ambientales creadas por el hombre, ya sea producto de sus propias costumbres de vida, del desarrollo de condiciones tendientes a la comodidad o para el desarrollo artificial de otras especies animales o vegetales (Mata & Quevedo, 2005).

Según Hernández (2006), el hábitat es el resultado de las relaciones que el hombre establece con el entorno, y estas relaciones se desarrollan en los planos, social, ambiental, geográfico o de lugar. El hábitat es la interacción dada entre el ser humano y la naturaleza. El hábitat surge como cohesionador de un sistema, en la que la interacción de todos los objetos que lo componen define estructuras de funcionamiento y relaciones de existencia dentro de una red.

### **2.3.3 Ecología**

Según Valverde, Meave, Carabias y Cano-Santana (2005) la palabra ecología proviene de los vocablos griegos ‘oikos’ (casa) y ‘logos’ (estudio). Es decir, la ecología es el estudio de los organismos vivos ‘en su propia casa’, en el medio ambiente en el que habitan y en el que desempeñan todas sus funciones vitales. La ecología estudia las relaciones entre los seres vivos y con su medio ambiente, con esto la ecología trata de comprender la manera en la que estas interacciones determinan, entre otras cosas, las adaptaciones morfológicas y fisiológicas, así como la abundancia, distribución y diversidad de los organismos en la naturaleza.

De la Llata (2003) menciona: ‘La ecología aunque es una ciencia nueva, ha sido aplicada por la humanidad en forma empírica desde tiempos remotos ya que la historia del hombre sobre la tierra no es más que un paulatino avance en el conocimiento y aprovechamiento del medio.’ (pág. 15)

### **2.3.4 Biosfera**

La biosfera es la capa superficial de la Tierra compuesta por un inmenso conjunto de biogeocenosis y ecosistemas, ligados por complejas tramas de relaciones. La Biosfera comprende la capa del suelo y las partes adyacentes de la corteza terrestre, la hidrosfera (agua epicontinental, de mares y océanos) y la primera capa de aire o tropósfera, en las cuales existe la presencia de seres vivos. (Mata & Quevedo, 2005).

### **2.3.5 Ecosistemas**

El ecosistema o también llamado bio sistema es el conjunto de organismos que hay en una zona determinada y que están en equilibrio dinámico con su medio físico o abiótico, los ecosistemas pueden ser naturales, autosuficientes, estables y perdurable. Los ecosistemas son variados, desde la selva tropical, pasando por los desiertos, tundras hasta los cuerpos de agua. Son el conjunto de factores bióticos y abióticos los que determinan el tipo de ecosistema (De la Llata, 2003).

Gómez, D. y Gómez M. T. (2013) mencionan que un ecosistema es el sistema de relaciones que conforman los seres vivos entre sí y con el espacio que habitan, el término ecosistema se refiere a la organización vital en un determinado espacio, donde los seres vivos, plantas y animales, interaccionan entre sí y con el medio en que vive, de tal manera que un ecosistema no tiene una concreción geográfica general sino particular: un ecosistema es un charco de agua, un río, un pastizal, un bosque, etc.

### **2.3.6 Medio Físico o Abiótico**

Otero (2001) dice: ‘El medio físico o abiótico se compone de tres factores que se enlazan: el sustrato geológico (suelo o la tierra), la atmósfera (aire) y los recursos hídricos (agua)’ (pág. 27).

Abiótico significa carente de vida, los factores abióticos o medio físico, se encuentra constituido por elementos físicos y químicos, en el que los organismos vivos se desarrollan. Los factores abióticos más destacados e imprescindibles para el desarrollo de la vida son el agua, el sol, el suelo y sus nutrientes, el aire, el relieve, la luz y el clima. El agua es imprescindible para la vida y se supone que allí se originó. Por otro lado la luz solar proporciona energía. Las variaciones climáticas producidas por la interacción del sol con la atmósfera y la hidrosfera provoca condiciones favorables para el desarrollo biótico; y el suelo, que en su origen era roca que se fue desgastando por un proceso de meteorización por la acción de la lluvia, el viento y las corrientes de agua (DeConceptos, DeConceptos.com, 2016).

### **2.3.7 Medio Biótico**

Según Nebel y Wright (1999) el medio biótico es el conjunto de plantas, animales y microorganismos. Las plantas o flora abarcan desde los grandes árboles hasta las algas, los animales o la fauna constituyen a mamíferos, aves, reptiles, anfibios, insectos y ácaros. Los microorganismos incluyen un extenso conjunto de bacterias, hongos y protozoarios microscópicos.

La fauna o los animales son aquellos seres vivos que poseen movimiento, cumplen el ciclo vital de nacer, crecer, reproducirse y morir, sienten, y se alimentan de sustancias orgánicas, presentes en el mundo exterior, que les proporcionan energía (DeConceptos, 2016).

La flora o las plantas son seres vivos inmóviles, adheridos a la tierra a través de raíces, con las que extraen del suelo sustancias minerales, capaces en su mayoría de producir su propio alimento, utilizando la luz solar, y en su mayoría se sirven de sus semillas para reproducirse, aunque otras lo hacen a partir de sus tallos raíces y hojas (DeConceptos, 2016).

### **2.3.8 Medio Socioeconómico o Humano**

El medio socioeconómico, también llamado humano, es un subsistema del medio ambiente, está construido precisamente por el ser humano a través de sus diversas actividades. Este subsistema incluye dos componentes, el medio social y el medio económico. El primero incluye los factores territoriales, de infraestructura y humano. El segundo abarca las características de la población y de la económica y se encuentra estructurado a partir de unidades sociales tales como la familia, tribus, comunidades, sociedad civil, naciones, etc. El ser humano interactúa con su ambiente natural y lo convierte en un hábitat ordenado, cambiando el entorno de acuerdo a sus necesidades (Otero, 2001).

Por otro lado el Diccionario Didáctico de Ecología (2005) define al medio humano como:

Ambiente natural que ha sido alterado artificialmente por el hombre y su cultura. Está constituido por tres factores básicos: 1) lo abiótico, como la tierra, atmósfera, aire, sonido, clima, olores y sabores; 2) lo biótico, como los animales domésticos, plantas, bacterias y virus y 3) los factores antropogénicos como la higiene, la estética, (...). (pág. 2)

## **2.4 IMPACTOS AMBIENTALES EN EL MEDIO AMBIENTE**

### **2.4.1 Definición de Aspectos Ambientales**

Un aspecto ambiental es cualquier elemento de las actividades, productos y/o servicios que pueden interactuar con el medio ambiente, entendido éste como el medio natural receptor, incluyendo los seres vivos (medio biótico) que viven en él. Se puede establecer que los aspectos ambientales son la causa y los impactos son el efecto o consecuencia. Los aspectos ambientales pueden ser emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales, combustión de combustibles fósiles, aplicación de herbicidas, generación de residuos, entre otros (Fernández, 2006).

Según el Instituto de Tecnología y Formación (2007) la evaluación de los aspectos ambientales es llevada a cabo por el ente o persona competente del medio ambiente y se realiza de acuerdo a criterios que establecen su importancia y que a su vez, permiten valorarlos convenientemente, la identificación de los aspectos ambientales se realiza sobre actividades llevadas a cabo en condiciones normales y anormales, así como en previsibles

situaciones de emergencia. Es importante tener en cuenta que los aspectos ambientales identificados pueden generar distintos efectos o impactos ambientales.

#### **2.4.2 Definición de Impactos Ambientales**

Rodríguez (2002) comenta que el impacto ambiental es una alteración de una determinada variable ambiental provocada por la acción antropogénica. Por variable ambiental se entiende cualquier variable que describe algún aspecto del ambiente, como la densidad de población de una especie animal, diversidad de especies de vegetales en una zona concreta, demanda biológica de oxígeno de un área, entre otras. Es evidente que cualquier acción que cometa el ser humano y que actúe sobre el medio físico, biótico y/o socioeconómico, tendrá una repercusión que se apreciará en la alteración del ecosistema en donde se produzca.

Según Abellán (2006) se entiende por impacto ambiental cualquier alteración del medio derivada de la acción humana. Dicha alteración se expresa por la diferencia entre los cambios del medio a lo largo del tiempo, con y sin la actuación responsable del impacto. Abellán (2006) agrega que se acepta que el impacto ambiental puede tener diferente signo. Es decir, el impacto derivado de una actuación puede ser negativo o positivo, dicha concepción del impacto se encuadra dentro del marco de la teoría de sucesión ecológica.

##### **2.4.2.1 Impactos Ambientales Negativos**

Según Abellán (2006) los impactos ambientales negativos son aquellos que producen una regresión de la comunidad, es aquel impacto que favorece a una degradación del ecosistema. Se consideran a los impactos ambientales negativos como una simplificación del ecosistema, tanto en su organización como en su función.

##### **2.4.2.2 Impactos ambientales positivos**

Un impacto positivo será el resultado de toda aquella obra o actuación que mejore la calidad del medio físico y/o biótico. El impacto ambiental positivo significa una progresión en la sucesión ecológica. Este impacto llevará consigo, de forma general un aumento en la complejidad del ecosistema (Andrés, 2006)

#### **2.4.3 Identificación de Impactos**

Según De Tomás (2013) una de las fases clave de la evaluación de impactos ambientales y también de un estudio de impacto ambiental es la detección de los impactos que podrían producirse como consecuencia de la implementación del proyecto. Y también es un punto absolutamente crucial en lo referente a la selección de alternativas del proyecto, lo cual

significa escoger la solución ambientalmente mas ‘blanda’ técnicamente posible. Sin una adecuada identificación de impactos se corre el riesgo de excluir algunos de ellos que podrían tener una importante significación en el contexto. Y eso depende exclusivamente de lo apropiado del método de identificación que hayamos empleado.

En el proceso de elaboración de un estudio de impacto ambiental es común la utilización de listados ambientales (check list), para identificar y hasta un punto limitado caracterizar los impactos generados por una actividad o proyecto. Los listados ambientales exigen considerar un grupo de actividades normalizadas o efectos para cada acción propuesta, ofreciendo de esta forma uniformidad al proceso de análisis. Los listados ambientales pueden ser usados para determinar umbrales de impacto ambiental. Se exige cautela con las listas tipo cuestionario, donde las respuestas puedan ser "si" o "no". Estas listas desestimulan el proceso de pensamiento y pueden proveer una falsa sensación de evaluación (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016).

El método de detección, cualquiera que este sea, debe asumir que sus objetivos son los de señalar los impactos que resulten significativos. Esta es una apreciación que se debe tener presente, porque cualquier impacto excluido supondrá que este impacto no se tendrá en cuenta y que, por lo tanto, no participará en la selección de posibles alternativas, ni se propondrán para dicho impacto, posibles medidas de protección o corrección. Esa es la razón de la gran importancia de este proceso. Si se pretende identificar los posibles impactos que pudieran derivarse de la implementación del proyecto, es necesario afrontar las acciones potencialmente impactantes y los factores del medio susceptibles de recibir el impacto. (De Tomás, 2013).

#### **2.4.4 Valoración o Caracterización de los Impactos**

Gómez, D. y Gómez, M. T. (2013) mencionan que el valor, mide la gravedad del impacto cuando es negativo y el grado de bondad cuando es positivo; en uno y otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma con que un factor ambiental es alterado. El valor de un impacto dependerá de la cantidad y calidad del factor afectado, de la importancia o contribución de éste a la calidad de vida en el ámbito de referencia, del grado de incidencia o severidad de la afección y de las características del efecto.

Según López (2013) la valoración conduce a definir si el proyecto que se pretende abordar, es excluyente o tiene una capacidad de acogida máxima, alta, media o baja.

La caracterización de los impactos consiste en describir los impactos en términos de los atributos establecidos los cuales son el signo: positivo o negativo, según si el impacto es

benéfico o perjudicial; inmediatez: directo o indirecto, según si el impacto es inmediato o derivado de un efecto primario; acumulación, efecto simple cuando se manifiesta en un solo factor y no induce efectos secundarios; efecto acumulativo cuando se incrementa su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera; sinergia, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples supone un impacto mayor que la suma simple de ellos; momento en que se produce, efecto a corto, media o largo plazo es el que se manifiesta en un ciclo anual, antes de cinco años o en un período mayor respectivamente. Otras caracterizaciones son la persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad y continuidad (Andrés, 2006).

Dicha valoración o caracterización de impactos ambientales puede ser cualitativa o cuantitativa. En la presente investigación se utilizará una metodología de valoración cualitativa.

#### **2.4.4.1 Valoración Cualitativa**

Según Gómez, D. y Gómez, M. T. (2013) la valoración cualitativa consiste en situar cada impacto identificado en un rango de alguna escala de puntuación cuyo tamaño depende del grado de confianza de que se disponga; así valorar en una escala de tres rangos: alto medio y bajo, es más fácil que hacerlo en una de 5: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo; o de 10, que permiten matizar aún más. De esta manera la valoración puede ser simple, cuando cada impacto viene representado por un solo valor y compuesta cuando existen dos valores correspondientes a los dos conceptos que sintetizan el valor del impacto: el primero es la magnitud y cantidad del factor alterado; el segundo es la incidencia y forma de alteración. En ambos casos, la agregación de los impactos sobre los distintos factores para obtener el valor del impacto total, requiere ponderar los factores y hacer luego la suma ponderada.

#### **2.4.4.2 Valoración Cuantitativa**

La valoración cuantitativa puede realizarse de manera sencilla, mediante la adjudicación de un número a una serie de valoraciones cualitativas, de tal forma que se defina un indicador por cada propiedad o característica que pueda ser afectada por la actividad. Una vez definidas las valoraciones, se debe multiplicar estas por un valor de ponderación que permita reflejar la afectación relativa que sufre cada indicador como consecuencia del desarrollo de la nueva actividad o proyecto a desarrollar. (López, 2013)

Gómez, D. y Gómez, M. T. (2013) mencionan que la valoración cuantitativa requiere más información, conocimiento y criterio del evaluador. Primero se requiere determinar el valor de cada impacto en unidades conmensurables, en esta metodología tal valor se atribuye a partir de los índices o valores de incidencia y magnitud. Segundo se encuentra la valoración

global del impacto, la cual requiere ponderar los factores ambientales, es decir, atribuir pesos que representen la contribución relativa de cada uno de ellos a la calidad ambiental del entorno del proyecto.

#### **2.4.5 Indicador de Impacto Ambiental**

López (2013) define: ‘Un indicador ambiental se refiere a la medida de un simple factor ambiental, bajo la hipótesis de que esta medida es indicativa del sistema biofísico o socioeconómico’ (pág. 16).

Se entiende como indicador de un factor ambiental, la expresión por la que es capaz de ser medido. Cuando ésta sea de tipo cuantitativo, la cuantificación será directa, y el indicador será muy similar al propio factor (concentración de fósforo, para medir la cantidad de fosfatos en el agua). En algunos casos el factor sólo será cuantificable de manera indirecta, mediante un modelo o indicador propiamente dicho (índice de ICA para calidad de agua o ecuación de Taylor para medir la erosión). En otros, no se encuentra un indicador cuantificable por lo que se recurre a otros parámetros en términos cualitativos de los cuales pueda realizarse la medición del factor y, en consecuencia, la del efecto que pueda sufrir en base a escalas proporcionales y jerárquicas, como a criterios lo menos subjetivos posibles (Conesa Vítoria, Conesa Ripoll, Capella, & Conesa Ripoll, 1997).

#### **2.4.6 Evaluación de Impactos Ambientales**

Pardo (2002) define:

‘La Evaluación de Impacto Ambiental es un instrumento de planificación y gestión medioambiental cuyo objetivo es la prevención de daños al medio ambiente mediante la previsión a priori, que se aplica y reconoce como tal en muchos países por gobiernos centrales y locales, organismos internacionales, y que además está en constante ampliación’. (pág. 27)

Abellán (2006) define: ‘Se entiende por evaluación de impacto ambiental el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente’ (pág. 73).

Por otro lado, Abellán (2006) agrega que en un desarrollo estrictamente conceptual, se entiende por evaluación de impacto ambiental, el proceso destinado a evaluar los efectos que una actividad puede ocasionar sobre su entorno cuando sea ejecutada, para asesorar sobre la decisión de aceptar o rechazar la propuesta de actuación.

Existen diversos métodos para realizar una evaluación de impacto ambiental, tales como: las matrices ambientales, los mapas de paisaje, los modelos matemáticos ambientales, diagramas secuenciales. Para este trabajo, se utilizará el método de las matrices ambientales.

## **2.5 DEFINICIÓN DE MATRICES AMBIENTALES DE IMPACTO**

Pardo (2002) define que las matrices ambientales de impacto consisten básicamente en cruzar (poner en relación) cada uno de los elementos del proyecto con cada uno de los componentes del medio físico, biótico y socioeconómico afectado. La virtud principal de este método es que, al poner en relación todos los elementos del proyecto con todos los elementos del medio, se consigue una visión inmediata y muy completa de los aspectos a estudiar, al observar que cruces no presentan interacción alguna y cuales sí.

Las matrices son los métodos más empleados en los estudios de impacto ambiental. Las matrices relacionan las actividades del proyecto con los indicadores ambientales seleccionados que potencialmente podrían ser afectados, de forma que la casilla de cada interacción puede ser usada para identificar un posible impacto. Existen diversas matrices como la de Leopold, la de Grandes Presas y la Matriz de Criterios Relevantes Integrados (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016).

Para el desarrollo de este trabajo se utilizará la matriz de criterios relevantes integrados de Buroz.

### **2.5.1 Matriz de criterios relevantes integrados**

La Matriz de Criterios Relevantes Integrados tiene el propósito de efectuar una identificación, calificación y valoración de impactos, en especial los que generan los mayores efectos negativos, de acuerdo a su orden de importancia, obtenido una jerarquización de los mismos, a efectos de proceder a su mitigación y control, mediante la aplicación de medidas ambientales protectoras (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016).

Según González (2013) el método de criterios relevantes integrados se basa en un análisis multicriterio, partiendo de la idea que un impacto ambiental se puede estimar a partir de la discusión y análisis de criterios con valoración ambiental, de los cuales se seleccionan dependiendo de la naturaleza del proyecto.

Para elaborar la matriz de criterios relevantes integrados es necesario seguir los pasos de identificación, valoración y jerarquización; los cuales se desarrollan mediante la

determinación del carácter del impacto, el valor del índice ambiental ponderado (VIA) y el dictamen ambiental.

## **2.6 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

### **2.6.1 Definición del Plan de Manejo Ambiental**

La Guía Técnica para la Elaboración de Planes de Manejo Ambiental (2009), define que el Plan de Manejo Ambiental (PMA) es:

El conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad. (pág. 2)

Un PMA sirve para corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en el desarrollo de un proyecto, obra u actividad; este incluye también los planes de seguimiento, evaluación, monitoreo y los de contingencia. Las medidas a tomarse dentro de un PMA pueden ser de prevención, cuando son obras o actividades encaminadas a prevenir y controlar posibles impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto sobre el medio físico, biótico o socioeconómico; las medidas de mitigación, son aquellas obras o actividades dirigidas a atenuar y minimizar los impactos negativos de un proyecto sobre los diferentes medios; las medidas de corrección, son aquellas obras o actividades encaminadas a recuperar, restaurar, o reparar las condiciones del medio ambiente afectado; y finalmente las medidas de compensación, las cuales hacen referencia a las obras o actividades dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, regiones y localidades por los impactos negativos que no puedan ser evitados, corregidos o satisfactoriamente mitigados (Díaz, 2006).

La Guía Técnica para la Elaboración de Planes de Manejo Ambiental (2009) agrega que el PMA tiene como objetivo mitigar, compensar o eliminar progresivamente en plazos racionales, los impactos ambientales negativos generados por una obra o actividad en desarrollo. Por lo tanto, deberá incluir las propuestas de acción, los programas y cronogramas de inversión necesarios para incorporar las medidas alternativas de prevención de contaminación, cuyo propósito sea optimizar el uso de las materias primas e insumos, y

minimizar o eliminar las emisiones, descargas y/o vertimientos, acorde a lo establecido en la normativa ambiental vigente.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador, a través del Acuerdo Ministerial No. 061 (2015) define al plan de manejo ambiental como:

‘Documento que establece en detalle y en orden cronológico las acciones que se requieren ejecutar para prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los posibles impactos ambientales negativos o acentuar los impactos positivos causados en el desarrollo de una acción propuesta. Por lo general, el Plan de Manejo Ambiental consiste de varios sub-planes, dependiendo de las características de la actividad o proyecto’. (pág. 12)

De la misma manera el Acuerdo Ministerial No. 061 (2015) indica los diferentes sub planes, los cuales tienen sus respectivos programas, presupuestos, responsables, medios de verificación y cronograma:

- a) Plan de Prevención y Mitigación de Impactos;
- b) Plan de Contingencias;
- c) Plan de Capacitación;
- d) Plan de Seguridad y Salud ocupacional;
- e) Plan de Manejo de Desechos;
- f) Plan de Relaciones Comunitarias;
- g) Plan de Rehabilitación de Áreas afectadas;
- h) Plan de Abandono y Entrega del Área;
- i) Plan de Monitoreo y Seguimiento.

## **CAPITULO III**

### **EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO DE ESTUDIO: RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE LODOS RESIDUALES GENERADOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN CASO DE UTILIZARSE COMO AGREGADOS PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

#### **3.1 LÍNEA BASE AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO**

##### **3.1.1 Medio Abiótico o Físico**

###### **3.1.1.1 Suelo**

El área de estudio está constituida principalmente por suelos de origen sedimentario y de formación arcillosa, con ligeras capas de arena. Estos, tienen una alta permeabilidad, durante la época de lluvia no se producen estancamientos de agua.

###### **3.1.1.2 Geología y Geomorfología**

Según el CLIRSEN (1992) el área de estudio se encuentra en una llanura aluvial. Se ubica en terrenos que datan de la era cenozoica, periodo cuaternario, de la época del Holoceno denominado como depósitos aluviales. Entre las formaciones existentes en el área de estudio, se destacan:

Llanura Aluvial Costera (LC).- Antigua inundación ocasional, existe la presencia de valles encajonados (va), basines (Ba), Meandro Abandonado (Ma), cauce antiguo (ca), bancos (Ba).

Depósitos Aluviales (Holoceno).- Compuesto de materiales detríticos sueltos, constituidos de limos, arenas, gravas y cantos rodados. Modelado en llanuras aluviales, con cauce abandonados, meandros abandonados, acarreo diluvial y antiguos pie de montes.

El área de estudio está rodeada por colinas medianas, las cuales se encuentran erosionados por acción antropogénica (canteras, líneas de energía, suelo para uso de viviendas, entre otros).

### 3.1.1.3 Agua (Recurso Hídrico)

El nivel freático en el área de estudio es alto, la precipitación es alta en los meses de invierno (enero-abril) y llueve esporádicamente en verano (mayo-diciembre). Existen cauces de aguas naturales y artificiales alrededor de la PTARD.

Según Eliconsul (2012) el área de estudio está influenciada por el río Daule, segundo tributario del río Guayas, el tiene una longitud de 126 kilómetros, siendo sus principales tributarios los ríos Pedro Carbo, Colímes, Puca y Chongo.

Ecoeficiencia (2011) muestra un análisis de calidad del agua realizado en el río Daule, en un lugar cercano al área de estudio, a partir del cual se obtuvieron los resultados descritos en la tabla mostrada a continuación, los cuales fueron comparados con la Tabla 12 del Libro VI, Anexo 1 del TULAS (2015).

**Tabla 2**  
Informe de resultados del análisis de aguas.

Parámetro	Concentración Obtenida (ug/m3)	Valor Permitido (ug/m3)	Evaluación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	7	100	Cumple
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	37	250	Cumple
Aceites y Grasas	0.5	0.3	Cumple
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	190	100	No cumple
Nitratos	<0,01	10	Cumple
Fosfatos	0.6	10	Cumple

Nota: Tomado de Informe de Resultados Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Urbanístico Villa Italia (2011).

### 3.1.1.4 Aire

#### 3.1.1.5 Calidad del Aire

No existen fuentes de contaminación industrial cercanas al área de estudio, la recirculación del aire es buena, pues el sector goza de brisas constantes y ligeras. Existen frecuentes vientos que renuevan la capa de aire, sin embargo se tiene la presencia de una cantera en los alrededores de la PTARD, lo que en ciertas horas del día genera perturbación sonora y de material particulado.

#### 3.1.1.6 Niveles de Presión Sonora (NPS)

Se escogieron dos puntos para medir el NPS. El primero es la vía principal, Avenida León Febres-Cordero y el segundo punto es el sector en donde se ubica la planta de

tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla a continuación en donde fueron comparados con los valores permisibles indicados en la tabla 1 del Libro VI Anexo 5: Ruido del TULSMA (2015).

**Tabla 3**

Resultados de medición de nivel de presión sonora y comparación con límites permisibles.

Punto de Medición	Tipo de Zona Según su Uso	Nivel de Presión Sonora Medido [dB (A)]	Nivel de Presión Sonora Permisible [dB (A)]
Avenida Principal	Zona Residencial Mixta	86.3	55
En sitio de PTARD	Zona Residencial	43.1	50

Nota: Los valores del nivel de presión sonora son para un horario de 6h00 a 20h00 (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015). Fuente: Elaboración Propia.

### 3.1.1.7 Viento

Según Ecoeficiencia (2011) en el área de estudio, según la escala de Beaufort, predominan los niveles 2 y 3, las cuales se clasifican como brisa muy débil y brisa débil respectivamente. La velocidad media anual del viento predominante es de 7 nudos o 12.95 Km/h. La frecuencia anual de vientos dominantes es del sector Sur-Oeste (SW).

### 3.1.1.8 Caracterización Climática del Sitio

Ecuador al ser un país ubicado sobre la línea ecuatorial, cuenta con dos estaciones definidas, la estación seca que va de mayo a diciembre y la estación lluviosa que va de enero a abril. La temperatura promedio anual del cantón Daule es de 25.3 °C y la precipitación anual promedio es de 905 mm de lluvia. El mes más seco es agosto mientras que el más lluvioso es marzo (Merkel, 2012).

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (2016) indica que los datos de su estación meteorológica ubicada en la Universidad Estatal de Guayaquil son los siguientes: precipitación anual, 966.6 mm; temperatura media anual, 27.7 °C; humedad relativa, 68 %.

Ecoeficiencia (2011) menciona que el clima predominante es de tipo cálido-húmedo, La influencia de las corriente fría de Humboldt y la corriente cálida de El Niño, hacen que el clima donde se localiza el área de estudio sea de tipo tropical sabana y tropical monzón, con temperaturas altas en casi todo el año.

### 3.1.2 Medio Biótico

Dentro de la descripción del medio biótico, se señalan las principales características del mismo en el área de influencia del proyecto de estudio, en el cual se involucra el sistema de gestión de recolección, transporte, disposición final y transformación de lodos residuales en general.

#### 3.1.2.1 Ecosistema

Según Cañadas (1983) se define al área de influencia como región de bosque seco tropical. Los bosques secos tropicales son aquellos que crecen en áreas que no reciben lluvia durante muchos meses del año. En el bosque seco tropical, hay una época seca bien definida, de mayo a diciembre. Muchos árboles en este tiempo están sin hojas. Durante los otros meses del año, las precipitaciones son considerables, y el bosque es húmedo y la flora reverdece (Sullivan, 2014).



**Ilustración 1.** Remanente de bosque seco tropical en área de estudio. Fuente: Autoría Propia.

#### 3.1.2.2 Fauna

En el área de influencia del estudio es posible encontrar insectos, reptiles, anfibios, aves y mamíferos pequeños. La fauna existente no se encuentra amenazada. Según Eliconsul (2012) el único mamífero que se identifica es la raposa o zarigüeya (*Didelphys marsupialis*). El único anfibio que se encuentra es el sapo común (*Rhinella marina*) y el único reptil, la iguana común (*Iguana iguana*). La entomofauna está compuesta por los mosquitos (dípteros), mariposas (lepidópteros) y libélulas (Odonatas). Dentro del área de influencia se identifican 13 especies de aves, que pertenecen a 9 familias las cuales se muestran en la tabla a continuación.

**Tabla 4**

Especies de Aves Registradas en el Área de Influencia del Estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre Vulgar
Ardeidae	Bubulcus ibis	Garceta Bueyera
	Ardea alba	Garceta Grande
	Egrettathula	Garceta Nivea
	Butoridesstriatus	Garcilla Estriada
Cathartidae	Corgyps atratus	Gallinazo
Columbidae	Columbina buckleyi	Tortolita ecuatoriana
Cuculidae	Crotophagaani	Garrapatero
Furnariidae	Furnariuscinnamomeus	Hornero del Pacífico
Icteridae	Diveswarszewiczi	Negro Matorralero
Psittacidae	Forpuscoelestis	Periquito del Pacífico
Thraupidae	Thraupisepiscopus	Azulejo
Tyranidae	Pyrocephalusrubinus	Pájaro Brujo
	Tyrannusmelancholicus	Tirano Tropical

Nota: Tomado de Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental. Eliconsul (2012).



**Ilustración 2.** Ave observada entre la vegetación del área de estudio. Fuente: Autoría Propia.

### 3.1.2.3 Flora

En el área de estudio del proyecto existen remanentes del bosque seco tropical, el cual se encuentra en la parte superior de los cerros de poca altura y que no han sido afectados por la acción antropogénica. Sin embargo, en el sector intervenido, la flora existente son arbustos, pasto, matorrales, especies arbóreas no amenazadas, etc.

La vegetación nativa en su momento fue remplazada por cultivos agrícolas, se observan también ejemplares arbóreos muy dispersos. Sin embargo en el área de influencia se puede

observar especies arbóreas característica del bosque seco tropical. En el área de influencia se pueden observar 30 especies arbóreas y arbustivas, distribuidas en 16 familias, de las cuales 19 especies son nativas y 5 son consideradas endémicas.

**Tabla 5**

Especies de flora registradas en el área de influencia del estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Observaciones
Anacardiaceae	Spondias spp.	Hobo, ciruelo	Árbol nativo, en áreas de terrenos de arrozales
Bignonaceae	Tabebuia spp.	Guayacán	Árbol Nativo
Burseraceae	Bursera graveolens	Palo Santo	Árbol Nativo
Bombacaceae	Ceiba sp.	Ceibo	Vegetal Nativo de América Tropical
	Cavallinesia plataniifolia	Pigio	Árbol Nativo
Convolvulaceae	Ipomoea carnea	Borachera, mata chivo, florón	Arbusto rastrero deciduo, nativa.
	Ipomoea triloba	Bejuco	Trepadora o postrada. Introducida
Cochlospermaceae	Cochlospermum vitifolium	Bototillo	Nativa de América Tropical. Árbol deciduo
Cucurbitaceae	Momordica charantia	Achochilla	Trepadora. Originaria de Asia. Maleza de Áreas disturbadas
Fabaceae	Albizia guachapele	Guachapelí	Árbol nativo, de zonas bajas
	Bauhinia sp.	Tapa Tapa	Introducida
	Geoffroea spinosa	Seca, almendro o pepa de vaca	Árbol nativo
	Gliricidia sepium	Yuca ratón	Introducida, árbol pequeño
	Leucaena trichodes	Chalu, ramón, pelacaballo	Árbol nativo
	Machaerium millei	Cabo de hacha	Árbol nativo
	Mimosa acantholoba	Uña de gato	Arbusto o árbol pequeño nativo
	Pithecellobium paucipinnata	Compoño	Endémica, árbol

	<i>Samanea saman</i>	Samán	Árbol nativo. En zonas bajas
	<i>Sennareticulata</i>	Abejón, flor de abejón, retama	Arbusto o árbol pequeño nativo
	<i>Sennamollisima</i>	Vainillo	Árbol nativo
Elaeocarpaceae	<i>Mutingia calabura</i>	Nigüito	Árbol nativo, de áreas disturbadas
Lecythidaceae	<i>Gustavia</i> spp.	Membrillo	Endémica, árbol pequeño
	<i>Eriothecaruizii</i>	Chirigüa, payaso	Árbol endémico
Malvaceae	<i>Pseudobombaxmillei</i>	Beldaco	Endémica, árbol de hasta 25 metros
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Matapalo, benjamín	Árbol introducido
	<i>Alseiseggersi</i>	Palo de Vaca	Nativo, árbol.
Rubiaceae	<i>Simiraecuadoriensis</i>	Colorado	Árbol endémico
	<i>Guazumaulmifolia</i>	Guasmo	Árbol Nativo de América
Urticaceae	<i>Cecropia</i> spp.	Guarumo, tutumbe	Árbol nativos
Verbenaceae	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	Árbol nativo

Nota: Tomado de Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental. Eliconsul (2012).



**Ilustración 3.** Flora del área de influencia del estudio.  
Fuente: Autoría Propia.



**Ilustración 4.** Flora del área de influencia del estudio.  
Fuente: Autoría Propia.

### **3.1.3 Medio Socioeconómico**

#### **3.1.3.1 Localización Geográfica**

La localización geográfica del área de estudio para la gestión de desechos, se puede separar en tres emplazamientos, definidos por las actividades de recolección, transporte, disposición final y transformación de lodos residuales en caso de utilizarse como agregados para materiales de construcción. Estas localizaciones se encuentran dentro del área metropolitana de la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas, República de Ecuador.

El estudio presentado a continuación se realizó para una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) ubicada en cantón Daule, parroquia urbana satélite La Aurora; la cual sirve a la urbanización La Joya ubicada en el Km. 14 de la Avenida León Febres-Cordero, en dicho lugar se realiza la recolección de lodos residuales. Las coordenadas del sitio son latitud sur  $2^{\circ} 02' 03''$  y longitud oeste  $79^{\circ} 55' 15''$  (UTM: X-620016 Y-9775122) con una elevación de 5 metros sobre el nivel del mar (Google, 2016). Luego, para la transportación de los lodos, se recorren alrededor de 14 kilómetros entre los cantones Daule y Guayaquil, pasando por las parroquias urbanas de La Aurora, Pascuales y Tarqui. Por último, el sitio de disposición final de los lodos residuales se encuentra en el noroeste de la ciudad de Guayaquil, en el sector de La Ladrillera, al cual se llega desde el Km. 14.5 de la Vía a Daule. Las coordenadas del sitio son latitud sur  $2^{\circ} 05' 32''$  y longitud oeste  $79^{\circ} 58' 35''$  (UTM: X-613833 Y-9768708) (Google, 2016). Las localizaciones descritas anteriormente se muestran en el mapa de vista aérea a continuación.



**Ilustración 5.** Vista aérea del área de estudio del proyecto. Fuente Google Maps (2016). Elaboración Propia.

### 3.1.3.2 Aspectos Culturales

Dentro de los aspectos culturales de la población del área de estudio, el idioma predominante es el español ecuatorial, las religiones más practicadas son el catolicismo y el cristianismo. Las tradiciones del medio son religiosas y populares. La población del área de influencia del estudio es urbana y sub urbana. La raza predominante es la mestiza.

### 3.1.3.3 Servicio Básicos

La infraestructura de servicios básicos en el sector de recolección de lodos residuales está satisfecha (urbanización La Joya). El sector cuenta con redes de agua potable, alcantarillado pluvial y alcantarillado sanitario. Existe recolección de desechos y barrido de calles. Por otro lado el área cuenta con una red de energía eléctrica de baja, media y alta tensión. Además, el sector cuenta con redes de telefonía e internet domésticos. Existe un servicio de transporte interno dentro de la urbanización La Joya y buses urbanos en la avenida principal (Av. León Febres-Cordero). En el sector de la disposición final y transformación de los lodos residuales (La Ladrillera) no existen servicios básicos.

### 3.1.3.4 Vías de Circulación del Área de Estudio

#### 3.1.3.5 Vías Principales

El sitio de recolección de lodos residuales se encuentra en la urbanización La Joya, la cual se encuentra sobre la Av. León Febres-Cordero. Es una vía urbana perimetral de pavimento flexible, la cual tiene 6 carriles (3 en cada sentido) y un parterre central que los

divide. Esta vía comunica a la parroquia urbana satélite de La Aurora (cantón Daule) con el cantón Guayaquil y el cantón Samborondón.



**Ilustración 6.** Avenida León Febres-Cordero. Fuente: Diario El Universo (2016).



**Ilustración 7.** Vista a nivel de suelo del ingreso a la urbanización La Joya desde la Av. León Febres-Cordero. Fuente: Panoramio Google Maps (2013).

El tráfico de vehículos motorizados en la Av. León Febres Cordero es fluida en la mayor parte del día, sin embargo, en horas punta de la mañana (7h00 a 9h00) y la tarde (17h00 a 19h00) se observan grandes congestiones. Por esta vía circulan vehículos livianos, vehículos pesados y extra pesados (con y sin carga), motos, buses urbanos y buses intercantonales. Tal como se muestra en las ilustraciones a continuación.

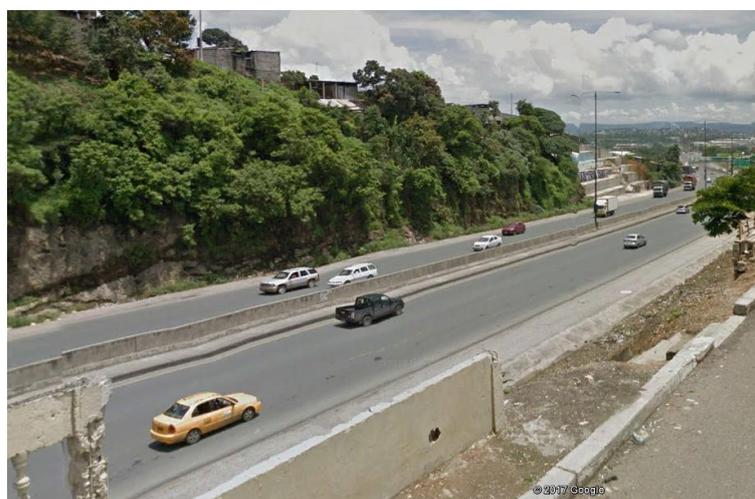


**Ilustración 8.** Congestión vehicular matutina en Av. León Febres-Cordero. Fuente: Autoría Propia.



**Ilustración 9.** Vehículos extra pesados en Av. León Febres-Cordero. Fuente: Autoría Propia.

La segunda vía principal es la Vía Perimetral la cual es una vía rápida de pavimento flexible que bordea a la ciudad de Guayaquil. Cuenta con 6 carriles (3 en cada sentido) y un parterre central que los divide, el tránsito en esta vía es liviano, pesado y extrapesado.



**Ilustración 10.** Vía Perimetral. Fuente: Google Maps (2016).

La tercera vía principal es la Vía a Daule la cual es de pavimento rígido y posee 10 carriles (5 en cada sentido), con un parterre central divisorio. Es una vía urbana que soporta un tránsito liviano, pesado y extrapesado.



**Ilustración 11.** Vía a Daule. Fuente: Google Maps (2016).

### 3.1.3.6 Vías de Acceso Secundarias

La primera vía secundaria de acceso nace en la Av. León Febres- Cordero, es de pavimento asfáltico, soporta un tráfico de vehículos livianos y un número menor de vehículos pesados. Por otro lado existe un transporte público que sirve internamente al sector. Esta vía cuenta con 6 carriles (3 carriles en cada sentido), separados por un parterre central con vegetación ornamental, el cual se corta en retornos y redondeles.



**Ilustración 12.** Vista aérea de la vía secundaria de acceso a la PTARD de La Joya desde la Av. León Febres-Cordero. Fuente: Panoramio Google Maps (2013).



**Ilustración 13.** Vía Secundaria de acceso a la PTARD.  
Fuente: Autoría Propia.

La siguiente vía secundaria es la Av. Manuela Garaicoa la cual nace en el Km. 14.5 de la Vía Daule y llega hasta el ingreso del sector de La Ladrillera. Es una avenida con un tramo de 4 carriles de pavimento rígido (2 en cada sentido) y un tramo con 2 carriles de pavimento rígido (1 en cada sentido).



**Ilustración 14.** Av. Manuela Garaicoa. Fuente: Google Maps (2016).



**Ilustración 15.** Av. Manuela Garaicoa. Fuente: Google Maps (2016).

### **3.1.3.7 Vías de acceso terciarias**

La vía terciaria para el acceso a la recolección de lodos residuales en la PTARD comienza a la altura de la etapa Tiara en la urbanización La Joya y la bordea por el lindero sur hasta llegar a su lindero oeste, este tramo es de dos carriles (1 sentido) y pavimento asfáltico. A partir de ahí es una calle sin ningún tipo de tratamiento hasta la puerta de ingreso de la PTARD (120 metros) tal como se muestra en las ilustraciones mostradas a continuación.



**Ilustración 16.** Vía terciaria de acceso a la PTARD. Fuente: Autoría Propia.



**Ilustración 17.** Vía terciaria de acceso a la sitio de recolección de lodos residuales en PTARD. Fuente: Autoría Propia.

La segunda vía terciaria nace en la Av. Manuela Garaicoa y lleva al lugar de disposición final de los lodos residuales para su futura transformación para ser utilizados como agregados para materiales de construcción. El acceso no tiene ningún tipo de tratamiento.



**Ilustración 18.** Vía terciaria de acceso a sitio de disposición final de lodos residuales. Fuente: Google Maps (2016).

### 3.1.3.8 Descripción Urbanística del Área de Estudio

El uso del suelo en la Urbanización la Joya (sitio de recolección de lodos residuales) es mixto, esto quiere decir que el suelo esta compartido entre residencial y comercial. Sin embargo, el uso de suelo está delimitado y no se mezclan a pesar de estar juntos. La Ordenanza de Edificaciones y Construcciones, ha asignado a la zona un uso de suelo residencial.

Según Ecoeficiencia (2011) el uso permitido es la vivienda y los usos condicionados son: centros comerciales, escuelas, colegios, productoras teatrales y servicios de esparcimiento si se controlan emisiones sonoras en áreas planificadas, separadas del área residencial. Igualmente se permite en solares independientes: organizaciones religiosas, educación preescolar, servicios médicos, y restaurantes.

El sector en donde se ubica el sitio de disposición final de los lodos residuales para su transformación para ser utilizados como agregados para materiales de construcción es sub urbano residencial. Sin embargo, el sector no se encuentra legalizado.



**Ilustración 19.** Área comercial de la urbanización La Joya. Fuente: Conalba Constructora (2017).



**Ilustración 20.** Área residencial de la Joya. Fuente: Autoría Propia.



**Ilustración 21.** Área de disposición final de lodos residuales. Fuente: Tesis de Grado de Ing. Antonio Moncada (2016).

### **3.2 Descripción del Proyecto**

Como se señaló en el objetivo principal del estudio, para el desarrollo de esta investigación, se requiere evaluar los impactos ambientales de las actividades que se generaran producto de la transformación de los lodos residuales de origen doméstico, en agregados para materiales de construcción.

Las actividades que se desarrollarán y que serán evaluadas desde el punto de vista ambiental son: recolección de lodos, transporte, disposición final y transformación en el sitio de procesamiento.

Para la evaluación ambiental se ha tomado como modelo, una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) localizada en el cantón Daule, parroquia urbana satélite La Aurora, urbanización La Joya, Etapa Platino, de donde serán recolectados los lodos y transportados en camiones con capacidad aproximada de 8 m<sup>3</sup>, los mismos que recorrerán la Av. León Febres-Cordero, hasta el sector de La Ladrillera, en el Km. 17 de la Vía a Daule, donde serán depositados para su proceso de transformación en agregados.

#### **3.2.1 Metodología del Estudio**

Según el papel que ejerce el investigador sobre las características del objeto del estudio esta investigación es no-experimental pues no se controlan las variables independientes, dado que el estudio se basa en analizar eventos. Por la manera de recopilar información es una investigación de campo. La forma de la investigación es aplicada y empírica. Según el periodo de tiempo esta investigación es vertical o transversal y según la

perspectiva del tiempo es descriptiva, pues describe las características fundamentales, destacando los elementos que caracterizan el fenómeno estudiado (Benítez, 2011).

Según el análisis del fenómeno este estudio es exploratorio porque examina un tema o problema de investigación poco estudiado, desarrollado o que no ha sido observado antes como lo es la evaluación y manejo de los impactos ambientales que generarían las actividades de transporte, recolección, disposición final y transformación de lodos residuales de PTARD en caso de utilizarse como agregados para materiales de construcción (Benítez, 2011).

### **3.2.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Estudio**

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) de la urbanización La Joya, ubicada en la etapa Platino, fue diseñada con una dotación de 200 lts/hab-día. Dicha planta tiene una población de diseño de 50 000 habitantes. El caudal de diseño es de 0.09 m<sup>3</sup>/s y llegan 2 240 kilogramos de materia seca por día.



**Ilustración 22.** Vista de la PTARD en el área de estudio.  
Fuente Autoría Propia.

El sistema de tratamiento de la PTARD cuenta con un tratamiento primario con rejillas, un reactor orbital, un clarificador de tratamiento secundario con una capacidad máxima de 8000 m<sup>3</sup>, un digestor aeróbico de lodos con una capacidad de 1266.8 m<sup>3</sup> y celdas de deshidratación en donde se depositan y permean los lodos previo a su recolección.

La materia orgánica que ingresa al tratamiento secundario está compuesta por 80% agua, 15% nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y 5% minerales. En este tratamiento se reduce aproximadamente 45% de la materia orgánica, el 55% restante posee un alto contenido de minerales y se lleva al digestor aeróbico luego de 30 días. Una vez que llega al digestor, el

material permanece un mínimo de 30 días, así la materia orgánica se reduce al 16% aproximadamente (10% agua, 2% de nutrientes y 4% de minerales). El porcentaje restante tiene un mayor contenido de minerales y menor contenido de nitrógeno. Este tipo de lodos se llaman lodos estabilizados. Una vez que cumple con el tiempo de retención hidráulica, el lodo estabilizado continúa hacia las celdas de deshidratación.

La PTARD posee 7 celdas de deshidratación de geometría cuadrada de 6 metros por 6 metros. Las celdas de deshidratación poseen un piso con pendiente al centro en donde existe un tubo con agujeros recubierto de una membrana permeable, sobre esta, una cama de piedra, una cama de ladrillo que sirve para estabilizar el piso y por último una geomembrana permeable.



**Ilustración 23.** Celda de deshidratación de la PTARD.

Fuente: Ing. José Peré, Codemet (2016).

Las celdas de deshidratación se llenan de 3 a 4 veces antes de retirar los lodos. La primera vez que se llenan, se espera de 4 a 6 horas para que estos filtren por la presión a través de las capas, una vez transcurrido este tiempo se vuelven a llenar por segunda vez y se espera de 18 a 24 horas, la tercera vez que se llenan, se demora alrededor de 3 días en permear y la cuarta vez, una semana. Una vez cumplido el proceso, se dejan secando los lodos al aire libre de 15 a 20 días, en donde finalmente pueden ser retirados, obteniendo una capa de 8 a 10 centímetros de lodo residual. De cada una de las celdas de deshidratación se obtienen alrededor de 6 m<sup>3</sup> de lodos secos por mes en operación máxima.



**Ilustración 24.** Lodos residuales en diferentes niveles de deshidratación. Fuente: Ing. José Perú, Codemet (2016).

### 3.2.3 Descripción de las Actividades a Ejecutar

El proyecto se basa en la evaluación de las diferentes acciones que se originan e interactúan mediante las actividades relacionadas, con los medios físico, biótico y socioeconómico, derivadas de la manipulación o el contacto con lodos residuales provenientes de las PTARD para ser utilizados como agregados para materiales de construcción.

Se describen tres actividades principales relacionadas directamente con el proyecto de estudio con el objetivo de identificar los posibles aspectos ambientales (causas) e impactos ambientales (efectos) para luego ser evaluados, dictaminados y finalmente presentar un plan de manejo ambiental que los prevenga, mitigue, compense o contenga.

Las actividades y sub actividades que involucran el proyecto de estudio se delimitan en la recolección, el transporte y la disposición de los lodos residuales desde el lugar de obtención en la PTARD hasta el sitio de disposición final para su transformación en agregados para materiales de construcción en la comunidad de la Ladrillera.

### 3.2.3.1 Recolección de Lodos Residuales en la PTARD

Para iniciar con la tarea de transformación de lodos residuales en agregados para materiales de construcción, la primera actividad es la recolección de dichos lodos en la PTARD. Estos lodos se recogerán del sistema de deshidratación de la planta luego de haber cumplido con el tiempo de diseño para su secado. La recolección se realizará con ayuda de al menos dos personas (operadores). Los operadores usarán su respectivo equipo de protección personal y deben colocar los lodos residuales deshidratados en fundas de plástico negras nuevas y estas a su vez, ser colocadas en sacos de tela reusables (embalaje) con la ayuda de una pala metálica de punta cuadrada. Los embalajes no deben tener ningún tipo de abertura o enmendadura. Una vez llenos se les colocará una etiqueta que lo identifique e indique su grado de peligrosidad, finalmente se sellarán adecuadamente. Una vez terminada la recolección de lodos se procede a cargar los sacos manualmente en el vehículo autorizado evitando cualquier rasgadura o daño en el embalaje. Las labores de recolección y carga se desarrollarán siempre durante el día.



**Ilustración 25.** Recolección de lodos residuales en celda de deshidratación. Fuente: Tesis de Grado de Ing. Antonio Moncada (2016).



**Ilustración 26.** Embalaje en sitio de recolección. Fuente: Tesis de Grado de Ing. Antonio Moncada (2016).

### **3.2.3.2 Transporte de Lodos Residuales**

El vehículo de transporte debe tener una capacidad adecuada, dicho transporte debe ser conducido por un operador que cuente con licencia profesional Tipo E y un auxiliar, tanto el conductor como el auxiliar deben verificar que los sacos que contienen el material estén fijos y seguros con soportes adecuados. El camión que los transporte deberá cumplir con los requerimientos legales para su libre circulación y estar en buen estado. El camión recorrerá aproximadamente 14 kilómetros en los cuales circulará en las vías de primer, segundo y tercer orden, mencionadas en la descripción de las vías de circulación dentro del medio socioeconómico del área de estudio. El transporte debe salir del sitio de recolección en un horario definido que evite las horas de mayor tráfico.

### **3.2.3.3 Disposición de Lodos Residuales en La Ladrillera**

Una vez que el vehículo arribe al sitio de descarga, las personas encargadas deberán revisar con precaución que el embalaje no haya sufrido daño alguno durante el trayecto y deben revisar el sello para confirmar su contenido. Los operadores que realicen la descarga deben de tener en todo momento su equipo de protección personal en buen estado. Se descargarán los sacos uno por uno y se colocarán en el sitio de acopio previamente designado. Una vez que el contenido del embalaje haya sido vaciado, se esterilizarán los sacos para ser reusados y se esterilizarán las fundas de plástico para ser dispuestas en un sitio adecuado. La limpieza del vehículo de transporte deberá ser hecha en lugares autorizados. Luego para su transformación, se mezclarán en un porcentaje de 10%-20% lodos residuales y 80%- 90% de arcillas para ser usados como agregados para materiales de construcción. Luego, el material se deja secando al aire libre o dentro de una cámara de secado. Finalmente se utiliza un horno

artesanal, el cual puede ser una pirámide de cocción, para lograr una temperatura adecuada (superior a los 750°C) (Gnecco & Marquina, 2000), el material se coloca en el horno y se somete a la incineración, finalmente es retirado para su provecho como agregados para materiales de construcción. Lo descrito anteriormente se muestra en las ilustraciones mostradas a continuación.



**Ilustración 27.** Sacos con lodos residuales luego de ser descargados en sitio de disposición final. Fuente: Tesis de Grado de Ing. Antonio Moncada (2016).



**Ilustración 28.** Armado de horno artesanal (pirámide de cocción). Fuente: Tesis de Grado de Ing. Xavier Orellana (2015).



**Ilustración 29.** Pirámide de cocción posterior al proceso de incineración del material. Fuente: Tesis de Grado de Ing. Xavier Orellana (2015).

### **3.3 IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN**

#### **3.3.1 Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales**

Para evaluar los impactos que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en PTARD en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción, se deben identificar las sub actividades, luego relacionar los aspectos e impactos ambientales, caracterizados con su signo. Lo anteriormente descrito, se muestra en las tablas a continuación.

**Tabla 6**

Identificación de impactos ambientales por la recolección de lodos residuales deshidratados de la PTARD en el área de estudio del proyecto.

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO
RECOLECCIÓN DE LODOS RESIDUALES	Manipuleo de Lodos y Colocación en Sacos de Lodos Residuales (PTARD)	Generación de Residuos Peligrosos	Contaminación del Aire	Negativo
			Contaminación del Agua	
			Contaminación del Suelo	
			Destrucción de Flora y Fauna	
		Salud y Seguridad Ocupacional	Enfermedades Profesionales	Negativo
			Accidentes Laborales	
		Social	Afectación a la Salud Pública	Negativo
	Empleo		Positivo	
	Carga de Sacos en Transporte	Generación de Residuos Peligrosos	Contaminación del Aire	Negativo
			Contaminación del Agua	
			Contaminación del Suelo	
			Destrucción de Flora y Fauna	
		Salud y Seguridad Ocupacional	Enfermedades Profesionales	Negativo
			Accidentes Laborales	
Social		Afectación a la Salud Pública	Negativo	
	Empleo	Positivo		

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 7**

Identificación de impactos ambientales por el transporte de lodos residuales deshidratados de la PTARD al sitio de disposición en el área de estudio del proyecto.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>SUBACTIVIDADES</b>	<b>ASPECTO AMBIENTAL</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>SIGNO</b>
TRANSPORTE DE LODOS RESIDUALES	Transporte de Lodos Residuales	Emisiones de Niveles de Presión Sonora	Contaminación del Ambiente (Ruido)	Negativo
		Emisiones de Gases de Combustión	Contaminación del Aire y Efecto Invernadero	Negativo
		Emisión de Material Particulado	Contaminación del Aire	Negativo
		Generación de Residuos Peligrosos	Contaminación del Agua	Negativo
			Contaminación del Suelo	
		Uso de Combustible	Agotamiento de Recursos	Negativo
		Social	Salud Pública	Negativo
			Protestas de la Comunidad	
Empleo	Positivo			
Generación de Expectativas				

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 8**

Identificación de impactos ambientales por la disposición de lodos residuales deshidratados en el sitio de disposición final en el área de estudio del proyecto.

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO
DISPOSICIÓN DE LODOS RESIDUALES	Descarga y Manipuleo de Lodos Residuales	Generación de Residuos Peligrosos y Sólidos Reciclables (Sacos)	Contaminación del Aire	Negativo
			Contaminación del Agua	
			Contaminación del Suelo	
			Dstrucción de Flora y Fauna	
		Salud y Seguridad Ocupacional	Enfermedades Profesionales	Negativo
			Accidentes Laborales	
		Social	Afectación a la Salud Pública	Negativo
			Empleo	Positivo
	Colocación de Lodos Residuales en Sitio de Acopio (La Ladrillera)	Generación de Residuos Peligrosos	Contaminación del Aire	Negativo
			Contaminación del Agua	
			Contaminación del Suelo	
			Dstrucción de Flora y Fauna	
		Componente Paisajístico	Degradación del Paisaje	Negativo
		Salud y Seguridad Ocupacional	Enfermedades Profesionales	Negativo
			Accidentes Laborales	
		Social	Afectación a la Salud Pública	Negativo
Protestas de la Comunidad				
Empleo			Positivo	
Generación de Expectativas				

Fuente: Elaboración Propia.

### Continuación Tabla 8

Identificación de impactos ambientales por la disposición (transformación) de lodos residuales deshidratados en el sitio de disposición final en el área de estudio del proyecto.

ACTIVIDAD	SUBACTIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	SIGNO
DISPOSICIÓN DE LODOS RESIDUALES	Transformación de Lodos Residuales Mezclados con Arcilla en Agregados para Materiales de Construcción. (Proceso de Incineración y Cocción)	Emisión de Material Particulado	Contaminación del Aire	Negativo
		Salud y Seguridad Ocupacional	Enfermedades Profesionales	Negativo
			Accidentes Laborales	
		Contención de Residuos Peligrosos	Reducción de la Contaminación al Medio Físico y Biótico	Positivo
		Social	Empleo	Positivo
			Reducción de Enfermedades	
Generación de Expectativas				

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.2 Valoración de los Impactos Ambientales

Una vez identificados los aspectos ambientales con sus respectivos impactos, se procede a realizar la valoración cualitativa utilizando los criterios de la matriz de criterios relevantes integrados de Buroz, para esto se debe determinar el carácter del impacto, el valor del índice ambiental ponderado (VIA) y por último dar el dictamen de los impactos. Cada uno de los componentes de la matriz de Buroz así como las ecuaciones a utilizar para la obtención de resultados, se describen a continuación.

#### 3.3.2.1 Determinación del Carácter del Impacto

##### 3.3.2.1.1 Carácter genérico

Hace referencia a la consideración positiva o negativa respecto al estado previo de la ejecución de cada actividad del proyecto. El impacto sobre un componente ambiental puede ser beneficioso, en el caso de que represente una mejoría con respecto al estado previo a la acción o adverso en el caso de que ocasione un daño o alteración al estado previo a la actuación (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016).

Conesa y otros (1997) agregan que el carácter genérico hace referencia al signo del efecto, y por tanto del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que actúan sobre los diferentes factores considerados. Al desarrollar un proyecto se estudian los impactos perjudiciales, o sea los que presentan signo negativo (-).

#### **3.3.2.1.2 Duración**

La duración de un impacto puede ser permanente, temporal o eventual; el primero hace referencia si el impacto parece en forma continua o bien tiene un efecto intermitente pero sin final, originando alteración indefinida; el segundo se refiere si el impacto se presenta en forma intermitente o continua, pero con un plazo limitado de manifestación; el último se da cuando un efecto se presenta en forma esporádica o eventual (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016).

#### **3.3.2.1.3 Tipo de Efecto**

Un efecto por su tipo puede ser directo cuando el impacto tiene repercusión inmediata en el área de influencia del proyecto e indirecto cuando el impacto se produce por las interdependencias con el ambiente u otras actividades diferentes al proyecto (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016).

#### **3.3.2.1.4 Importancia**

La importancia hace referencia a la asignación valorada de la gravedad del efecto y ésta puede ser expresada en la escala de mayor, media o menor. Para su valoración se toman en cuenta aspectos como el indicador ambiental afectado, las características de los indicadores ambientales afectados, la extensión del efecto y la reversibilidad (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016).

### **3.3.2.2 Determinación del Valor de Índice Ambiental Ponderado (VIA)**

#### **3.3.2.2.1 Intensidad**

Según González (2013) la intensidad es la cuantificación de la fuerza, peso o rigor con que se manifiesta el proceso impacto puesto en marcha, esta puede ser alta, moderada o baja.

Se refiere al vigor con que se manifiesta el cambio por las acciones del proyecto. Basado en una calificación subjetiva se estableció la predicción del cambio neto entre las condiciones con y sin proyecto. El valor numérico de la intensidad se relaciona con el índice de calidad ambiental del indicador elegido, variando entre 2 y 10, tal como se muestra en la

Tabla 1 mostrada a continuación. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1995)

**Tabla 9**

Valoración de la intensidad.

Intensidad	Valoración
Alta	10
Moderada	5
Baja	2

Nota: Tomado de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995).

### 3.3.2.2.2 Extensión

Es la superficie afectada por las acciones del proyecto tanto directa como indirectamente o el alcance global sobre el componente ambiental (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1995).

Según González (2013) la extensión es la influencia espacial o superficie afectada por la acción antrópica. Es decir, medida del ámbito espacial o superficie donde ocurre la afectación.

Conesa y otros (1997) mencionan que la extensión se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual. Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto sería extensivo. Si está entre estas dos extensiones, el impacto se puede considerar localizado.

**Tabla 10**

Valoración de la extensión.

Extensión	Valoración
Generalizado o extensivo	10
Local	5
Puntual o muy local	2

Nota: Tomado de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995).

### 3.3.2.2.3 Plazo

Según González (2013) el plazo es el lapso o tiempo que dura la perturbación. Es el período durante el cual se sienten las repercusiones del proyecto o número de años que dura la acción que genera el impacto, el plazo puede ser corto (0-1 años); medio (1-5 años); o largo (mayor a 5 años).

El plazo establece el período de tiempo durante el cual las acciones propuestas involucran cambios ambientales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1995).

**Tabla 11**  
Valoración del plazo.

Tiempo o duración (años)	Plazo	Valoración
< 1	Corto	2
1 a 5	Mediano	5
>5	Largo	10

Nota: Tomado de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995).

#### 3.3.2.2.4 Reversibilidad

Según Hernández-Columbié y Ulloa-Carcasés (2014) esta variable considera la capacidad del sistema de retornar a las condiciones originales una vez cesada la actividad generadora del impacto.

Según Conesa y otros (1997) la reversibilidad es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995) menciona que la reversibilidad es la capacidad del sistema de retornar a una situación de equilibrio similar o equivalente a la inicial.

**Tabla 12**  
Valoración de la reversibilidad.

Categoría	Capacidad de Reversibilidad	Valoración
Irreversible	Baja o irrecuperable	10
Parcialmente irreversible	Media: Impacto reversible a largo plazo	5
Reversible	Alta: Impacto reversible a corto plazo	2

Nota: Tomado de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995).

#### 3.3.2.2.5 Riesgo

Según González (2013) el riesgo es la probabilidad de que el efecto ocurra. Este puede ser bajo (1-10%); medio (10-50%); y alto (mayor a 50%).

Se refiere a la probabilidad de ocurrencia del efecto sobre la globalidad del componente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1995).

**Tabla 13**  
Valoración del riesgo.

Probabilidad	Rango (%)	Valoración
Alta	>50	10
Media	10-50	5
Baja	1-10	2

Nota: Tomado de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1995).

### 3.3.2.3 Cálculo del Valor de Índice Ambiental Ponderado

#### 3.3.2.3.1 Magnitud

Según Hernández-Columbié y Ulloa-Carcasés (2014) la magnitud del impacto ambiental no necesita ser calificada ya que su valor es obtenido relacionando las variables anteriores (intensidad, extensión y duración). Sin embargo, cada variable no influye de la misma manera sobre el resultado final de la magnitud.

La magnitud es la valoración del efecto de la acción, es un indicador complejo que sintetiza la intensidad, la extensión del efecto o la influencia espacial y el plazo en que se manifiesta el impacto. Para cada una de las interacciones ambientales se obtiene el valor de la magnitud a partir de la siguiente función (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016):

#### Ecuación 1: Ecuación de Magnitud

$$M = I \times Wi + E \times We + P \times Wp$$

Donde:

M= magnitud

I = intensidad

Wi = peso del criterio intensidad

E = extensión

We = peso del criterio extensión

P = plazo

Wp = peso del criterio plazo

W intensidad= 0.40

W extensión= 0.40

W duración= 0.20

En la ecuación anterior, WI, WE y WD, son factores adimensionales que representan el peso de incidencia de la variable considerada sobre la magnitud del impacto, y cuyo valor numérico individual es inferior a 1. La suma de los tres coeficientes de peso en conjunto debe ser siempre igual a la unidad (Hernández-Columbié & Ulluoá-Carcasés, 2014).

### 3.3.3 Valor de Índice Ambiental (VIA)

El desarrollo del índice de impacto se logra a través de un proceso de inclusión, mediante una expresión matemática que integra los criterios anteriormente señalados. El VIA puede adoptar un valor entre un mínimo de 2 y un máximo de 10 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1995).

Para cada una de las calificaciones de la relación acción-componente, se obtendrá el Valor de Índice Ambiental Ponderado (VIA) a partir de relacionar reversibilidad, riesgo y magnitud a partir de la siguiente expresión (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016):

#### Ecuación 2: Ecuación del Valor de Índice Ambiental (VIA)

$$VIA = R^{Wr} \times Rg^{Wrg} \times M^{Wm}$$

Donde:

VIA= Valor de Índice Ambiental

R = reversibilidad

Wr = peso del criterio de reversibilidad

Rg = riesgo

Wrg = peso del criterio de riesgo

M = magnitud

Wm = peso del criterio de magnitud

W magnitud= 0.61

W reversibilidad= 0,22

W riesgo= 0.17

### 3.3.3.1 Dictamen de impactos ambientales

El Instituto Geológico y Minero de España define que el dictamen de impactos ambientales puede tener cuatro resultados (1988) descritos a continuación:

‘**Compatible:** impacto de poca entidad, con recuperación inmediata de las condiciones originales tras el cese de la acción. No se precisan prácticas correctoras. **Moderado:** la recuperación de las condiciones originales requiere cierto tiempo. No se necesitan medidas correctoras. **Severo:** la magnitud del impacto exige la adecuación de prácticas correctoras para la recuperación de las condiciones iniciales del medio. Aún con estas medidas, la recuperación exige un periodo de tiempo dilatado. **Crítico:** la magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de prácticas o medidas correctoras’. (pág. 18)

#### 3.3.3.1.1 Compatible

Cuando la recuperación es inmediata tras el cese de la acción. Casi no se necesitan prácticas protectoras, correctoras o mitigantes. El rango es el siguiente (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016):

$$2.00 < VIA < 3.99$$

#### 3.3.3.1.2 Moderado

Aquel que para su recuperación es necesario de prácticas protectoras, correctivas o mitigantes no muy intensivas y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo. El rango es el siguiente (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016):

$$4.00 < VIA < 5.99$$

#### 3.3.3.1.3 Severo

Aquel que para la recuperación de las condiciones del ambiente exige la adopción de medidas protectoras, correctoras o mitigantes intensivas, y a pesar de las medidas, la recuperación precisa de un período de tiempo dilatado. El rango es el siguiente (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016):

$$6.00 < VIA < 7.99$$

#### **3.3.3.1.4 Crítico**

Cuando la magnitud del impacto es superior al límite máximo permisible aceptable y se produce una pérdida permanente e irreversible de las condiciones ambientales, sin la posibilidad de recuperación, incluso con la adopción de prácticas correctoras. El rango está comprendido entre (Vásconez, Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental, 2016):

$$8.00 < VIA < 10.00$$

### **3.4 Evaluación de Impactos Ambientales**

La evaluación se enmarca en los impactos ambientales que se generarían por las actividades de recolección en la PTARD, transporte y disposición final en La Ladrillera de los lodos residuales, para luego ser transformados en agregados para materiales de construcción. A continuación se mostrarán las matrices con la respectiva valoración cualitativa, cálculo de la magnitud, VIA y dictamen.

**Tabla 14**

Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Manipuleo de Lodos y Colocación en Sacos.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Duración	Tipo de Efecto	Importancia	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VIA	Dictamen
<b>Físico</b>	Ruido												
	Gases de Combustión												
	Contaminación del Aire	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	5	2	2	2	3.2	2.66	Compatible
	Contaminación del Agua	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	5	5	2	2	5	4.4	3.78	Compatible
	Contaminación del Suelo	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	5	2	2	2	5	3.2	3.11	Compatible
<b>Biótico</b>	Flora	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
	Fauna	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
<b>Socio Económico</b>	Generación de Expectativas												
	Protestas de la Comunidad												
	Paisaje												
	Calidad de Vida												
	Salud Pública	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	5	3.2	4.44	Moderado
	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	10	3.2	4.99	Moderado
	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Permanente	Directo	Mayor	2	2	2	2	10	2.0	2.63	Compatible

Fuente: Adaptado de Vásquez (Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental., 2016). Elaboración Propia

VALOR DE INDICE AMBIENTAL			
Compatible	Moderado	Severo	Crítico
2.00 < VIA < 3.99	4.00 < VIA < 5.99	6.00 < VIA < 7.99	8.00 < VIA < 10.00

**Tabla 15**

Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Carga de Sacos en Transporte.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Duración	Tipo de Efecto	Importancia	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VIA	Dictamen
<b>Físico</b>	Ruido												
	Gases de Combustión												
	Contaminación del Aire	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	5	2	2	2	3.2	2.66	Compatible
	Contaminación del Agua	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	2	5	2	2	5	3.2	3.11	Compatible
<b>Biótico</b>	Contaminación del Suelo	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
	Flora	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
<b>Socio Económico</b>	Fauna	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
	Generación de Expectativas												
	Protestas de la Comunidad												
	Paisaje												
	Calidad de Vida												
	Salud Pública	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	5	3.2	4.44	Moderado
	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	10	3.2	4.99	Moderado
Empleo y Mano de Obra	Positivo	Permanente	Directo	Mayor	2	2	2	2	10	2.0	2.63	Compatible	

Fuente: Adaptado de Vásconez (Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental., 2016). Elaboración Propia

VALOR DE INDICE AMBIENTAL			
Compatible	Moderado	Severo	Crítico
2.00 < VIA < 3.99	4.00 < VIA < 5.99	6.00 < VIA < 7.99	8.00 < VIA < 10.00

**Tabla 16**

Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Transporte de Lodos Residuales.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Duración	Tipo de Efecto	Importancia	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VIA	Dictamen
<b>Físico</b>	Ruido	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	10	2	2	2	10	5.2	4.71	Moderado
	Gases de Combustión	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	10	2	2	2	10	5.2	4.71	Moderado
	Contaminación del Aire	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	5	2	2	2	10	3.2	3.50	Compatible
	Contaminación del Agua	Negativo	Temporal	Indirecto	Media	10	2	2	2	5	5.2	4.19	Compatible
	Contaminación del Suelo	Negativo	Temporal	Indirecto	Media	5	2	2	2	5	3.2	3.11	Compatible
<b>Biótico</b>	Flora	Negativo	Eventual	Directo	Media	5	2	2	2	2	3.2	2.66	Compatible
	Fauna	Negativo	Eventual	Directo	Media	5	2	2	2	2	3.2	2.66	Compatible
<b>Socio Económico</b>	Generación de Expectativas	Positivo	Permanente	Indirecto	Media	10	5	5	2	5	7.0	5.02	Moderado
	Protestas de la Comunidad	Negativo	Eventual	Indirecto	Media	5	2	5	2	5	3.8	3.46	Compatible
	Paisaje												
	Calidad de Vida												
	Salud Pública	Negativo	Permanente	Indirecto	Mayor	10	2	2	10	5	5.2	5.96	Moderado
	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	5	3.2	4.44	Moderado
	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Permanente	Directo	Mayor	2	2	2	2	10	2.0	2.63	Compatible

Fuente: Adaptado de Vásquez (Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental., 2016). Elaboración Propia

VALOR DE INDICE AMBIENTAL			
Compatible	Moderado	Severo	Crítico
2.00 < VIA < 3.99	4.00 < VIA < 5.99	6.00 < VIA < 7.99	8.00 < VIA < 10.00

**Tabla 17**

Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Descarga y Manipuleo de Lodos Residuales.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Duración	Tipo de Efecto	Importancia	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VIA	Dictamen
<b>Físico</b>	Ruido												
	Gases de Combustión												
	Contaminación del Aire	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	5	2	2	2	3.2	2.66	Compatible
	Contaminación del Agua	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	5	5	2	2	5	4.4	3.78	Compatible
	Contaminación del Suelo	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	5	2	2	2	5	3.2	3.11	Compatible
<b>Biótico</b>	Flora	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
	Fauna	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
<b>Socio Económico</b>	Generación de Expectativas												
	Protestas de la Comunidad												
	Paisaje												
	Calidad de Vida												
	Salud Pública	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	5	5	3.2	3.81	Compatible
	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	10	3.2	4.99	Moderado
	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Permanente	Directo	Mayor	2	2	2	2	10	2.0	2.63	Compatible

Fuente: Adaptado de Vásconez (Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental., 2016). Elaboración Propia

<b>VALOR DE INDICE AMBIENTAL</b>			
<b>Compatible</b>	<b>Moderado</b>	<b>Severo</b>	<b>Crítico</b>
<b>2.00 &lt; VIA &lt; 3.99</b>	<b>4.00 &lt; VIA &lt; 5.99</b>	<b>6.00 &lt; VIA &lt; 7.99</b>	<b>8.00 &lt; VIA &lt; 10.00</b>

**Tabla 18**

Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Colocación de Lodos Residuales en Sitio de Acopio.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Duración	Tipo de Efecto	Importancia	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VIA	Dictamen
<b>Físico</b>	Ruido												
	Gases de Combustión												
	Contaminación del Aire	Negativo	Temporal	Directo	Media	2	5	2	2	2	3.2	2.66	Compatible
	Contaminación del Agua	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	5	2	2	2	5	3.2	3.11	Compatible
	Contaminación del Suelo	Negativo	Temporal	Directo	Mayor	10	2	2	2	10	5.2	4.71	Moderado
<b>Biótico</b>	Flora	Negativo	Temporal	Directo	Media	5	2	2	2	5	3.2	3.11	Compatible
	Fauna	Negativo	Temporal	Directo	Media	5	2	2	2	5	3.2	3.11	Compatible
<b>Socio Económico</b>	Generación de Expectativas	Positivo	Permanente	Indirecto	Media	5	2	2	5	10	3.2	4.28	Moderado
	Protestas de la Comunidad	Negativo	Eventual	Directo	Menor	2	2	2	2	5	2.0	2.34	Compatible
	Paisaje	Negativo	Temporal	Directo	Media	5	2	2	2	10	3.2	3.50	Compatible
	Calidad de Vida												
	Salud Pública	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	5	5	3.2	3.81	Compatible
	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	10	3.2	4.99	Moderado
	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Permanente	Directo	Mayor	2	2	2	2	10	2.0	2.63	Compatible

Fuente: Adaptado de Vásconez (Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental., 2016). Elaboración Propia

VALOR DE INDICE AMBIENTAL			
Compatible	Moderado	Severo	Crítico
2.00 < VIA < 3.99	4.00 < VIA < 5.99	6.00 < VIA < 7.99	8.00 < VIA < 10.00

**Tabla 19**

Matriz de Criterios Relevantes Integrados. Sub actividad: Transformación de Lodos Residuales en Agregados para Materiales Construcción.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Duración	Tipo de Efecto	Importancia	Intensidad	Extensión	Plazo	Reversibilidad	Riesgo	Magnitud	VIA	Dictamen
<b>Físico</b>	Ruido												
	Gases de Combustión												
	Contaminación del Aire	Negativo	Temporal	Directo	Media	5	5	2	2	10	4.4	4.25	Moderado
	Contaminación del Agua												
	Contaminación del Suelo												
<b>Biótico</b>	Flora												
	Fauna												
<b>Socio Económico</b>	Generación de Expectativas	Positivo	Permanente	Indirecto	Media	10	5	2	2	10	6.4	5.35	Moderado
	Protestas de la Comunidad												
	Paisaje												
	Calidad de Vida	Positivo	Permanente	Indirecto	Mayor	5	2	2	10	10	3.2	4.99	Moderado
	Salud Pública	Positivo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	5	3.2	4.44	Moderado
	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Permanente	Directo	Mayor	5	2	2	10	10	3.2	4.99	Moderado
	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Permanente	Directo	Mayor	2	2	2	2	10	2.0	2.63	Compatible

Fuente: Adaptado de Vásconez (Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental., 2016). Elaboración Propia

VALOR DE INDICE AMBIENTAL			
Compatible	Moderado	Severo	Crítico
2.00 < VIA < 3.99	4.00 < VIA < 5.99	6.00 < VIA < 7.99	8.00 < VIA < 10.00

### 3.4.1 Resumen de Evaluación de Impactos Ambientales

A continuación se mostrarán tablas que contienen un resumen de la evaluación en la matriz ambiental de criterios relevantes integrados, de los impactos ambientales generados por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción. Estas tablas mostraran el medio afectado, la componente ambiental, el carácter genérico del impacto y el dictamen del mismo.

**Tabla 20**

Resumen de Evaluación de Impactos. Sub Actividad: Manipuleo de Lodos y Colocación en Sacos.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Dictamen
Físico	Contaminación del Aire	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Agua	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Suelo	Negativo	Compatible
Biótico	Flora	Negativo	Compatible
Biótico	Fauna	Negativo	Compatible
Socio Económico	Salud Pública	Negativo	Moderado
Socio Económico	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Moderado
Socio Económico	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Compatible

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 21**

Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Carga de Sacos en Transporte.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Dictamen
Físico	Contaminación del Aire	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Agua	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Suelo	Negativo	Compatible
Biótico	Flora	Negativo	Compatible
Biótico	Fauna	Negativo	Compatible
Socio Económico	Salud Pública	Negativo	Moderado
Socio Económico	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Moderado
Socio Económico	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Compatible

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 22**

Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Transporte de Lodos Residuales.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Dictamen
Físico	Ruido	Negativo	Moderado
Físico	Gases de Combustión	Negativo	Moderado
Físico	Contaminación del Aire	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Agua	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Suelo	Negativo	Compatible
Biótico	Flora	Negativo	Compatible
Biótico	Fauna	Negativo	Compatible
Socio Económico	Generación de Expectativas	Positivo	Moderado
Socio Económico	Protestas de la Comunidad	Negativo	Compatible
Socio Económico	Salud Pública	Negativo	Moderado
Socio Económico	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Moderado
Socio Económico	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Compatible

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 23**

Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Descarga y Manipuleo de Lodos Residuales.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Dictamen
Físico	Contaminación del Aire	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Agua	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Suelo	Negativo	Compatible
Biótico	Flora	Negativo	Compatible
Biótico	Fauna	Negativo	Compatible
Socio Económico	Salud Pública	Negativo	Compatible
Socio Económico	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Moderado
Socio Económico	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Compatible

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 24**

Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Colocación de Lodos Residuales en Sitio de Acopio.

Medio	Componente Ambiental	Carácter Genérico	Dictamen
Físico	Contaminación del Aire	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Agua	Negativo	Compatible
Físico	Contaminación del Suelo	Negativo	Moderado
Biótico	Flora	Negativo	Compatible
Biótico	Fauna	Negativo	Compatible
Socio Económico	Generación de Expectativas	Positivo	Moderado
Socio Económico	Protestas de la Comunidad	Negativo	Compatible
Socio Económico	Paisaje	Negativo	Compatible
Socio Económico	Salud Pública	Negativo	Compatible
Socio Económico	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Moderado
Socio Económico	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Compatible

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 25**

Resumen de Evaluación de Impactos. Sub actividad: Transformación de Lodos Residuales en Agregados para Materiales Construcción.

<b>Medio</b>	<b>Componente Ambiental</b>	<b>Carácter Genérico</b>	<b>Dictamen</b>
Físico	Contaminación del Aire	Negativo	Moderado
Socio Económico	Generación de Expectativas	Positivo	Moderado
Socio Económico	Calidad de Vida	Positivo	Moderado
Socio Económico	Salud Pública	Positivo	Moderado
Socio Económico	Salud y Seguridad Ocupacional	Negativo	Moderado
Socio Económico	Empleo y Mano de Obra	Positivo	Compatible

Fuente: Elaboración Propia.

De lo expuesto anteriormente, a partir del análisis y valoración previamente realizados a través de la matriz de criterios relevantes integrados, se puede notar que las actividades de recolección, transporte y disposición de lodos residuales generan un impacto negativo (en ciertos casos positivos) y sobre todo afectan la calidad del aire, agua y suelo de manera compatible y moderada.

Por otro lado, las sub actividades del proyecto afectan de manera compatible al medio biótico (flora y fauna). El medio socioeconómico se ve perjudicado de manera compatible o moderada según la sub actividad evaluada. También, se afecta la salud y seguridad de los trabajadores del proyecto de manera moderada en todas las sub actividades del proyecto, las protestas de la comunidad son compatibles en las actividades de transporte y la disposición final. De manera positiva se beneficia el empleo y la mano de obra en todas las sub actividades y se evidencia una mejora en la calidad de vida al momento de transformar los lodos residuales en agregados para materiales de construcción.

El proyecto afectará al medio físico, biótico y socioeconómico de forma compatible y moderada en general, por lo que el proyecto puede ser considerado como viable. Los resultados expuestos deberán ser considerados en la realización del Plan de Manejo Ambiental y sus respectivos sub planes.

### **3.5 Plan de Manejo Ambiental**

Los lodos residuales provenientes de PTARD se consideran como desechos peligrosos tal como se describió en el punto 2.2.6 del marco teórico, pues fundamentalmente contiene agentes patógenos que causan un perjuicio a la salud de las personas y al ecosistema en general.

Por tal motivo, se debe de presentar el respectivo Plan de Manejo Ambiental (PMA), con sus respectivos sub planes como dicta el Acuerdo Ministerial No. 061 (2015) para de esta manera proponer medidas o programas en respuesta a los impactos ambientales que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en PTARD en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción.

En el siguiente PMA se omitieron el sub plan de abandono y entrega del área; y sub plan de rehabilitación de áreas afectadas puesto que el caso de estudio trata de la operación de un proyecto y no de una obra de construcción civil.

El Plan de Manejo Ambiental deberá ser revisado y mejorado continuamente por los promotores del proyecto, buscando de esta forma mejorar y maximizar las técnicas de protección ambiental.

Las medidas adoptadas deberán ser revisadas y en el caso de ser necesario, se debe añadir nuevas, ser reformadas y/o eliminadas, luego del primer año de operación del proyecto a través de la auditoría ambiental correspondiente.

**Tabla 26**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de Recolección y Carga de Sacos con Lodos Residuales.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad de los operadores.				
<b>Código:</b>	PPM-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
<p>Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.</p> <p>Contaminación del aire, agua y suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Todas las operaciones de recolección y carga, deben ser realizadas conjuntamente por al menos dos personas en todo momento.</li> <li>➤ Se debe utilizar embalajes (sacos y fundas plásticas) de buena calidad, fabricados y cerrados de forma tal que, una vez preparados para su expedición, no puedan sufrir, bajo condiciones normales de manejo.</li> <li>➤ Durante la operación de recolección y carga en transporte, los embalajes no deben estar colocados directamente en el piso sino sobre plataformas o paletas.</li> <li>➤ Verificar la inexistencia de fugas provenientes de los sacos y/o fundas a ser cargados en el vehículo.</li> </ul>	<p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de sacos y fundas plásticas utilizadas.</p>	<p>Promotor, Contratista y Fiscalización</p>	<p>En el área de influencia del proyecto de estudio</p>	<p>Permanente, durante la operación del proyecto</p>

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 26**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de Recolección y Carga de Sacos con Lodos Residuales				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad de los operadores				
<b>Código:</b>	PPM-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No se debe comer, beber o fumar durante todas las actividades que impliquen el manejo de materiales peligrosos.</li> <li>➤ Los operadores no deben estar bajo efectos de alcohol o sustancias estupefacientes y/o psicotrópicas cuando realicen los trabajos de recolección y carga en el vehículo de transporte.</li> <li>➤ Debe existir un sitio exclusivo para el estacionamiento del vehículo, con un área suficiente para la maniobra.</li> <li>➤ Antes de iniciar el transporte, comprobar que la carga se encuentre debidamente asegurada evitando que se produzcan desplazamientos.</li> <li>➤ Verificar que no exista exceso de carga.</li> </ul>	<p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de sacos y fundas plásticas utilizadas.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 27**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de operación y mantenimiento de vehículo para transporte de sacos con material.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad durante la operación del vehículo.				
<b>Código:</b>	PPM-02				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El vehículo debe de abastecerse de combustible antes de iniciar la carga.</li> <li>➤ Antes de cargar el material se debe verificar que el vehículo este en buen estado: neumáticos, parabrisas, luces, identificación y señalización del vehículo, tanque de combustible y kit de derrames.</li> <li>➤ El vehículo debe tener llantas en buen estado, y ser reemplazadas cuando la profundidad del labrado o surco sea menor a 1.6 mm.</li> <li>➤ Se debe comprobar que el contenedor se encuentre completamente limpio y sin residuos.</li> <li>➤ El vehículo debe contar con un dispositivo sonoro o pito, que se active en el momento en que se encuentre en movimiento de reversa.</li> </ul>	<p>Cantidad de combustible adquirido.</p> <p>Número de piezas de vehículo adquiridas.</p> <p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de planes de transporte y documentaciones de embarque entregados.</p> <p>Número de bitácoras de viaje entregadas.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 27**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de operación y mantenimiento de vehículo para transporte de sacos con material.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad durante la operación del vehículo.				
<b>Código:</b>	PPM-02				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Antes de cada recorrido, se debe entregar al conductor un plan de transporte de tal forma que se tenga un control y seguimiento de la actividad, el cual debe incluir: hora de salida de origen, hora de llegada a destino y ruta seleccionada.</li> <li>➤ El tipo, capacidad y dimensiones de sus carrocerías deben contar con una estructura que permita contener o estibar el material peligroso de tal manera que no se derrame o se escape.</li> <li>➤ El vehículo de transporte debe ser operado al menos por dos personas: el conductor y un auxiliar. El auxiliar debe poseer los mismos conocimientos y entrenamientos que el conductor. El conductor debe contar con licencia de conducir tipo E.</li> <li>➤ No comer ni fumar dentro del vehículo. No manejar el vehículo bajo los efectos del alcohol ni bajo los efectos de sustancias estupefacientes y/o psicotrópicas.</li> </ul>	<p>Cantidad de combustible adquirido.</p> <p>Número de piezas de vehículo adquiridas.</p> <p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de planes de transporte y documentaciones de embarque entregados.</p> <p>Número de bitácoras de viaje entregadas.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 27**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de operación y mantenimiento de vehículo para transporte de sacos con material.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad durante la operación del vehículo.				
<b>Código:</b>	PPM-02				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El conductor no debe recibir carga de materiales peligrosos, si el expedidor no le hace entrega de la documentación de embarque que consta de: Guía de embarque, hoja de seguridad de materiales peligrosos en idioma español y tarjeta de emergencia.</li> <li>➤ El conductor debe velar por que la carga se encuentre fija en el interior del vehículo.</li> <li>➤ No se debe llevar pasajeros externos, sólo personal autorizado.</li> <li>➤ El transporte se debe realizar en las horas de menor congestión vehicular y peatonal que ofrezca un mínimo riesgo al tráfico o a terceros. Se evitará en lo posible zonas densamente pobladas o especialmente vulnerables a la contaminación. Los conductores deben cumplir estrictamente con todas las regulaciones de tránsito vigentes.</li> </ul>	<p>Cantidad de combustible adquirido.</p> <p>Número de piezas de vehículo adquiridas.</p> <p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de planes de transporte y documentaciones de embarque entregados.</p> <p>Número de bitácoras de viaje entregadas.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 27**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de operación y mantenimiento de vehículo para transporte de sacos con material.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad durante la operación del vehículo.				
<b>Código:</b>	PPM-02				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La jornada máxima del conductor no debe exceder las 9 horas de manejo. En caso de emergencias se podrá autorizar un exceso de jornada laboral de máximo 2 horas y el conductor debe recibir todas las recomendaciones de seguridad pertinentes. El conductor no debe trabajar más de 72 horas en una semana de trabajo de 6 días consecutivos. Después de cada jornada, el conductor debe descansar por un mínimo de 11 horas antes de empezar la jornada siguiente, con un mínimo de 45 horas de descanso. Las horas de jornada debe indicarse en la bitácora de viaje.</li> <li>➤ El estacionamiento debe hacerse lo más alejado posible de áreas pobladas.</li> <li>➤ Los sitios destinados para parquear los vehículos deben estar orientados hacia la salida</li> <li>➤ El auditor ambiental podrá retirar de manera inmediata, al conductor, auxiliar o vehículo de transporte que no cumpla cualquiera de las normas ambientales correspondientes y con los puntos estipulados anteriormente.</li> </ul>	<p>Cantidad de combustible adquirido.</p> <p>Número de piezas de vehículo adquiridas.</p> <p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de planes de transporte y documentaciones de embarque entregados.</p> <p>Número de bitácoras de viaje entregadas.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 28**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de Descarga y Disposición Final de Sacos con Lodos Residuales.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad de los operadores.				
<b>Código:</b>	PPM-03				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Antes de proceder a la descarga, se debe realizar una inspección física de toda la parte externa del vehículo para verificar la existencia de fugas, escurrimientos, señales de impacto, desgaste, sobrecalentamiento de una o varias partes del vehículo y que pudiesen afectar a la carga.</li> <li>➤ Durante el proceso de descarga, evitar que el material se derrame. Se deben evitar también rozamientos o cualquier otra situación que ocasione derrames.</li> <li>➤ Las operaciones de descarga y disposición final deben ser realizadas conjuntamente por al menos dos personas en todo momento.</li> <li>➤ Los sacos nunca deben estar en contacto directo con el suelo. Los sacos no deben de apilarse uno encima de otro. Los sacos no deben estar en contacto con otros materiales peligrosos como combustibles, explosivos, líquidos inflamables, material radioactivo, sustancias infecciosas, ácidos, oxidantes, entre otros.</li> </ul>	<p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de sacos descargados.</p> <p>Equipos para limpieza adquiridos.</p> <p>Número de facturas de limpieza de vehículo en local autorizado.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 28**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de Descarga y Disposición Final de Sacos con Lodos Residuales.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad de los operadores.				
<b>Código:</b>	PPM-03				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El personal involucrado en las actividades de descarga y disposición de los sacos no debe comer, beber, ni fumar. El personal tampoco debe estar bajo los efectos del alcohol ni de sustancias estupefacientes y/o psicotrópicas.</li> <li>➤ Los lugares destinados a almacenamiento no deben estar ubicados cerca de lugares sensibles a contaminación.</li> <li>➤ Asimismo, el sitio de almacenamiento debe ser de acceso restringido y no permitir la entrada de personas no autorizadas. Dicho sitio debe situarse en un terreno o área no expuesta a inundaciones.</li> <li>➤ Debe existir un sitio exclusivo para el estacionamiento del vehículo con un área suficiente para la maniobra, el vehículo debe ser estacionado orientado a la salida.</li> </ul>	<p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de sacos descargados.</p> <p>Equipos para limpieza adquiridos.</p> <p>Número de facturas de limpieza de vehículo en local autorizado.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 28**

Prevención y Mitigación de Impactos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Prevención y Mitigación de Impactos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de Descarga y Disposición Final de Sacos con Lodos Residuales.				
<b>Objetivo:</b>	Prevenir y mitigar los impactos en el aire, agua, suelo y en la salud y seguridad de los operadores.				
<b>Código:</b>	PPM-03				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectación a la salud pública y salud y seguridad de operadores.  Contaminación del aire, agua y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Al realizar la descarga desde el vehículo de transporte, los sacos deben colocarse sobre plataformas o paletas ya sea temporalmente o en el sitio de disposición final.</li> <li>➤ Se debe asegurar que los incineradores cumplan las normas vigentes de emisiones de gases.</li> <li>➤ El vehículo y los materiales utilizados deben ser limpiados en locales autorizados por la entidad ambiental competente.</li> <li>➤ Se debe disponer de equipos adecuados para la descontaminación de acuerdo al nivel de riesgo.</li> </ul>	<p>Número de operarios calificados.</p> <p>Número de sacos descargados.</p> <p>Equipos para limpieza adquiridos.</p> <p>Número de facturas de limpieza de vehículo en local autorizado.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización.	En el área de influencia del proyecto de estudio.	Permanente, durante la operación del proyecto.

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 29**

Plan de Contingencia: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Contingencias.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Plan de contingencia ante derrames de material peligroso durante la operación.				
<b>Objetivo:</b>	Establecer un sistema de respuesta efectivo y oportuno, para controlar y mitigar incidentes en una situación emergente que eventualmente y de manera inesperada pudieran ocurrir durante la operación del proyecto y que puedan contaminar el aire, agua, suelo y poner en riesgo la salud de los operadores.				
<b>Código:</b>	PCO-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Contaminación de aire, agua y suelo.  Daños en la salud de los operadores y salud pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se identifican como emergencias o contingencias las causadas por fallas operacionales, humanas, o fenómenos naturales, de los que pueden derivarse el derrame del material.</li> <li>➤ Se deberá establecer un plan de acción general durante el tiempo que dure la emergencia en los sitios de recolección, transporte y disposición del material en donde se deberá:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar la ubicación del incidente, estimar el tamaño y el tipo de incidente.</li> <li>- Llevar a cabo la evacuación pertinente del área.</li> <li>- Notificar la ocurrencia a las autoridades.</li> <li>- Llevar a cabo acciones específicas para la limpieza y restauración del área.</li> <li>- Modificar las condiciones o medidas para evitar la re-ocurrencia potencial del incidente.</li> <li>- Documentar el incidente en un formulario de informe de emergencias.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Equipo básico para control de emergencia adquirido.</p> <p>Listado de números de emergencia.</p> <p>Número de simulacros realizados.</p> <p>Equipos de respuesta adquiridos.</p> <p>Número de comités de emergencia realizados.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización.	En el área de influencia del proyecto de estudio.	Permanente, durante la operación.

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla29**

Plan de Contingencia: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Contingencias.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Plan de contingencia ante derrames de material peligroso durante la operación.				
<b>Objetivo:</b>	Establecer un sistema de respuesta efectivo y oportuno, para controlar y mitigar incidentes en una situación emergente que eventualmente y de manera inesperada pudieran ocurrir durante la operación del proyecto y que puedan contaminar el aire, agua, suelo y poner en riesgo la salud de los operadores.				
<b>Código:</b>	PCO-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Contaminación de aire, agua y suelo.  Daños en la salud de los operadores y salud pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b><u>Simulacros</u></b> -Los operadores como el conductor del vehículo deben ser entrenados en la aplicación de procedimientos de contingencias. Este entrenamiento es coordinado por la promotora, contratista y el fiscalizador. -Se deberán efectuar simulacros de incidentes / accidentes que permitan verificar la aplicabilidad de los procedimientos y efectuar el control sobre los tiempos de respuestas con las medidas propuestas.</li> <li>➤ <b><u>Equipos de Respuesta</u></b> -Se utilizarán medios de respuesta debidamente identificados en la zona y los disponibles en las distintas localidades. -El equipo de comunicación interna y externa consiste principalmente en teléfonos celulares, radios.</li> </ul>	<p>Equipo básico para control de emergencia adquirido.</p> <p>Listado de números de emergencia.</p> <p>Número de simulacros realizados.</p> <p>Equipos de respuesta adquiridos.</p> <p>Número de comités de emergencia realizados.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 29**

Plan de Contingencia: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Contingencias.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Plan de contingencia ante derrames de material peligroso durante la operación.				
<b>Objetivo:</b>	Establecer un sistema de respuesta efectivo y oportuno, para controlar y mitigar incidentes en una situación emergente que eventualmente y de manera inesperada pudieran ocurrir durante la operación del proyecto y que puedan contaminar el aire, agua, suelo y poner en riesgo la salud de los operadores.				
<b>Código:</b>	PCO-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Contaminación de aire, agua y suelo.  Daños en la salud de los operadores y salud pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se deberá tener un comité de contingencia formado para mantener un sistema de información a través de reuniones de sucesos de accidentes y sus niveles, análisis de causas y consecuencias.</li> <li>➤ En caso de derrame de material en el interior del transporte, se debe limpiar y recolectar inmediatamente, para evitar que llegue al suelo y producir contaminación.</li> <li>➤ El vehículo de transporte debe disponer de un equipo básico de emergencia para control de derrames, este debe incluir 1 extintor tipo ABC con capacidad de 2.5 kg ubicado en la cabina y 1 extintores PQS (Polvo Químico Seco) tipo ABC con una capacidad mínima de 9kg ubicados en el exterior de la unidad, equipos de primeros auxilios, 2 palas, 1 zapapico, 2 escobas, fundas plásticas resistentes, cintas de seguridad, equipo de comunicación y equipo de protección personal adecuado.</li> </ul>	<p>Equipo básico para control de emergencia adquirido.</p> <p>Listado de números de emergencia.</p> <p>Número de simulacros realizados.</p> <p>Equipos de respuesta adquiridos.</p> <p>Número de comités de emergencia realizados.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 30**

Plan de Capacitación: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Capacitación.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Capacitación y entrenamiento ambiental.				
<b>Objetivo:</b>	Capacitar de manera adecuada a los trabajadores en temas de gestión ambiental y de seguridad ocupacional para no afectar al ambiente ni a la salud de los operadores.				
<b>Código:</b>	PCA-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Accidentes Laborales.  Daños en la salud de los operadores y salud pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los operadores, conductores y auxiliares deberán recibir la inducción de seguridad que abarque los temas específicos de su tarea. Además, todas las personas involucradas con la operación deberán recibir charlas de educación ambiental con una duración de 30 minutos.</li> <li>➤ Se instruirá a los trabajadores sobre el Plan de Manejo Ambiental de la operación para que se lleven a cabo todas las medidas descritas en él.</li> <li>➤ Los temas a tratar deberán ser muy concretos, prácticos y de fácil comprensión, los cuales deberán ser previamente puestos a consideración del Fiscalizador para su conocimiento y aprobación.</li> </ul>	<p>Número de charlas de inducción de seguridad.</p> <p>Número de charlas de educación ambiental.</p> <p>Número de Charlas del Plan de Manejo Ambiental.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Al inicio de los trabajos de operación

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto 'Construcción del Hospital del Norte' (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 30**

Plan de Capacitación: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Capacitación.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Capacitación y entrenamiento ambiental.				
<b>Objetivo:</b>	Capacitar de manera adecuada a los trabajadores en temas de gestión ambiental y de seguridad ocupacional para no afectar al ambiente ni a la salud de los operadores.				
<b>Código:</b>	PCA-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Accidentes Laborales.  Afectaciones a la salud y seguridad de operadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entre los temas que se podrían impartir están: Manejo de residuos, enfocados a recolección, transporte y disposición final, seguridad laboral e higiene en el trabajo, uso de equipos de protección personal, entre otros.</li> <li>➤ En definitiva, quienes manejen los lodos residuales deben contar con una instrucción y/o entrenamiento específicos, que les permita reconocer e identificar el material en cuestión; para saber sobre los riesgos que implica la exposición a éste; saber manejar, mantener y usar el equipo de protección personal y tener conocimiento de los planes de respuesta a emergencias.</li> </ul>	<p>Número de charlas de inducción de seguridad.</p> <p>Número de charlas de educación ambiental.</p> <p>Número de Charlas del Plan de Manejo Ambiental.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Mensual, al inicio de los trabajos de operación

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 31**

Plan de Salud y Seguridad Ocupacional: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Salud y Seguridad Ocupacional.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Uso de Equipo de Protección Personal (EPP).				
<b>Objetivo:</b>	Proteger debidamente al personal que labora en la operación del proyecto y evitar afectaciones en la salud.				
<b>Código:</b>	PSSO-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectaciones a la salud y seguridad de operadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Todo el personal involucrado en las operaciones de recolección, carga, descarga, transporte, descarga y disposición ya sean estos operadores y/o auxiliares, deben contar con los equipos de protección y seguridad personal adecuados y en buen estado.</li> </ul>	Número de unidades de EPP recibidos por operadores.	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Durante la operación
<b>Plan:</b>	Plan de Salud y Seguridad Ocupacional.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Etiquetado informativo para identificación de material peligroso.				
<b>Objetivo:</b>	Identificar debidamente el material peligroso para evitar afectaciones en la salud de los trabajadores.				
<b>Código:</b>	PSSO-02				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectaciones a la salud y seguridad de operadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se debe colocar la etiqueta correspondiente en el embalaje que contenga el material para la identificación del contenido.</li> <li>➤ Las etiquetas deben ser de materiales resistentes a la manipulación y la intemperie, pueden ser adheribles o estar impresas en el empaque. La etiqueta debe abarcar por lo menos el 25% de la superficie de la cara lateral de mayor tamaño.</li> </ul>	Número etiquetas informativas utilizadas.	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto 'Construcción del Hospital del Norte' (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 32**

Plan de Salud y Seguridad Ocupacional: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Salud y Seguridad Ocupacional.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Señalización en área de operación del proyecto.				
<b>Objetivo:</b>	Proteger debidamente al personal que labora en la operación del proyecto.				
<b>Código:</b>	PSSO-03				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Afectaciones a la salud y seguridad de operadores y salud pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se deben instalar señalizaciones y/o vallas reflectivas de alta intensidad que permitan identificar el material peligroso, para aislar la operación de recolección, carga, descarga y disposición del mismo.</li> <li>➤ Se debe colocar adelante, atrás y en los costados del vehículo, señalizaciones que indiquen que se está procediendo a la carga y descarga</li> <li>➤ Si el conductor se estaciona debe colocar señales reflectivas de seguridad posteriores y laterales con la identificación de la mercadería peligrosa que transporta.</li> </ul>	Número de señales y/o vallas informativas adquiridas.	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Durante la operación

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto 'Construcción del Hospital del Norte' (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 33**

Plan de Manejo de Desechos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Manejo de Desechos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Manejo de desechos generados durante la operación del proyecto.				
<b>Objetivo:</b>	Realizar el adecuado manejo y disposición final de desechos de los desechos generados en la obra para no afectar al ambiente, a la salud de los trabajadores y personas que habitan en las proximidades del área de influencia del proyecto				
<b>Código:</b>	PMD-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Contaminación de aire, agua y suelo.  Daños en la salud de los operadores y salud pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La disposición de los desechos generados a partir de la recolección, transporte y disposición de lodos residuales, tales como embalajes rotos, enmendados y/o utilizados, equipo de protección personal desechado, accesorios y/o partes de vehículo desgastados, herramientas menores dañadas, entre otros, será en el lugar autorizado por las autoridades competentes.</li> <li>➤ Por otro lado se deberá llevar un registro escrito donde conste: <ul style="list-style-type: none"> <li>-El informe de la autoridad precisando la ubicación del sitio para disposición final de los desechos generados.</li> <li>-Bitácora donde se indique la fecha, volumen y tipo de desechos, placa del vehículo de transporte y conductor responsable de cada viaje de disposición de desechos en los sitios autorizados.</li> <li>-Firma de responsabilidad del contratista y el visto bueno de la fiscalización.</li> <li>-Anexo fotográfico.</li> <li>-Firma de recepción del desecho en el sitio autorizado.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Número de Registros de informes de disposición final de desechos.</p> <p>Número de tachos plásticos para basura adquiridos.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto 'Construcción del Hospital del Norte' (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 33**

Plan de Manejo de Desechos: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Manejo de Desechos.				
<b>Nombre de Medida:</b>	Manejo de desechos generados a partir de la recolección, transporte y disposición de lodos residuales.				
<b>Objetivo:</b>	Realizar el adecuado manejo y disposición final de desechos de los desechos generados en la obra para no afectar al ambiente, a la salud de los trabajadores y personas que habitan en las proximidades del área de influencia del proyecto				
<b>Código:</b>	PMD-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Contaminación de aire, agua y suelo.  Daños en la salud de los operadores y salud pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los sitios de disposición final de los materiales utilizados deberán estar alejados de drenajes naturales o artificiales o laderas.</li> <li>➤ Esta totalmente prohibido disponer los desechos en los sistemas de drenaje de las aguas lluvias o cuerpo hídrico alguno permanente o estacional, natural o artificial, ya que los contaminaría y/o disminuiría su capacidad de conducir el agua de escorrentía que se genera por las precipitaciones. La Fiscalización deberá controlar en forma estricta el cumplimiento de esta prohibición.</li> <li>➤ El transporte de los desechos debe ser de forma inmediata.</li> <li>➤ La empresa responsable de la disposición final de estos desechos deberá disponerlos en el lugar autorizado por las autoridades competentes</li> </ul>	<p>Número de registros de informes de disposición final de desechos.</p> <p>Número de tachos plásticos para basura adquiridos.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Permanente, durante la operación del proyecto

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 34**

Plan de Relaciones Comunitarias: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Relaciones Comunitarias				
<b>Nombre de Medida:</b>	Programa de información y difusión a las personas del área de influencia directa del proyecto.				
<b>Objetivo:</b>	Crear una vía de comunicación directa entre los promotores del proyecto y las personas que habitan en el área de influencia del mismo.				
<b>Código:</b>	PRC-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Protestas de la Comunidad.  Generación de Expectativas.  Empleo y Mano de Obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se establecerán canales de comunicación con las autoridades locales y líderes comunitarios del área de influencia del proyecto para que se permita una difusión fluida de la información con el fin de atender y resolver todas las inquietudes, dudas y reclamos generados por la operación del proyecto. Evitando de esta manera posibles protestas de la comunidad afecta directamente.</li> <li>➤ Se deben coordinar charlas con la comunidad del área donde se realizarán las actividades de recolección y disposición del material.</li> <li>➤ Se deben entregar volantes que contengan la información del proyecto.</li> <li>➤ Se debe de contratar como mano de obra a las personas del área de influencia del proyecto, para de esta manera generar la participación de la comunidad que habitan en los alrededores del sitio de disposición final.</li> </ul>	Número de registros de quejas y reclamos atendidos.  Número de charlas de socialización a la comunidad realizadas.  Número de volantes adquiridos.	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Charlas informativas y de socialización cada cuatro meses.

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto 'Construcción del Hospital del Norte' (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 35**

Plan de Monitoreo y Seguimiento: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Monitoreo y Seguimiento				
<b>Nombre de Medida:</b>	Seguimiento al Plan de Manejo ambiental y monitoreos de calidad de aire y suelo.				
<b>Objetivo:</b>	Tiene por objeto garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, siguiendo las indicaciones y monitoreos que deben realizarse durante la operación del proyecto.				
<b>Código:</b>	PMS-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Contaminación de aire y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El promotor a través de su especialista en seguridad con experiencia en el área ambiental realizará el seguimiento mensual del Plan de Manejo Ambiental.</li> <li>➤ Se verificará el cumplimiento de cada una de las medidas ambientales propuestas en el presente plan, aplicables a la operación del proyecto. El especialista elaborará informes pertinentes con las conclusiones y recomendaciones del análisis ambiental.</li> <li>➤ Para minimizar los peligros de contaminación al ambiente, se realizará el monitoreo de polvo (PM10 y PM2,5): análisis por método gravimétrico durante 24 horas en el sitio de disposición final en donde se produce la incineración y cocción del material. Así como el análisis de calidad de aire: análisis de CO, NO2, SO2, O3, mediante cromatografía de gases, muestra puntual.</li> </ul>	<p>Número de informes realizados por el especialista.</p> <p>Número de informes de monitoreos realizados.</p> <p>Medidas Ambientales Cumplidas.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Calidad del aire semestral durante la operación del proyecto y calidad de suelo al finalizar el proyecto.

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

**Continuación Tabla 35**

Plan de Monitoreo y Seguimiento: Recolección, Transporte y Disposición de Lodos Residuales.

<b>Plan:</b>	Plan de Monitoreo y Seguimiento				
<b>Nombre de Medida:</b>	Seguimiento al Plan de Manejo ambiental y monitoreos de calidad de aire y suelo.				
<b>Objetivo:</b>	Tiene por objeto garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, siguiendo las indicaciones y monitoreos que deben realizarse durante la operación del proyecto.				
<b>Código:</b>	PMS-01				
<b>Impactos Identificados</b>	<b>Descripción de Actividad y Medidas Propuestas</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Responsable</b>	<b>Lugar de Aplicación</b>	<b>Plazo</b>
Contaminación de aire y suelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se debe realizar un muestreo y análisis químico del suelo en donde los sacos con material han estado en contacto directo con el terreno, estos lugares son el sitio de recolección y carga así como en el sitio de descarga y disposición final.</li> <li>➤ La incineración y cocción para la transformación de los lodos residuales en agregados para materiales de construcción, debe hacerse a temperaturas, tiempos y otros parámetros técnicos acordes con las normativas nacionales e internacionales vigentes.</li> <li>➤ Las mediciones antes mencionadas deberán realizarse únicamente con laboratorios de servicios ambientales, acreditados a nivel nacional o internacional para la prestación de dichos servicios. En caso de que no se cumplan los límites permisibles dados por la legislación ambiental vigente, el promotor tomará las medidas de mitigación necesarias para contrarrestar el impacto.</li> </ul>	<p>Número de informes realizados por el especialista.</p> <p>Número de informes de monitoreos realizados.</p> <p>Medidas Ambientales Cumplidas.</p>	Promotor, Contratista y Fiscalización	En el área de influencia del proyecto de estudio	Calidad del aire semestral durante la operación del proyecto y calidad de suelo al finalizar el proyecto.

Nota: Modelo Tomado del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte’ (2015). Fuente: Elaboración Propia.

### **3.6 Cronograma y Presupuesto**

El cronograma del Plan de Manejo Ambiental (PMA) es de operación del proyecto y el plazo es un año, luego del cual se deberá realizar la auditoría ambiental correspondiente y revisar el cumplimiento de dicho plan con sus respectivos sub planes. Además, con este cronograma de operación se determinará el presupuesto para que el PMA sea implementado. A continuación se presenta el cronograma y el presupuesto del PMA antes mencionado.

**Tabla 36**

Cronograma de operación y presupuesto del Plan de Manejo Ambiental.

Nombre del Plan	Nombre de Medida o Programa	Costo/mes (\$)	Costo Total (\$)	Meses												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Plan de Prevención y Mitigación de Impactos	Código: PPM-01	\$18.0	\$216.0													
	Programa de Recolección y Carga															
	720 Embalajes (Saco y Funda Plástica)															
	Código: PPM-02	\$5.0	\$5.0													
	Programa de Operación y Mantenimiento de Vehículo															
	50 Impresiones A4 B/N Plan de Transporte y Bitácoras de Viaje															
Código: PPM-03	\$10.0	\$120.0														
Programa de Descarga y Disposición Final																
12 Lavadas de Vehículo																
Plan de Contingencias	Código: PCO-01	\$228.0	\$228.0													
	Plan de contingencia ante derrames de material peligroso															
	1 Equipo básico de control de emergencia (extintor 2.5 kg, 1 extintor 9 Kg, botiquín de primeros auxilios, 2 palas, 2 escobas, fundas plásticas resistentes, cinta de seguridad, 1 equipo de comunicación).															

Fuente: Elaboración Propia

**Continuación Tabla 36**

Cronograma de operación y presupuesto del Plan de Manejo Ambiental.

Nombre del Plan	Nombre de Medida o Programa	Costo/mes (\$)	Costo Total (\$)	Meses													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Plan de Capacitación	Código: PCA-01 Capacitación y entrenamiento ambiental.	\$6.0	\$72.0														
	Charla de Inducción de Seguridad y educación ambiental (incluye material y refrigerio para dos personas)																
Plan de Salud y Seguridad Ocupacional	Código: PSSO-01 Equipo de Protección Personal (2 personas) Incluye botas de trabajo con punta de acero, casco, guantes, ropa de protección reflectiva, lentes de seguridad, mascarilla, faja de trabajo	\$162.0	\$324.0														
	Código: PSSO-02 Etiquetado para identificación de material. 720 etiquetas para identificación de material peligroso	\$15.0	\$180.0														

Fuente: Elaboración Propia

**Continuación Tabla 36**

Cronograma de operación y presupuesto del Plan de Manejo Ambiental.

Nombre del Plan	Nombre de Medida o Programa	Costo/mes (\$)	Costo Total (\$)	Meses													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Plan de Salud y Seguridad Ocupacional	Código: PSSO-03	\$859.0	\$859.0														
	Señalización del área.																
	4 conos de seguridad, 1 valla informativa de 2.0x3.0 mts y cinta de seguridad 500 mts.																
Plan de Manejo de Desechos	Código: PMD-01	\$41.20	\$41.20														
	Manejo de desechos generados durante la operación del proyecto																
	Hoja de Registro de disposición final de desechos A4 B/N y 2 tachos de basura plásticos.																
Plan de Relaciones Comunitarias	Código: PRC-01	\$105.0	\$210.0														
	Programa de difusión e información.																
	Charla de socialización con comunidad y volantes informativos A4 color																

Fuente: Elaboración Propia

**Continuación Tabla 36**

Cronograma de operación y presupuesto del Plan de Manejo Ambiental.

Nombre del Plan	Nombre de Medida o Programa	Costo/mes (\$)	Costo Total (\$)	Meses												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Plan de Monitoreo y Seguimiento	Código: PMS-01															
	Monitoreos de control de calidad de aire y suelo.															
	Monitoreo de material particulado (PM10 y PM 2.5)	\$400.0	\$800.0													
	Calidad del suelo	\$1000.0	\$1000.0													
<b>Costo Total de la Implementación del Plan de Manejo Ambiental</b>			<b>\$4055.2</b>													

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.1 Análisis Económico Ambiental del Hormigón Tradicional vs Hormigón Mezclado

Para efecto del estudio y determinación de una ventaja económica frente a otros hormigones en el mercado, se procede a comparar el precio del hormigón tradicional versus el hormigón mezclado con 10% de lodos residuales, sumado a este último, de manera proporcional, el costo del PMA. La resistencia de ambos hormigones es aproximadamente igual a 250 kg/cm<sup>2</sup>.

El costo del m<sup>3</sup> de hormigón mezclado con arena + grava de arcilla+10% de lodo residual y f'c=250 kg/cm<sup>2</sup> es de \$ 116.38 (Moncada, 2016). Mientras que el costo de hormigones de diferentes resistencias en el mercado actual (Diciembre 2016- Enero 2017) se muestra en la tabla a continuación:

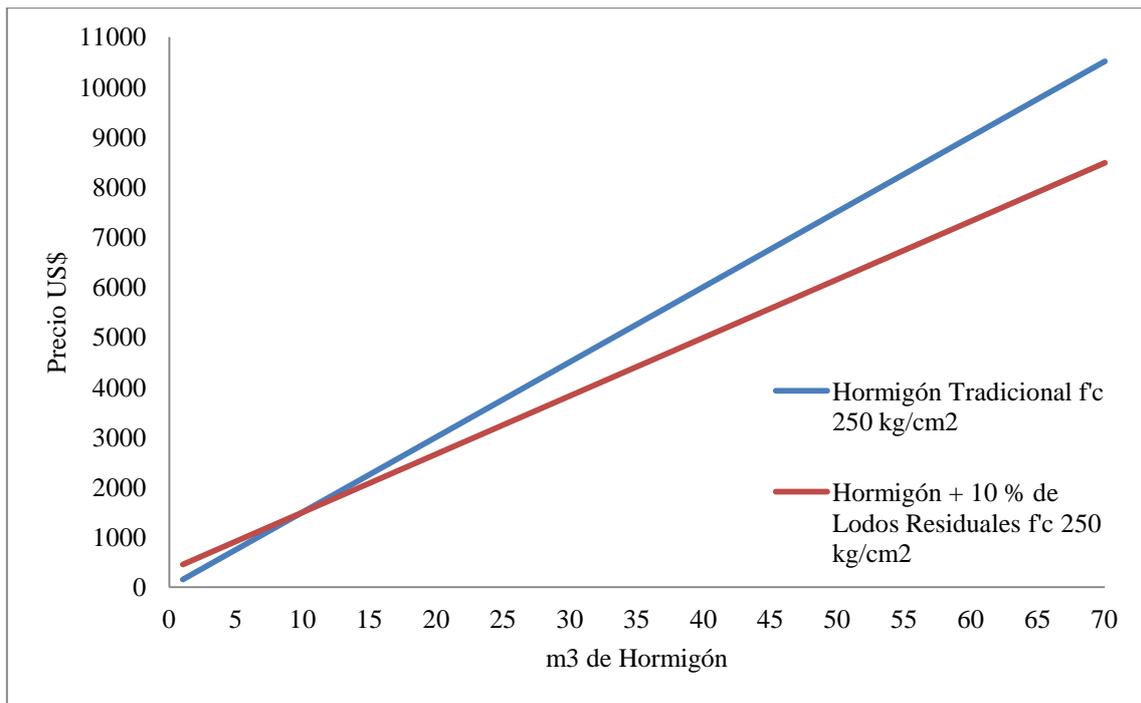
**Tabla 37**  
Costo por m<sup>3</sup> de hormigón vaciado directamente.

Tipo de Hormigón	Unidad	Precio (US\$)
Hormigón f'c = 140 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	131.16
Hormigón f'c = 180 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	138.98
Hormigón f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	145.00
Hormigón f'c = 250 Kg/cm <sup>2</sup> *	m <sup>3</sup>	150.17
Hormigón f'c = 280 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	154.05

Nota: Tomado de Revista DOMUS Edición Dic16-Ene17 (2016). Fuente: Elaboración Propia.

\*El precio fue interpolado con los datos existentes.

En la tabla que precede se observa el valor aproximado por m<sup>3</sup> de un hormigón tradicional con f'c=250 kg/cm<sup>2</sup>, interpolando entre los valores por m<sup>3</sup> para distintas resistencias de hormigones tradicionales, que se indican en la revista de construcción DOMUS (2016). El costo por m<sup>3</sup> de hormigón tradicional con f'c=250 Kg/cm<sup>2</sup> es de aproximadamente \$150.17, mientras que el costo por m<sup>3</sup> de hormigón mezclado (10% de lodos residuales) con f'c=250 Kg/cm<sup>2</sup> es de aproximadamente \$116.38. Si se añade a este último, el costo proporcional del PMA (mensual), el valor por metro cúbico sería de \$454.31. De esta manera, se procede a comparar, en la ilustración mostrada a continuación, el costo por metro cúbico de hormigón tradicional versus el costo por metro cúbico de hormigón mezclado (10% de lodos residuales), ambos con la misma resistencia de f'c=250 kg/cm<sup>2</sup>.



**Ilustración 30.** Precio Hormigón Tradicional f'c 250 kg/cm<sup>2</sup> vs. Hormigón + 10 % de lodos residuales f'c 250 kg/cm<sup>2</sup> (mensual). Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se puede observar en la ilustración anterior, a partir de 11 m<sup>3</sup> el hormigón mezclado (10% de lodos residuales) con f'c de 250 kg/cm<sup>2</sup>, representa una ventaja económica frente al hormigón tradicional con similar resistencia. De la misma manera es posible observar que a medida que aumenta el volumen de hormigón simple, el costo del hormigón con una proporción del 10% de lodos residuales representa un mayor beneficio económico frente al hormigón que utiliza los agregados tradicionales.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

A través de la metodología utilizada, se realizó la evaluación ambiental para los impactos que se generarían por las actividades de recolección, transporte, disposición y transformación de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción. Así, se determinó la presencia de impactos negativos y positivos en los medios físico, biótico y socioeconómico del área de influencia del proyecto. Las actividades mencionadas anteriormente, así como las sub actividades que se derivan, afectan de manera compatible al medio biótico. Por otro lado, en función de la sub actividad el impacto sobre el medio físico es compatible o moderado y en el medio socioeconómico, se generarían impactos negativos y positivos de compatibles a moderados.

El proyecto afectará al medio físico, biótico y socioeconómico de forma compatible y moderada en general, por lo que el proyecto puede ser considerado como viable, sin embargo es necesario la presentación de un plan de manejo ambiental con sus respectivos sub planes, los cuales forman una guía para ser implementada durante la operación del proyecto y que al cabo de un año deberá ser revisado, según lo determina la normativa ambiental. Es de suma importancia cumplir con el PMA propuesto para prevenir, mitigar, contener y disminuir los posibles impactos que se generarían por las actividades antes mencionadas durante la operación del proyecto.

Finalmente se estableció en el mercado, que el costo por metro cúbico de hormigón tradicional con  $f'c=250$  Kg/cm<sup>2</sup> es de aproximadamente \$150.17, mientras que el costo por metro cúbico de hormigón mezclado (10% de lodos residuales) con  $f'c=250$  Kg/cm<sup>2</sup> es de aproximadamente \$116.38. Si se añade a este último, el costo proporcional del PMA, el valor por metro cúbico sería de \$454.31, sin embargo este valor disminuye progresivamente al incrementarse el volumen de hormigón mezclado como se analiza en el desarrollo del estudio. Por lo tanto se concluye que mientras mayor es el volumen de hormigón requerido para construcción, el costo del hormigón mezclado (10% de lodos residuales) es más económico que el hormigón que utiliza los agregados tradicionales, representando un beneficio económico siempre y cuando se trate volúmenes superiores a 11 m<sup>3</sup> de hormigón mezclado. Tomando en cuenta la PTARD que se ha utilizado como modelo, se puede determinar que por

la cantidad de lodos residuales generados (6m<sup>3</sup>/mes en operación máxima), es viable económicamente la transformación de lodos residuales como agregados para construcción frente a los hormigones tradicionales.

Adicionalmente, es importante anotar el beneficio ambiental que representa la implementación del proyecto para el medio físico, biótico y socioeconómico, en especial para la calidad del suelo y la salud pública, la utilización de lodos residuales como agregados para materiales de construcción, frente al destino final que tiene actualmente el lodo residual en nuestra ciudad.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

A partir de la realización del trabajo de investigación presentado, se recomienda no tomar una postura permisible frente al problema ambiental que se forma a partir de la generación de lodos residuales provenientes de las PTARD. De la misma manera, se recomienda que la manipulación de lodos residuales, en caso de buscar transformarlos en agregados para materiales de construcción, no sea tomado a la ligera, pues se trata de un desecho peligroso con un alto contenido de patógenos que pueden producir un efecto nocivo sobre el medio ambiente. Se recomienda ceñirse al PMA propuesto, con el fin de prevenir, mitigar, contener y disminuir los impactos que se generarían con la implementación del proyecto presentado.

Se recomienda que se investigue minuciosamente y se realice una caracterización general de los lodos residuales de las PTARD de la ciudad de Guayaquil, lo cual permitiría clasificarlos adecuadamente en función del peligro que representarían y así cumplir con la normativa ambiental vigente que regula el manejo, tratamiento o fin de dichos desechos.

Se recomienda continuar con investigaciones encaminadas a aprovechar los lodos residuales provenientes de PTARD y desechos peligrosos en general para ser utilizados como agregados para materiales de construcción, considerando la sostenibilidad ambiental y los efectos que las actividades relacionadas generarían sobre el medio ambiente, orientándose a un desarrollo progresivo a través del tiempo, desde un punto de vista cosmocentrista.

## BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo Ministerial 161 MAE. (1 de Febrero de 2012). REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS, DESECHOS PELIGROSOS Y ESPECIALES. Quito, Pichincha, Ecuador.

Alcaldía local de Tunjuelito. (Diciembre de 2009). Guía Técnica para la Elaboración de Planes de Manejo Ambiental. Bogotá, Colombia.

Anaya, N., & Villar, R. (2009). Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de Málaga. Bucaramanga.

Andrés, M. (2006). LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS Y ACTIVIDADES AGROFORESTALES. España: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Asamblea Nacional. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi, Ecuador.

Asamblea Nacional. (2010). Ley Orgánica de Educación Superior. Quito, Ecuador.

Benítez, S. (2011). SlidePlayer. Recuperado el 2 de Enero de 2017, de <http://slideplayer.es/slide/4336794/>

Cañadas, L. (1983). El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Ecuador.

Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN). (1992). 31 Cartas de Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo . Quito, Ecuador.

Conesa Vitoria, V., Conesa Ripoll, V., Capella, V., & Conesa Ripoll, L. A. (1997). Auditorías medioambientales: Guía metodológica (Segunda edición ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.

De Boer, A. (2013). Aguas Sucias. (U. d. Montpellier, Ed.) Montpellier, Francia.

De la Llata, M. D. (2003). Ecología y medio ambiente (Primera edición ed.). México D.F.: Progreso.

De Tomás, J. (2013). ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL, MANUAL PRÁCTICO PARA SU ELABORACIÓN. Alicante, España: Publicaciones de la Universidad de Alicante.

DeConceptos. (2016). DeConceptos.com. Recuperado el 11 de Diciembre de 2016, de <http://deconceptos.com/ciencias-naturales/abiotico>

DeConceptos. (2016). DeConceptos.com. Recuperado el 11 de Diciembre de 2016, de <http://deconceptos.com/ciencias-naturales/plantas>

DeConceptos. (2016). DeConceptos.com. Recuperado el 11 de Diciembre de 2016, de <http://deconceptos.com/ciencias-naturales/animales>

Diario El Universo. (25 de Febrero de 2016). La avenida León Febres Cordero es polo de desarrollo. Diario El Universo .

Díaz, J. E. (2006). Riego por Gravedad (Primera edición ed.). Cali, Colombia: Editorial Universidad del Valle.

DOMUS. (2016). Casas de playa: propuestas hacia el mar. DOMUS , 65.

ECA Instituto de Tecnología y Formación. (2007). Auditorías Ambientales. Madrid: Fundación Confemetal.

Ecoeficiencia Cía. Ltda. (2011). CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN PROYECTO URBANISTICO VILLA ITALIA Etapas I, IA y IB. Estudio de Impacto Ambiental, Guayaquil.

ELICONSUL Cía. LTDA. (2012). Ejecución del Proyecto Urbanístico LA JOYA 2, en sus etapas Oro, Plata, Topacio, Granate, área de servicio y zona comercial, para el trabajo preliminar de corte, relleno, nivelación, compactación, construcción de la garita, cerramiento y (...). Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental . Guayaquil, Ecuador.

EQUILIBRATUM, División Consultoría, Elite Consultor C. LTDA. . (2015). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto ‘Construcción del Hospital del Norte. Guayaquil.

Espigares, M., & Pérez López, A. (1985). Aspectos Sanitarios del Estudio de las Aguas. Granada, España: Universidad de Granada. Servicio de Publicaciones.

Feijoo, A. (2016). Fabricación de sub-base para vías utilizando lodos remanentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Guayaquil.

Fernández, R. (2006). Sistema de gestión de la calidad, ambiente y prevención de riesgos laborales: Su integración. Alicante: Editorial Club Universitario.

Gnecco, M., & Marquina, J. (2000). Ladrillos que ahorran energía: manual para pequeños productores de ladrillos. Lima.

Gómez, D., & Gómez, M. T. (2013). Evaluación de Impacto Ambiental (Tercera edición ed.). Madrid, España: Ediciones Munidprensa.

González, C. (Mayo de 2013). Evaluación de Impacto Ambiental y Sociocultural. Método de Criterios Relevantes Integrados (Buroz, 1990) . Ciudad Bolívar, Venezuela.

Google. (2016). Google Earth. Recuperado el 2 de Enero de 2017, de <https://www.google.es/maps/search/urb.+la+joya+platino/@-2.0335413,-79.9190341,1103m/data=!3m1!1e3>

Grefa, L. (2013). Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales - centro de faenamiento municipal de ganado de Orellana. 2. Chimborazo, Ecuador.

Gutiérrez, H. (2007). Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas del Municipio de Macaravita-Departamento de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Hernández, M. (1992). Depuración de aguas residuales. Escuela de Ingenieros de Caminos, Departamento de Ingeniería, Madrid, España.

Hernández, N. (2006). La conformación del habitat de la vivienda informal desde la técnica constructiva (Primera Edición ed.). Bogotá, Colombia.

Hernández-Columbié, T., & Ullua-Carcasés, M. (2014). Impacto ambiental de la ampliación de una presa de colas de la industria cubana del níquel. *Minería y Geología*, XXX (3), 33-48.

Instituto Geológico y Minero de España. (1988). Estudio geoambiental para la restauración del medio natural. España.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2016). (J. A. Morán, Editor) Recuperado el 2 de Enero de 2017, de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_anu.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)

Javiervistin. (27 de Junio de 2013). Maps, Panoramio Google. Recuperado el 05 de Enero de 2017, de <http://www.panoramio.com/photo/92340373>

Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). Sistemas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia. Bogotá, Colombia.

López, L. (2013). Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental en Ingeniería Civil. San Vicente, España: Editorial Club Universitario.

Lozada, P., Escobar, J., Pérez, A., Imery, R., Nates, P., Sánchez, G., y otros. (2005). Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales - PTARD. *Revista Ingeniería e Investigación*, 25 (2), 54-61.

Mata, A., & Quevedo, F. (2005). Diccionario Didáctico de Ecología (Segunda Edición ed.). San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Merkel, A. (2012). CLIMATE-DATA. Recuperado el 2 de Enero de 2017, de <https://es.climate-data.org/location/25395/>

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2015). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua . Ecuador.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (21 de Diciembre de 2012). Listado de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales. Pg.17. Quito, Pichincha, Ecuador.

Mnisterio de Ambiente del Ecuador. (04 de Mayo de 2015). Acuerdo Minitserial No.061. Quito, Ecuador.

Moncada, A. (2016). Hormigón ligero a partir de fangos sobrantes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Guayaquil.

Nebel, B., & Wright, R. (1999). Ciencia ambientales: Ecología y desarrollo sostenible (Sexta ed.). Pearson Educación.

OMM Consultores. (2017). Conalba Constructora. Recuperado el 16 de Enero de 2017, de <http://www.conalba.com/obras/plazas-comerciales/piazza-la-joya>

Orellana, X. (2015). Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos (tesis de tercer nivel). Guayaquil, Ecuador.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1995). Impacto Ambiental de las Prácticas de Cosecha Forestal y Construcción de Caminos en Bosques Nativos Siempreverdes de la X Región de Chile. Roma: Publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Oropeza, N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. Investigativo, Universidad de Quintana Roo, Departamento de Ingeniería, Chetumal, México.

Otero, A. (2001). Medio ambiente y educación (Segunda edición ed.). Buenos Aires, Argentina: Novedades Educativas.

Pardo, M. (2002). La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI, teorías, procesos, metodología (Primera edición ed.). Madrid, España: Editorial Fundamentos.

Peré, J. (2016). Guayaquil.

Ponce de León, J. (2001). Medio ambiente y desarrollo sostenible. Madrid, España.

Rodríguez, r. (2002). Economía y recursos naturales. Una visión ambiental de Cuba. Barcelona: Bellaterra.

Sullivan, J. (2014). ACGUANACASTE. Recuperado el 5 de Enero de 2017, de [http://www.acguanacaste.ac.cr/bosque\\_seco\\_virtual/introduccion.html](http://www.acguanacaste.ac.cr/bosque_seco_virtual/introduccion.html)

Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., & Cano-Santana, Z. (2005). Ecología y medio ambiente (Primera Edición ed.). (G. Trujano, Ed.) México D.F., México: Pearson Educación.

Vásquez, J. (2016). Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental. Guayaquil.

Vásquez, J. (2016). Apuntes de Clases de Ingeniería Ambiental: Capítulo 8, Estudios de Impacto Ambiental. Guayaquil.

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**, con C.C: # **0921013041** autor/a del trabajo de titulación: **Evaluación ambiental de los impactos que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de marzo del 2017



f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Cabanilla del Pino, Luis Alfredo**

C.C: **0921013041**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Evaluación ambiental de los impactos que se generarían por la recolección, transporte y disposición de lodos residuales generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en caso de utilizarse como agregado para materiales de construcción.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Luis Alfredo Cabanilla del Pino		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Mélida Alexandra Camacho Monar		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	17 de marzo del 2017	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	128
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Lodos Residuales, Naturaleza, Impactos Ambientales.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Lodo Residual, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Medio Ambiente, Impacto Ambiental, Matriz Ambiental, Plan de Manejo Ambiental.		

#### **RESUMEN/ABSTRACT**

El presente estudio determina la viabilidad ambiental y económica de la utilización de lodos residuales provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD), para ser transformados en agregados para materiales de construcción. Para determinar la compatibilidad del proyecto con el medio ambiente, se realizó la identificación de impactos a partir de las actividades relacionadas al proyecto: recolección, transporte, disposición final y transformación. Para el modelo del proyecto se utilizó como sitio de recolección, la PTARD de la urbanización La Joya y para el sitio de disposición final y transformación en agregados, la comunidad de La Ladrillera, ambas ubicadas en el área metropolitana de la ciudad de Guayaquil.

Se procedió a realizar la evaluación, valoración ambiental y proposición de un Plan de Manejo Ambiental (PMA), se estableció que los impactos en general son compatibles y ambientalmente sustentables. Adicionalmente, para determinar la viabilidad económica del proyecto se realizó el presupuesto del PMA y cronograma de operación, obteniéndose un costo aproximado de cuatro mil dólares. Finalmente se estableció en el mercado, que el costo de hormigón con  $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$  es aproximadamente  $\$150.17/\text{m}^3$ , mientras que el costo de hormigón mezclado (10% de lodos residuales) y similar resistencia es aproximadamente  $\$116.38/\text{m}^3$ . Si se añade al último, el costo proporcional del PMA, el valor sería de  $\$454.31/\text{m}^3$ . Sin embargo, este valor disminuye al incrementarse el volumen de hormigón mezclado como se analiza en el desarrollo del estudio. Se concluye que mientras mayor es el volumen de hormigón, el costo del hormigón mezclado es más económico que el hormigón tradicional.



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-984733609	E-mail: luisabanilla1993@gmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Clara Catalina Glas Cevallos	
	<b>Teléfono:</b> +593-4-2202763	
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		