

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**



**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

**CARRERA INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL  
MEDIO AMBIENTE**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA  
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALANDACOCHA,  
MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO,  
PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

Tesis previa a la obtención del título de  
Ingeniero en Manejo y Conservación del  
Medio Ambiente.

**AUTOR:** Andrés Darío Terán Martínez

**DIRECTORA DE TESIS:** Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña. Mg. Sc

**Loja - Ecuador**

**2016**


## **CERTIFICACIÓN DE LA DIRECTORA DE TESIS**

**ING. BETTY ALEXANDRA JARAMILLO TITUAÑA., MG.SC. DOCENTE DE LA CARRERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE TENA.**

### **CERTIFICA:**

Que el presente Trabajo de Titulación titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALANDACOCHA, MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO, PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.** Desarrollada por Andrés Darío Terán Martínez, ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instituciones. Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Tena, 23 de Noviembre de 2016



Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña., Mg. Sc

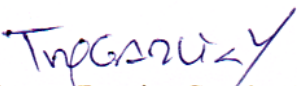
**DIRECTORA DE TESIS.**

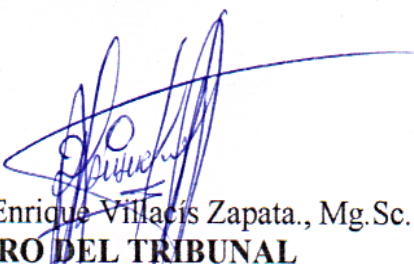
## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

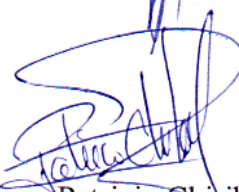
Tena, 16 de Diciembre del 2016

Los Miembros del Tribunal de Grado abajo firmantes, certificamos que el Trabajo de Titulación denominado CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALANDACOCHA, MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO, PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL, presentado por el señor: Andrés Darío Terán Martínez, estudiante de la carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente del Plan de Contingencia de la Universidad Nacional de Loja, Sede Tena, ha sido corregida y revisada; por lo que autorizamos su presentación.

Atentamente;

  
Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg.Sc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

  
Ing. Washington Enrique Villacís Zapata., Mg.Sc.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

  
Lcdo. Diego Patricio Chiriboga Coca., Mg. Sc  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## AUTORÍA

Yo, ANDRÉS DARÍO TERÁN MARTÍNEZ, declaro ser autor del presente Trabajo de Tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de Tesis en el repositorio institucional- biblioteca Virtual.

**AUTOR:** Andrés Darío Terán Martínez

**FIRMA:** 

**CÉDULA:** 1500845928

**FECHA:** Loja, 19 Diciembre de 2016



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, ANDRÉS DARÍO TERÁN MARTÍNEZ, declaro ser autor del Trabajo de Tesis titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALANDACOCHA, MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO, PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**, como requisito para la obtención del Título de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**: autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visualización de su contenido que constará en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, 19 de Diciembre del 2016, firma el autor.

**AUTOR:** Andrés Darío Terán Martínez

**FIRMA:** 

**CÉDULA:** 1500845928

**DIRECCIÓN:** Tena, Barrio: Socoprón, Calle Tena y Victor Hugo Vazco

**CORREO ELECTRÓNICO:** barcelon\_@hotmail.es

**TELÉFONO:** 062-886-615 **CELULAR:** 0998103698

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**DIRECTORA DE TESIS:** Ing. Betty A. Jaramillo T., Mg.Sc.

**TRIBUNAL DEL GRADO:**

Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg.Sc. (Presidente)

Ing. Washington Enrique Villacís Zapata., Mg.Sc. (Miembro)

Lcdo. Diego Patricio Chiriboga Coca., Mg.Sc. (Miembro)

## **DEDICATORIA**

La presente Tesis se la dedico a mis padres y hermanos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante, en especial a mi madre Mery Martínez por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mi esposa e hijo por ser mi inspiración y motivo para esforzarme cada día y salir adelante.

A todo el resto de mi familia y amigos (as) que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar la tesis.

A todos en general por darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

Andrés Darío Terán Martínez

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos quienes hicieron posible la culminación de la presente investigación.

Mi agradecimiento muy especial a mi Directora de Tesis Ing. Betty Jaramillo Mg. Sc., quien me apoyó en todo momento, con sugerencias en el desarrollo de la fase de campo, análisis de datos, dirección y revisión de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a través de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, donde obtuve los conocimientos técnicos que han contribuido a mi formación profesional.

A los miembros del tribunal calificador de la tesis por sus valiosas sugerencias en el presente trabajo de investigación.

También dejar constancia de mi agradecimiento a los Docentes de la UNL, por sus valiosos aportes y conocimientos durante mi carrera estudiantil.

Andrés Darío Terán Martínez

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Pág.
<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE LA DIRECTORA DE TESIS</b> .....	<b>ii</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORÍA</b> .....	<b>iv</b>
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>A. TÍTULO</b> .....	<b>1</b>
<b>B. RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>C. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>D. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
4.1. Caracterización de los sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales.....	6
4.1.1. Plantas de tratamiento de aguas residuales .....	6
4.1.2. Aguas residuales .....	12
4.1.3. Clasificación de aguas residuales.....	13
4.2. Origen de las aguas residuales .....	16
4.2.1. Factores ambientales bióticos .....	17
4.2.2. Factores ambientales abióticos.....	18
4.2.3. Composición de las aguas residuales .....	20



4.2.4.	Características de las aguas residuales .....	20
4.2.5.	Efectos de la descarga del agua residual en ríos .....	20
4.3	Parámetros de calidad de agua residual doméstica .....	22
4.4	Plan de manejo Ambiental.....	26
4.5	Marco legal .....	27
4.5.1	Constitución de la República del Ecuador .....	27
4.5.2	Ley de Gestión Ambiental .....	29
4.6	Marco Conceptual .....	31
<b>E.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
5.1.	Materiales .....	36
5.1.1.	Equipos.....	36
5.1.2.	Herramientas .....	36
5.1.3.	Instrumentos.....	36
5.2.	Métodos .....	37
5.2.1.	Ubicación del área de estudio .....	37
5.2.2.	Ubicación política .....	39
5.2.2.	Ubicación geográfica .....	41
5.3.	Aspectos biofísicos y climáticos .....	43
5.3.1.	Aspectos biofísicos .....	43
5.3.2.	Aspectos climáticos.....	48
5.4.	Tipo de investigación .....	53
5.4.1.	Investigación descriptiva.....	53
5.4.2.	Investigación de campo.....	54
5.4.3.	Investigación documental. ....	54
5.5.	Levantar la línea base del sector Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena. ....	54
5.5.1.	Gestión institucional .....	54
5.5.2.	Identificación del área de estudio.....	55

5.5.3.	Levantamiento de Información .....	55
5.6.	Caracterizar mediante la interpretación de los análisis físico, químico y biológico a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.....	58
5.6.1.	Identificación y selección de los puntos de muestreo .....	58
5.6.2.	Selección de los puntos de muestreo.....	59
5.6.3.	Procedimiento para la colecta, preservación y almacenamiento de muestras para laboratorio. ....	59
5.6.4.	Resultados de los análisis Físico, Químico y Microbiológico de laboratorio .....	61
5.7.	Proponer un Plan de Manejo Ambiental un uso alternativo a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.....	64
5.7.1.	Introducción .....	65
5.7.2.	Objetivo General .....	65
5.7.3.	Alcance.....	65
5.7.4.	Propuesta de Plan de Manejo Ambiental .....	65
<b>F.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
6.1.	Levantar la línea base del sector Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena. ....	67
6.1.1.	Gestión institucional .....	67
6.1.2.	Identificación del área de estudio.....	67
6.1.3.	Levantamiento de Información .....	67
6.2.	Caracterizar mediante la interpretación de los análisis físico, químico y microbiológico a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha. ....	82
6.2.1.	Identificación y selección de los puntos de muestreo .....	82
6.2.2.	Selección de los puntos de muestreo.....	83

6.2.3	Procedimiento para la colecta, preservación y almacenamiento de muestras para laboratorio. ....	83
6.2.4.	Resultados de los análisis Físico, Químico y Microbiológico de laboratorio. ....	85
6.3.	Proponer mediante un Plan de Manejo Ambiental un uso alternativo a los residuos sólidos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha .....	88
6.3.1.	Programa de relaciones comunitarias .....	90
6.3.2.	Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental .....	91
6.3.3.	Programa de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales del GADMT .....	92
6.3.4	Programa de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales .....	100
6.3.5.	Programa de monitoreo y seguimiento .....	101
6.3.6.	Cronograma Valorado del plan de manejo ambiental. ....	102
<b>G.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>103</b>
7.1.	Levantar la línea base del sector Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena. ....	103
7.2.	Caracterizar mediante la interpretación de los análisis físico, químico y microbiológico a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha. ....	103
7.3.	Proponer mediante un Plan de Manejo Ambiental un uso alternativo a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha. ....	104
<b>H.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>I.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>J.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>109</b>
<b>K.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Referenciada por OROPEZA 2006 .....	12
<b>Cuadro 2.</b> Flora del Cantón Tena .....	43
<b>Cuadro 3.</b> Mamíferos del cantón Tena.....	45
<b>Cuadro 4.</b> Aves del cantón Tena. ....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Caracterización de lodos generados en TRA. ....	7
<b>Tabla 2.</b> Máximos permisibles de la DBO. ....	25
<b>Tabla 3.</b> Coordenada UTM del lugar de estudio.....	37
<b>Tabla 4.</b> Precipitación mensual y anual del 2015.....	49
<b>Tabla 5.</b> Valor de humedad mensual y anual del 2015. ....	50
<b>Tabla 6.</b> Temperatura mensual y anual del 2015. ....	51
<b>Tabla 7.</b> Valor de nubosidad mensual y anual del 2015.....	52
<b>Tabla 8.</b> Valor de viento mensual y anual del 2015. ....	53
<b>Tabla 9.</b> Criterio de calidad de suelo.....	62
<b>Tabla 10.</b> Criterio de remediación.....	63
<b>Tabla 11.</b> Respuesta a la pregunta 1.....	72
<b>Tabla 12.</b> Respuesta a la pregunta 2.....	73
<b>Tabla 13.</b> Respuesta a la pregunta 3.....	74
<b>Tabla 14.</b> Respuesta a la pregunta cuatro.....	75
<b>Tabla 15.</b> Respuesta a la pregunta cinco.....	76
<b>Tabla 16.</b> Respuesta a la pregunta seis.....	77
<b>Tabla 17.</b> Respuesta a la pregunta siete.....	78
<b>Tabla 18.</b> Respuesta a la pregunta ocho.....	79
<b>Tabla 19.</b> Respuesta a la pregunta nueve.....	80
<b>Tabla 20.</b> Respuesta a la pregunta diez.....	81
<b>Tabla 21.</b> Análisis físico, químico de los sólidos PTAR de Palandacocha.....	85
<b>Tabla 22.</b> Contenido de elementos tóxicos en los lodos utilizados.....	87
<b>Tabla 23.</b> Cronograma Valorado para el Plan de Manejo Ambiental.....	102

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1.</b> Precipitación mensual y anual del 2015 .....	50
<b>Gráfico 2.</b> Humedad Relativa Año 2015 .....	51
<b>Gráfico 3.</b> Temperatura mensual y anual del 2015 .....	52
<b>Gráfico 4.</b> Promedio edad encuestados.....	72
<b>Gráfico 5.</b> Nacionalidad de los encuestados .....	73
<b>Gráfico 6.</b> Género.....	74
<b>Gráfico 7.</b> Sector de actividad.....	75
<b>Gráfico 8.</b> Conocimiento de planta de tratamiento de agua residual .....	76
<b>Gráfico 9.</b> Ubicación de la planta de tratamiento.....	77
<b>Gráfico 10.</b> Qué es una planta de tratamiento de aguas residuales.....	78
<b>Gráfico 11.</b> La PTAR contamina el ambiente.....	79
<b>Gráfico 12.</b> Afectación a la salud de la PTAR.....	80
<b>Gráfico 13.</b> Lodos geerados por la PT para la agricultura.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Mapa satelital / Ubicación del Área de Estudio – Ciudad de Tena ....	38
<b>Figura 2.</b> Mapa Política del cantón Tena. ....	40
<b>Figura 3.</b> Mapa de la ubicación Geográfica dela ciudad de Tena. ....	42
<b>Figura 4.</b> Membrete para rotular muestras .....	61
<b>Figura 5.</b> Estructura del Plan de Manejo Ambiental. ....	90
<b>Figura 6.</b> Gestión actual de los lodos de la PTAR de Palandacocha. ....	94
<b>Figura 7.</b> Proceso de producción de abono .....	94



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Oficio .....	112
<b>Anexo 2.</b> Encuesta .....	113
<b>Anexo 3.</b> Resultados del Análisis de laboratorio F.Q y Microbiológico).....	115
<b>Anexo 4.</b> Fotografías .....	117

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>Foto 1.</b> PTA Residuales -Palandacocha - Tena .....	117
<b>Foto 2.</b> Maquinaria de la PTA Residuales -Palandacocha – Tena .....	117
<b>Foto 3.</b> Tanque de fangos de la PTAR de Palandacocha .....	118
<b>Foto 4.</b> Descarga de lodos de la Planta de Tratamiento.....	118
<b>Foto 5.</b> Lodos generados y recopilados y traslado al Relleno sanitario .....	119
<b>Foto 6.</b> Recolección de muestras de lodo para remitir al laboratorio .....	119
<b>Foto 7.</b> Selección de la muestra de lodo .....	120
<b>Foto 8.</b> Mezcla de la muestra .....	120
<b>Foto 9.</b> Selección de la muestra para envío a laboratorio .....	121
<b>Foto 10.</b> Identificación de la muestra .....	121

## **A. TÍTULO**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PALANDACOCHA, MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO, PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

## B. RESUMEN

La generación de lodos residuales actualmente se ha convertido en un problema ambiental que nos permite aplicar criterios viables de gestión y disposición de estos tipos de residuos previamente acondicionados, debido a su alto contenido de materia orgánica y otros elementos como metales pesados que le pueden otorgar las características de peligrosos. La composición física-química de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de Tena que llegan a la PTAR de Palandacocha observándose que están bajo los límites permisibles de la norma ecuatoriana a excepción del elemento Zinc cuya norma pasa del valor del límite permisible que es de  $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , en  $852,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , según la norma Ecuatoriana. Se puede apreciar los valores de las concentraciones microbiológicas como son los coliformes fecales y coliformes totales se encuentran bajo los límites permisibles de la norma ecuatoriana, por otro lado el contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, muestran que los porcentajes contenidos en el biosólido son relativamente aceptables, de manera que se constituyen desde el punto de vista agronómico óptimo para ser utilizados como enmiendas de suelos, pero antes deben ser tratados mediante el proceso de compostaje. Se propone un PM con el fin de mitigar y contribuir con un instrumento técnico para generar beneficios de los lodos residuales que genera la PTAR. Este PMA está constituido de programas de relaciones comunitarios con un presupuesto de 6.864 USD, programa de comunicación, capacitación y educación ambiental con un presupuesto de 13.651 USD, programa de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento del GADMT para generar abono con un presupuesto de 22.506 USD y el programa de monitoreo y seguimiento con un presupuesto de 13.805 USD., que suma un valor total de 56.826 USD.

**Palabras claves:** Aguas residuales, lodos residuales, Planta de Tratamiento.

## ABSTRACT

The generation of waste sludge has now become an environmental problem that allows us to apply viable criteria of management and disposal of these types of waste previously conditioned, due to its high content of organic matter and other elements such as heavy metals that can grant the Characteristics. The physical-chemical composition of the sludge generated in the treatment of domestic wastewater of the city of Tena that arrives at the WWTP of Palandacocha observing that they are under the permissible limits of the Ecuadorian norm with the exception of the element Zinc whose norm passes of the value of the Permissible limit that is 200 mg-kg-1, at 852.5 mg-kg-1. It is possible to appreciate the values of microbiological concentrations such as fecal coliforms and total coliforms are under the permissible limits of the Ecuadorian norm, on the other hand the content of Nitrogen, Phosphorus and Potassium, show that the percentages contained in the biosolid are relatively Acceptable, so that they are constituted from the optimum agronomic point of view to be used as soil amendments, but first they must be treated by the composting processes. A PM is proposed in order to mitigate and contribute with a technical instrument to generate benefits from the residual sludge generated by the WWTP. This WFP is made up of community relations programs with a budget of USD 6,864, communication, training and environmental education program with a budget of USD 13,651, management program for sludge generated at the GADMT Treatment Plant to generate fertilizer with a Budget of USD 22,506 and the monitoring and tracking program with a budget of USD13,805, totaling USD 56,826.

**Key words:** wastewater, sewage sludge treatment plant.

## C. INTRODUCCIÓN

El Cantón Tena provincia de Napo se encuentra ubicada la planta de tratamiento de Aguas Residuales, a orillas del Río Pano, el mismo que en sus recorridos, sus cauces dan origen a balnearios naturales que constituyen un atractivo turístico para turistas nacionales y extranjeros.

Los ríos de la ciudad de Tena constituyen un importante recurso hídrico, que en la actualidad enfrentan varios problemas con respecto a su calidad, debido a que atraviesan la ciudad y todas las descargas producto de las diversas actividades antrópicas son depositadas a las fuentes hídricas.

El estudio de un tratamiento de los sólidos que se genera al tratar aguas residuales se inicia por una caracterización física química y microbiológica de las mismas, al analizar dichos sólidos se genera una propuesta y un Plan de Manejo Ambiental para utilizar en el beneficio de la ciudadanía.

Las aguas residuales traen problemas al ambiente y por ende a la salud debido a que contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, metales pesados, sólidos en suspensión, sólidos volátiles; y, otros que sin su debido tratamiento pueden agravar al ecosistema y a la vida en sí.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha tiene como objetivo dar un tratamiento previo del agua y así cumplir con las condiciones necesarias para los diferentes usos (preservación de la flora y fauna acuática, uso de recreación, consumo humano).

El poner en funcionamiento dicha planta genera sólidos que es el resultado del tratamiento del agua, en respuesta aquello se plantea el tema investigativo titulado “Caracterización de los sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Palandacocha, mediante un análisis físico, químico y

microbiológico, para proponer un Plan de Manejo Ambiental”, tuvo como propósito analizar los sólidos mediante análisis físico, químico y microbiológico en función del Anexo II del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) y elaborar una propuesta de Plan de Manejo Ambiental.

### **Objetivo General**

- Realizar la caracterización de los desechos sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Palandacocha, mediante un análisis físico, químico y microbiológico, para proponer un Plan de Manejo Ambiental

### **Objetivos Específicos**

- Levantar la línea base del sector Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena.
- Caracterizar mediante la interpretación de los análisis físicos, químicos y microbiológicos a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.
- Proponer mediante un Plan de Manejo Ambiental un uso alternativo a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Agua Residuales de Palandacocha.



## **D. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Caracterización de los sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales**

#### **4.1.1. Plantas de tratamiento de aguas residuales**

Para (Cruz, 2008), las P.T.A.R. son unidades de transformación de los efluentes industriales y domésticos, o sea unidades de transformación de la materia orgánica.

Vistas localmente, parecen ser unidades aisladas, cuyo objetivo es de preservar algún cauce de agua, por obligación legal y la presión de la Autoridad Ambiental Regional, pero vistas de manera global representan el principio y el fundamento del sistema digestivo del Mundo, de este gran hormiguero de los seres humanos.

En la industria, una P.T.A.R. es una unidad de control de calidad del proceso productivo, donde por medio del análisis del agua residual (cantidad, calidad), se puede diagnosticar el “estado del paciente”, o sea la eficiencia de la fábrica en un momento determinado, y en particular las pérdidas de materia prima y el gasto de insumos.

#### **a. Lodo residual**

Para (Donado, 2013) en su investigación Plan de gestión para lodos generados en las PTAR-D de los municipios de Cumaral y San Martín de los llanos en el Departamento del Meta, manifiesta que lodo residual es el residuo sólido, semisólido o líquido que se genera por el tratamiento de las aguas residuales. Su composición depende principalmente de las características del agua

residual afluente y del proceso de tratamiento utilizado en la planta que lo genera. Uno de los problemas para el uso y manejo de los lodos es su alto contenido de patógenos, por lo que se requiere su estabilización (reducción de microorganismos patógenos. Además, muestra la tabla 1., la composición de diferentes tipos de lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas, observándose lo mencionado respecto a que sus características varían en función del proceso que los origina.

**Tabla 1.** Caracterización de lodos generados en diferentes procesos de tratamientos de aguas residuales.

PARÁMETROS	LODOS PRIMARIO (Sin adición de Químicos)	LODOS SECUNDARIOS (Licor mezcla de lodos activados)	LODOS DIGERIDOS (Mezcla)
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 -6
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)	103-105	100-1000	10 -100
Metales pesados (5SS) (Zn, Cu, Pb)	0.2 -2	0.2 -2	0.2 -2
<b>SSV: Sólidos suspendidos volátiles. NMP: Número más probable. SS: Sólidos suspendidos</b>			

**Fuente:** Donado R. (2013). Tesis Bogotá 3013

Este autor (Donado, 2013) indica que por lo general los lodos provenientes de las plantas de aguas residuales se disponen sobre el terreno, aplicándose principalmente en:

- Terrenos de uso agrícola.
- Terrenos de uso forestal.
- Terrenos deforestados (recuperación de canteras).
- Terrenos especialmente preparados para la evacuación de lodos

Menciona que es necesario tener en cuenta que el lodo puede afectar al suelo cuando se aplica sin un tratamiento previo debido a que puede contar con características como: (Donado, 2013) (Oropeza, 2013)

- **“Contenido orgánico y de patógenos:** La materia orgánica desagradable presente en el lodo no estabilizado puede originar problemas de olores y atraer vectores (moscas mosquitos y roedores) a los lugares de aplicación. Los patógenos (bacterias, virus, protozoos y huevos de gusanos parásitos) se concentran en el lodo y pueden propagar enfermedades, en el caso que exista contacto con el hombre. Para cumplir los límites planteados por la EPA (PART 503 de 1994), el contenido en materia orgánica y patógena se debe reducir considerablemente, mediante procesos de tratamiento antes de la aplicación al suelo.”
- **“Nutrientes:** Los principales nutrientes para las plantas nitrógeno, fósforo y potasio no se eliminan substancialmente durante el tratamiento del lodo, pero son consumidos por las plantas una vez es aplicado el lodo al suelo. Es necesario destacar que los nutrientes presentes en el lodo se convierten en una ventaja de aplicación al suelo, siempre y cuando se mantengan las relaciones requeridas entre ellos y se apliquen a tasas adecuadas, dependiendo de las necesidades específicas que tenga el suelo receptor”

El nitrógeno suele ser el nutriente de mayor interés en la aplicación al suelo, debido al riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Por lo tanto, el consumo de nitrógeno por parte de la vegetación es un parámetro clave para determinar las tasas de aplicación del lodo. Cuando se acompaña el contenido del lodo de agua residual con el de los fertilizantes comerciales, se puede observar que, en la mayoría de los casos, el lodo de agua residual solo puede satisfacer parte de las necesidades globales de nutrientes de las plantas.

- **Metales y materia orgánica:** Los lodos de agua residuales domésticas contienen metales traza y compuestos orgánicos que quedan atrapados en el suelo y crean posibles riesgos tóxicos para las plantas, animales y el

hombre. El metal que mayor atención merece es el cadmio, puesto que se puede acumular en las plantas hasta alcanzar niveles que resultan tóxicos para el hombre y para los animales sin llegar a ser tóxico para las plantas (Fotografatoxicidad). Debido a la gran variedad de las concentraciones de constituyentes presentes en los diferentes lodos, en los casos que se considera la alternativa de aplicación del lodo al suelo será necesario realizar una caracterización completa de este

(Oropeza, 2013), señala que el tratamiento de las aguas residuales, tanto municipales como industriales, tiene como objetivo remover los contaminantes presentes con el fin de hacerlas aptas para otros usos o bien para evitar daños al ambiente Sin embargo, el tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales, subproductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición Los contaminantes contenidos en las aguas residuales pasan a las plantas de tratamiento donde se eliminan en gran medida por la absorción en el lodo producto de un tratamiento fisicoquímico o biológico.

Señala además que el lodo resultante de estos procesos debe someterse a un análisis para determinar sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico-infecciosas (análisis CRETIB), lo que permitirá precisar si el lodo es considerado como un residuo peligroso o como un residuo no peligroso (NOM052-ECOL-1993) y con base en esto, plantear las alternativas para el manejo y disposición del mismo.

Finalmente menciona que la composición de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas sus características varían en función del proceso que da origen a los lodos.

## **b. Tratamiento de lodos en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales “PTAR”**

Según (Oropeza, 2013), en un trabajo titulado “Lodos residuales: estabilización y manejo” hace una descripción de cuatro métodos de manejo de lodos residuales generados en las PTAR. Para ello se basa en experiencias encontradas en Estados Unidos y en Europa. Asegura la autora que: “La tecnología de tratamiento para lodos residuales generados en las PTAR en Estados Unidos y Europa se realiza utilizando alguno de los siguientes cuatro procesos:

- Digestión anaerobia: comprende dos fases, en la primera se forman ácidos volátiles y en la segunda las bacterias anaerobias producen gas metano a partir de dichos ácidos, todo esto en ausencia de oxígeno molecular (O<sub>2</sub>).
- Digestión aerobia: proceso de aireación prolongada (dotando al sistema de O<sub>2</sub>) para provocar el desarrollo de microorganismos aerobios hasta sobrepasar el periodo de síntesis de las células y llevar a cabo su propia auto-oxidación, reduciendo así el material celular.
- Tratamiento químico: realiza principalmente una acción bactericida, llevando al bloqueo temporal de fermentaciones ácidas. Por su reducido costo y alcalinidad, la cal es el reactivo que más se utiliza.
- Incineración: conduce a la combustión de materias orgánicas de los lodos, y es el proceso con el que se consigue un producto residual de menor masa, las cenizas constituidas únicamente por materias minerales del lodo”.

En general, las líneas de tratamiento de lodos residuales se encuentran enfocadas a dos aspectos fundamentales, señala (Oropeza, 2013), que son:

- a. Reducción de volumen: pueden obtenerse por un simple espesamiento (con el que la sequedad del producto podrá alcanzar en algunos casos el 10 o muy

excepcionalmente, el 20%, sin que, por ello, pueda manejarse con pala), deshidratación por drenaje natural, escurrido mecánico, secado térmico, o también y como continuación de una deshidratación, por una incineración.

- b. Reducción del poder de fermentación o estabilización: consiste en reducir su actividad biológica (tendencia a la putrefacción) y su contenido de microorganismos causantes de enfermedades. La estabilización puede obtenerse mediante procesos tales como: digestión anaerobia o aerobia, estabilización química, pasteurización, cocción, etc.

La autora también se refiere a los factores que determinan la elección de un método particular para el manejo de lodos residuales. De igual manera referencia la experiencia de algunos países Al respecto afirma: La selección de alguno de estos procesos para la estabilización de un lodo en particular depende de varios factores, tales como: la cantidad y calidad de lodos a tratar, las condiciones particulares del sitio y, la situación financiera en cada caso.

En muchos países, la utilización del lodo requiere de una infraestructura costosa, pero con fines justificados, ya que soluciona problemas de contaminación e incorpora nutrientes reciclando elementos vitales en los ciclos biológicos naturales; además de convertir un residuo peligroso en un recurso aprovechable y no peligroso. Así, la denominada gestión de excelencia destina cada residuo a su tratamiento: reciclaje, composteo, incineración y vertedero.

Como ejemplo, el Plan de Residuos de Holanda<sup>8</sup>, fija objetivos del 30% de reciclaje, 30% de compostaje, 30% de recuperación de energía y el 10% de vertido como residuos no aprovechables.

En Viena, el esquema es de 50% de valorización energética, 29% de reciclaje, 12% de compostaje y 9% a vertedero.

El manejo y uso de lodos en otros países, (Oropeza, 2013), muestra en el cuadro No. 1.

**Cuadro 1.** Referenciada por (Oropeza, 2013).

PAÍS	MENEJO DE LODOS
Europa, Australia, EEUU	Actualmente se realizan investigaciones para utilizar los lodos especialmente tratados, como freno a la contaminación de los acuíferos por productos fitosanitarios y sus impurezas, además servirán para acelerar la descontaminación de suelos que ya estén afectados. También se aplican como fertilizantes en tierras agrícolas
España	Los residuos de materias orgánicas procedentes de la recolección de residuos separados de origen urbano, así como de la industria, agua residuales y lodos de plantas de tratamiento pretenden ser utilizados en la agricultura ya que se considera que el destino más adecuados para este tipo de materias desde el punto de vista ambiental y económico. se estudia la aplicación de lodos residuales en el control de filtraciones de productos fitosanitarios al acuífero.
Dinamarca	La gran parte de los lodos estabilizándose usan como fertilizantes en tierra laborales. El porcentaje reutilización del lodo de aguas residuales es del 72 %, el 20 % se destina a la incineración, y el 8 % se dispone.
Chile	En 1999 fue aprobado el anteproyecto del "Reglamento para manejo de lodos no peligrosos generados en las plantas de tratamiento de aguas" estableciendo que la operación de plantas de tratamiento de agua potable, agua residual urbana y residuos industriales líquidos genera gran cantidad de lodo, los cuales deben ser tratados y dispuestos de manera adecuada para prevenir impactos negativos en el ambiente.
Argentina	Se ha instrumentado plantas de compostaje de lodos residuales, para su posterior aplicación como biosólidos en la agricultura
México	Recientemente se aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM004-SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su aprovechamiento y disposición final

Fuente: (Oropeza, 2013)

#### 4.1.2 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.



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.

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

#### **4.1.3 Clasificación de aguas residuales**

De acuerdo a su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- a) Aguas Residuales Domesticas:** Son aquellos residuos humanos utilizadas con fines higiénicos (baños, cocina, etc.), y también residuos originados por establecimientos comerciales, públicos y otros.
- Aguas Negras. - Conformadas por las aguas escatológicas, presentando una alta concentración de materia orgánica y microorganismos.
  - Aguas Blancas. - Son las que han sido empleadas para limpieza.
- b) Aguas Residuales de Industria:** Son líquidos generados en los procesos industriales, dependiendo del tipo de industria.
- Aguas Orgánicas.- Constituidas por los resultantes de industrias de leche, alimentos, textiles, destilerías, etc. Que presentan una alta concentración de materia orgánica y pueden ocasionar severa contaminación.

- Aguas Tóxicas.- Son el resultado de procesos industriales de productos químicos, metálicos, etc., que pueden ocasionar incluso daños de corrosión y alterar los tratamientos.
- Aguas Inertes.- Son residuos de industrias de cerámica, mármoles, aparatos de refrigeradoras, que producen obstrucciones por sedimentación y contaminación física.

c) **Agua de Infiltración:** Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza.

- Aguas Pluviales: Son aguas de lluvia que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas, etc., que pueden estar sobre el suelo.

Por la variedad de componentes que presentan las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos; siendo de mucha importancia la caracterización de las aguas residuales para establecer principalmente las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultarán más eficaces. Las principales características físicas de un agua residual son: turbiedad, color, olor, temperatura, sólidos y conductividad.

**Turbidez:** Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad en el agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

**Color:** El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. En forma cualitativa, el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual, como:

- Color café claro.- El agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga.
- Color gris claro.- Es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en sistemas de recolección.
- Color gris oscuro o negro.- Se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaerobias. El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso.

El color causado por sólidos suspendidos se llama color aparente, mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (Organismo De Evaluación Y Fiscalización Ambiental, 2014)

La contaminación ambiental, ha crecido con el aumento de la población asentada sobre todo cerca de las orillas de los ríos y fundamentalmente por el aporte de las aguas residuales producidas por las diferentes actividades en las ciudades y otro tipo de conglomerados humanos. El volumen de desperdicios orgánicos, productos de los desagües cloacales, como el aporte de las sustancias químicas, como consecuencia del desarrollo industrial se ha incrementado de manera tal que las aguas del mismo se ven afectadas en su contaminación dejando de ser natural, y con contenidos que han alterado su calidad, lo cual afecta tanto a la fauna y flora, y otros elementos de la salud de los ecosistemas y de los seres

humanos que se alimentan de productos regados con las misma (Martín, Ingeniería de Ríos, 2006).

Los caudales de las fuentes de agua en el mundo han sufrido daños irreparables los que han provocado severos efectos negativos y que se deben a la priorización de instalaciones industriales y fábricas que generan puestos de trabajo en sí, pero evacúan sus desperdicios del ciclo productivo hacia las corrientes de agua. Las grandes empresas nacidas principalmente en Europa, luego de haber provocado daños en sus países de origen, se trasladaron a otros menos “desarrollados”, emigraron a países subdesarrollados donde no existían esas exigencias legales y ordenanzas para la instalación de estas plantas (Valdez, 2009).

Las aguas residuales son líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones, principalmente por el metabolismo humano, llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas; por tanto, las aguas residuales contienen diversas sustancias de origen natural o artificial que pueden ser más o menos dañinas para el hombre, los animales y el ambiente. Es así que emergen como un líquido turbio, de color gris o amarillento, color séptico, en el cual van suspendidas partículas de sedimentos, heces, residuos vegetales, tiras de papel y materiales sintéticos; cuando más largo sea el colector que los conduce y más turbulento el flujo en la alcantarilla, más pequeñas serán las partículas presentes en el agua residual doméstica (Mackenzie, 2005).

## **4.2. Origen de las aguas residuales**

### **a) Aguas residuales domésticas**

Se puede definir el agua residual domestica como la combinación de los residuos líquidos procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (Rodriguez E. , 2005).

**b) Aguas residuales urbanas**

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Organismo De Evaluación Y Fiscalización Ambiental, 2014).

**c) Aguas residuales industriales**

Son las aguas que han sido utilizadas en procesos industriales y que han recibido subproductos contaminantes como efecto de ese uso. Su calidad es sumamente variable y prácticamente se requiere un estudio particular para cada industria (Cruz, 2008).

**4.2.1. Factores ambientales bióticos**

Los factores bióticos son los seres vivos de un ecosistema, puede referirse a la flora, fauna, los humanos de un lugar y sus interacciones. Los individuos deben tener comportamiento y características fisiológicas específicas que permitan su supervivencia y su reproducción en un ambiente definido. La condición de compartir un ambiente engendra una competencia entre las especies, dada por el alimento, el espacio, etc. (Glinn, 2010).

Una población es un conjunto de organismos de una especie que están en una misma zona. Se refiere a organismos vivos, sean unicelulares o pluricelulares. Los factores bióticos se clasifican en:

- a. Productores o autótrofos: organismos capaces de fabricar o sintetizar su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas como dióxido de carbono, agua y sales minerales (las plantas son seres autótrofos).

- b. Consumidores o heterótrofos: organismos incapaces de producir su alimento, por ello lo ingieren ya sintetizado (los animales son seres consumidores).
- c. Descomponedores: organismos que se alimentan de materia orgánica en descomposición, entre ellas están las levaduras, hongos y bacterias.

#### **4.2.2. Factores ambientales abióticos**

Los factores abióticos son los distintos componentes que determinan el espacio físico en el cual habitan los seres vivos; entre los más importantes podemos encontrar: el agua, la temperatura, la luz, el pH, el suelo, la humedad, el aire (que sin él no podríamos vivir) y los nutrientes (Fraume, 2006).

Los factores abióticos son los principales frenos del crecimiento de la población; éstos varían según el ecosistema de cada ser vivo.

- a. La luz es un factor abiótico del ecosistema, dado que constituye el suministro principal de energía fría para todos los organismos. La energía luminosa es convertida por las plantas en energía química (fotosíntesis) (Martín, Ingeniería de Ríos, 2006).
- b. La temperatura es útil para los organismos ectotérmicos, para ser preciso, los organismos que no estén adaptados para regular su temperatura corporal por ejemplo (los peces, los anfibios y reptiles). Las plantas utilizan una cantidad pequeña de calor para realizar el proceso fotosintético y se adaptan para sobrevivir entre límites de temperatura mínimos y máximos (Valdez, 2009).
- c. La atmósfera se puede definir como la envoltura de gases que rodea la Tierra. Se formó por la desgasificación que sufrió el planeta durante su proceso de enfriamiento desde las primeras etapas de su formación (al

bajar la temperatura muchas sustancias que estaban gaseosas pasaron a líquido o sólido. A esto hay que añadir grandes cantidades de gases y polvo emitidos por los volcanes y los cambios a lo largo del tiempo por los seres vivos que aportaron  $O_2$  y  $N_2$  a la atmósfera y disminuyeron la concentración de  $CO_2$  y, cómo no, los cambios actuales provocados por la humanidad que aumentan el  $CO_2$  mediante la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Manahan, 2007).

- d. El agua es un elemento indispensable para la vida, la vida se originó en el agua, y todos los seres vivos tienen la necesidad del agua para subsistir, el agua forma parte de los diversos procesos químicos orgánicos, por ejemplo, las moléculas de agua se usan durante la fotosíntesis, liberando a la atmósfera los átomos de oxígeno del agua (Glenn, 2010).
- e. El aire es la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, que permanece alrededor de la tierra por acción de la fuerza de la gravedad, el aire es esencial para la vida en el planeta, es particularmente delicado, fino y etéreo, transparente en las distancias cortas y medias si está limpio, y está compuesto en proporciones ligeramente variables por sustancias tales como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (variable 0-7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y algunos gases nobles como el criptón y el argón (Valdez, 2009).
- f. El suelo es la parte no consolidada y superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos (Flores, 2011).
- g. El clima abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosféricos en una región durante un periodo representativo (temperatura, humedad, presión, viento y precipitaciones principalmente.) (Vega, 2005).

#### **4.2.3. Composición de las aguas residuales**

Para determinar la composición de las aguas residuales se realizan diversas medidas físicas, químicas y biológicas, entre las que se incluye la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), la demanda química de oxígeno (DQO), el pH, el nitrógeno total, los detergentes, los sólidos suspendidos totales y los organismos coliformes fecales (Rodríguez E. , 2005).

#### **4.2.4. Características de las aguas residuales**

Las aguas residuales domésticas o llamadas también municipales, tienen como característica principal, cuando es el agua fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris, el agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar a los huevos podridos. El agua residual séptica es de color negro (Valdez, 2009).

#### **4.2.5. Efectos de la descarga del agua residual en ríos**

La calidad del agua en los lagos y ríos influye fundamentalmente en su uso. Para saber qué cantidad de desecho puede ser tolerado (asimilado) por un cuerpo de agua, es preciso conocer el tipo de contaminante descargados y la manera como éstos afectan la calidad del agua (Glinn, 2010).

Un lugar lógico para la evacuación de las aguas residuales de una comunidad es en un cuerpo natural de agua. Esta forma de desagüe, denominada evacuación por dilución, ha sido empleada por muchos municipios, con poco o ningún tratamiento. El proceso natural denominado autodepuración ha evitado problemas en muchos casos, pero la industrialización y la demografía urbana siempre creciente, acompañada de un retraso en la construcción de sistemas de tratamiento, han llevado a una contaminación severa en las aguas de la mayor parte del país.



Los resultados de esta contaminación son:

- a) Los microorganismos patógenos de las aguas residuales convierten las aguas naturales en las que desaguan en inseguras como fuente de suministro, para el recreo y para los criaderos de peses (piscicultura).
- b) La descomposición de la materia orgánica inestable despojará el agua de su oxígeno, y por lo tanto de peces, por que morirán.
- c) También los ácidos, aceites y otros materiales tóxicos exterminarán a los peces y cualquier otra vida acuática o resultarán que resulten incomedibles.
- d) La putrefacción de las materias orgánicas producirá olores y condiciones desagradables, quizá hasta el extremo de afectar adversamente las propiedades del agua.
- e) Zona de degradación: Esta zona se establece por debajo de la salida de la alcantarilla y quedará manifiesta porque el agua empieza a enturbiarse. Habrá descomposición de las materias sólidas, como los lodos del fondo, y se producirá la descomposición anaerobia (Valdez, 2009).
- f) Zona de descomposición activa: esta zona es muy marcada en caso de contaminación severa se caracteriza por la ausencia de oxígeno disuelto y por la descomposición de los lodos., pueden aparecer burbujas de gas liberado y las masas de lodo pueden llegar a alcanzar la superficie, formando una espuma negra, el anhídrido carbónico y el amoniaco aumenta.
- g) Zonas de aguas claras: aquí la corriente habrá recuperado la apariencia de las aguas naturales. Tendrá el plancton normal de las aguas limpias. Este plancton debido al efecto fertilizante de la contaminación previa, puede hallarse en gran cantidad, y su presencia estimulará la abundancia de

peces. Se habrá conseguido el “equilibrio de oxígeno”, es decir, el oxígeno disuelto en cantidad superior a la DBO, y puede decirse que la recuperación es completa (Glinn, 2010)

### **4.3 Parámetros de calidad de agua residual doméstica**

#### **a) Potencial de hidrógeno**

El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado. Por ejemplo, las reacciones del cloro son también lugar cuando el pH tiene un valor entre 6,5 y 8 (Caura, 2008).

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno ( $H^+$ ) en una sustancia. La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua (Lenntech, 2012).

Resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones  $H^+$ ) y el número de iones hidroxilo ( $OH^-$ ). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7.

El pH es un factor logarítmico; cuando una solución se vuelve diez veces más ácida, el pH disminuirá en una unidad. Cuando una solución se vuelve cien veces más ácida, el pH disminuirá en dos unidades. El término común para referirse al pH es la alcalinidad (Lenntech, 2012).

## **b) Sólidos totales**

Los “sólidos totales” se definen como la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103 - 105 °C. El valor de los sólidos totales incluye materias disueltas (sólidos disueltos totales: porción que pasa a través del filtro) y no disuelto (sólidos suspendidos totales: porción de sólidos totales retenidos por un filtro) (García, Quinteros, & López, 2006).

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón, se ha establecido un límite de 500 mg/L de sólidos disueltos para el agua potable en los Estados Unidos. Los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas (Rodríguez E. , 2005).

El promedio de sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de 120 ppm En el caso de los lagos, los valores de sólidos disueltos presentan una gran variación. La Tabla 1 presenta valores de sólidos disueltos para cuerpos de agua con diferencias significativas en términos de status nutricional y salinidad (Rodríguez E. , 2005).

## **c) Demanda química de oxígeno**

La DBO es uno de los parámetros de mayor importancia en el estudio y caracterización de las aguas no potables. La determinación de DBO además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales (Conesa, 2010).

La importancia de este parámetro requiere de ciertos cuidados y atención en la técnica analítica, ya que por ser un proceso biológico el manejo y tratamiento de la muestra es delicado. El método estándar consiste en tomar un pequeño volumen de la muestra a analizar. Este pequeño volumen debe ser representativo del total de la muestra, por lo que ésta deberá estar completamente homogenizada (Moreno & Cerutti, 2014).

Un volumen que es típicamente de unos cuantos mililitros (1-50 ml), se mezcla con un agua de dilución previamente preparada y que contiene los nutrientes requeridos para el desarrollo del medio microbiano que digiere el material orgánico presente en la muestra. Estos nutrientes son esencialmente: nitrógeno, fósforo, hierro, calcio, magnesio, etc., y se estabiliza el pH del agua de dilución con un buffer adecuado (MarcadorDePosición7).

Normalmente las aguas residuales ya tienen éstos nutrientes, pero se agregan para el caso de aguas de desecho que no los contengan.

No es posible poner grandes cantidades de muestra ya que además del material orgánico digerible, se requiere oxígeno para el metabolismo de las bacterias y la solubilidad del oxígeno en el agua es bastante limitada (aproximadamente 8 mg/l a 25°C y 1 atm de presión) (Cáceres, 2014).

#### **d) Demanda bioquímica de oxígeno**

La Demanda bioquímica de oxígeno se define como la cantidad de oxígeno que necesita los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual (Santambrosio, 2010).

Se define como D.B.O. de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen

durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l (Domenech & Peral, 2006).

Expresa la cantidad de miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua. La DBO se expresa por partes por millón (ppm) de oxígeno (Santambrosio, 2010).

**Tabla 2.** Máximos permisibles de la DBO.

<b>TIPO DE AGUA</b>	<b>MÁXIMO PERMISIBLE</b>
Agua potable	0,75 a 1.5 ppm
Agua poco contaminada	5 a 50 ppm
Agua potable negra municipal	100 a 400 ppm
Residuos industriales	500 a 1000 ppm

**Fuente:** (Santambrosio, 2010)

La DBO de las aguas residuales se debe a tres clases de materiales.

- Materia orgánica carbonosa usada como fuente de alimentación por los organismos aerobios.
- Nitrógeno oxidable derivado de nitritos, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico, que sirven de sustrato para bacterias específicas del género Nitrosomas y Nitrobacter, que oxidan el nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos.
- Compuestos reductores químicos, como sulfitos, sulfuros y el ión ferroso que son oxidados por Oxígeno Disuelto (OD).

#### e) **Coliformes fecales**

Las bacterias del grupo coliformes se refiere al grupo de bacterias gram-negativas aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, tiene una forma de bacilo corto no esporulado, que fermenta la lactosa. Este grupo de bacterias se encuentra altamente distribuidas en la naturaleza, las podemos encontrar en el agua, suelo y en la vegetación de manera natural no solo como contaminante, además forma parte de la flora intestinal de los seres humanos y de animales de sangre caliente (Guinea, J., 2009).

Los coliformes están ampliamente distribuidos, se encuentran universalmente en las vías intestinales del hombre y animales, tanto de sangre caliente como de fría (Freeman, A, 2005).

#### **4.4 Plan de manejo Ambiental**

**Plan de manejo ambiental:** La gran medida el cumplimiento de los programas de protección ambiental depende de las medidas de mitigación y compensación de los impactos significativos (Caura, 2008).

Entre las medidas de mitigación que se pueden considerar están:

1. Evitar el impacto por no ejecución de la acción.
2. Disminuir el impacto al limitar su magnitud.
3. Rectificar el impacto al restaurar o rehabilitar el ambiente.
4. Eliminar el impacto con acciones de mitigación de protección y mantenimiento.

(TULSMA, 2013), define al Plan de Manejo Ambiental (PMA) como el “Documento que establece en detalle y en orden cronológico las acciones que se requieren 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 programas, dependiendo de las características de la actividad o proyecto propuesto.”

La elaboración del Plan de Manejo Ambiental comprende los siguientes programas:

- Programa de Prevención y Mitigación de Impactos (PPM)
- Programa de Manejo de Desechos Sólidos (PMD)
- Programa de Comunicación, Capacitación y Educación Ambiental (PCC)
- Programa de Relaciones Comunitarias (PRC)
- Programa de Contingencias (PDC)
- Programa de Seguridad y Salud en el trabajo (PSS)
- Programa de Monitoreo y Seguimiento (PMS)
- Programa de Rehabilitación de Áreas Afectadas (PRA)
- Programa de Cierre y Abandono y Entrega De Área (PCA)

## **4.5 Marco legal**

El estudio de Impacto Ambiental se realizó sobre la base de los siguientes instrumentos jurídicos:

### **4.5.1 Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución de la República del Ecuador vigente fue publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008. Es la norma fundamental que contiene los principios, derechos y libertades de quienes conforman la sociedad ecuatoriana y constituye la cúspide de la estructura jurídica del Estado.

En los numerales 5 y 7 del Art. 3 se mantienen como deberes primordiales del Estado, la promoción del desarrollo sustentable y la protección del patrimonio natural del país.

Esto concuerda con las tendencias que a nivel mundial se manifiestan sobre el ambiente y que se hallan reconocidas y documentadas en conferencias y convenios internacionales.

**El Art. 14.-** “reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir”, que en idioma kichwa se denomina *sumak kawsay*. De igual manera, declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**El Art. 15.-** señala la obligación del Estado de promover el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, tanto en el sector público como en el privado.

**El Art. 72.-** reconoce el derecho de restauración a la naturaleza, siendo este derecho independiente a la obligación del Estado y de las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. También se contempla que en casos de impacto ambiental grave o permanente, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración y adoptará medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**El Art. 73.-** obliga al Estado a la aplicación de medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, destrucción de ecosistemas o alteración permanente de ciclos naturales.

Dentro de los deberes y responsabilidades de los ecuatorianos y ecuatorianas, los numerales 6 y 13 del Art. 83 señalan el respeto de los derechos de la naturaleza, la preservación de un ambiente sano y la conservación del patrimonio natural del país.



#### **4.5.2 Ley de Gestión Ambiental**

Ley de Gestión Ambiental constituye el cuerpo legal relacionado a la protección ambiental, establece las directrices de política ambiental, así como determina las obligaciones, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones dentro de este campo.

La promulgación de la Ley de Gestión Ambiental en el año de 1999, confirmó que el Ministerio del Ambiente, creado en el año de 1996, es la autoridad nacional ambiental y estableció un marco general para el desarrollo y aprobación de la normativa ambiental, dentro de los principios de desarrollo sustentable, establecidos en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, y ratificados en la Constitución Política de la República.

**Art. 1.-** La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

**Art. 3.-** El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

**Art. 4.-** Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda, desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

## **Del desarrollo sustentable**

**Art. 7.-** La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo.

El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

## **Capítulo II de gestión ambiental**

### **De la evaluación de impacto ambiental y del control ambiental**

**Art. 19.-** Las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

El sistema de Gestión Ambiental, proporcionará a la sociedad los lineamientos y orientaciones sobre el manejo y protección del medio ambiente y de los recursos naturales, por eso se han descrito los conceptos que deben ser universales para el manejo del medio ambiente y todo lo que conlleva en las distintas ejecuciones que al respecto se pudieran hacer.

La sustentabilidad debe ser el nuevo punto de origen de los planes de desarrollo y sus políticas, pues representa la única forma de garantizar un ambiente sano, en el que se respete la diversidad biológica, cultural y humana.

La gestión de impacto ambiental tiene como principio reducir al mínimo cualquier tipo de agresión en el ecosistema, elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad por las criaturas más débiles, sino por verdadera humildad intelectual, por reconocer realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio biológico.

Es importante establecer y mantener procedimientos que permitan identificar la eventualidad y la respuesta ante accidentes y situaciones de emergencia y para prevenir y mitigar los impactos ambientales que puedan estar asociados a ellos, esto es algo que debe contemplar la norma.

#### **4.6 Marco Conceptual**

**Actividad productiva:** Aquella que genera alguna renta o producto.

**Amazonía:** Se denomina a la zona de Sudamérica ubicada en la parte septentrional central del continente. Comprende parte de los países como Brasil (70% de la superficie total), Colombia, Ecuador, Guayana, Perú, Surinam y Venezuela.

**Ambiente:** Es un conjunto de factores externos, elementos y fenómenos tales como el clima, el suelo, otros organismos, que condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

**Biodegradable:** Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivos, los más importantes de los cuales son bacterias aerobias.

**Biodegradación:** Proceso de degradación o descomposición llevado a cabo por seres vivos.

**Biodiversidad:** Este es el término utilizado para describir la riqueza de vida animal y vegetal que existe en el planeta.

**Biosistema:** Ecosistema.

**Conciencia ambiental:** Convicción de una persona, organización, grupo o una sociedad entera, de que el ambiente debe protegerse y usarse racionalmente en beneficio del presente y el futuro de la humanidad.

**Concientización ambiental:** Toma de conciencia por parte de la población de los valores de la persona, su ambiente y la relación existente entre ellos, logrando un cambio de actitud hacia el medio.

**Conservación:** Actividad práctica ejercida en tanto se considera a la naturaleza como fuente de recursos.

**Conservación ambiental:** Manejo de los recursos ambientales, aire, suelo, agua, minerales y especies vivientes, que busca elevar la calidad de vida humana.

**Contaminación:** Se entiende por contaminación la adición de cualquier sustancia al ambiente en suficientes cantidades, que causen efectos mensurables o medibles sobre los seres humanos, los animales, la vegetación o los materiales y que se presenten en cantidades que sobrepasen los niveles normales de los que se encuentran en la naturaleza.

**Contaminación ambiental:** Es la presencia de sustancias nocivas, perjudiciales o molestas en nuestros recursos naturales como el aire, el agua y los suelos, sin que el medio no lo pueda absorber o regenerar por sí sólo, y colocadas allí por la acción del hombre en tal calidad y cantidad que puedan inferir la salud y el bienestar de los hombres, los animales y a las plantas.

**Costo ambiental:** Es el valor económico que se le asigna a los efectos negativos de una actividad producida para la sociedad (contaminación, pérdida fertilidad del suelo, etc.).

**Deterioro ambiental:** Se refiere al deterioro de uno o varios de los componentes del ambiente (por ejemplo, el aire, el suelo, el agua, etc.), situación la cual afecta en forma negativa a los organismos vivientes.

**Diagnóstico ambiental:** Descripción del estado de situación ambiental de un área sobre la base de la utilización integradora de indicadores con origen en las ciencias sociales, exactas y naturales.

**Ecosistema:** Comprende el conjunto de seres vivos que viven en un área determinada, los factores que lo caracterizan y las relaciones que se establecen entre los organismos y, entre éstos y el medio físico.

**Estudio de impacto ambiental:** Es el estudio técnico, de carácter interdisciplinario que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.

**Evaluación de impacto ambiental:** La EIA es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto a actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ellos con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Públicas competentes.

**Factores ambientales:** Aquellos elementos susceptibles de actuar directamente sobre los seres vivos. Estos factores se dividen en bióticos y abióticos.

**Gestión ambiental:** Conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del ambiente, a partir de un enfoque interdisciplinario y global.

**Gestión ambiental participativa:** Se refiere a la gestión ambiental que es programada de tal forma de lograr una efectiva participación de las partes involucradas en un proyecto dado o en sus efectos.

**Impacto ambiental:** Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio.

**Impacto negativo:** Es el impacto ambiental cuyo efecto se traduce en pérdida de valor naturalísimo, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una zona determinada.

**Impacto positivo:** Es el impacto ambiental admitido como positivo tanto para la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externos de la actuación contemplada.

**Manejo sustentable:** Administración y uso racional de los ambientes y sus recursos naturales basado en pautas que permiten su conservación y rendimiento sostenido en el tiempo.

**Medio ambiente:** Barbarismo. Definición que pretende definir al término: "Ambiente". Términos mal utilizados y redundantes como Medioambiente y Medioambiental, derivan del error cometido en la traducción de la Primera Cumbre de la Tierra en Estocolmo, en 1972, de la palabra inglesa: "Environment".

**Población:** Grupo de individuos de la misma especie que viven en un área determinada. Cualquier grupo de individuos de una misma especie que ocupen un área dada al mismo tiempo.

**Preservación:** Conjunto de políticas y medidas que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales con la menor intervención humana.

**Recursos naturales:** Son todos los componentes, renovables y no renovables, o características del ambiente natural que pueden ser de utilidad potencial para el hombre.

**Recursos naturales renovables:** Son aquellos recursos naturales que tienen la capacidad de perpetuarse.

**Recursos naturales no renovables:** Son aquellos recursos naturales que no tienen la capacidad de perpetuarse, sino que tienden a agotarse a medida que se consumen.

**Residuos sólidos:** Son aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado en el contexto en que es producido ningún valor económico.

**Sustentable:** Vocablo utilizado para definir el uso de los sistemas ambientales de manera tal que, satisfaga las necesidades actuales de recursos naturales renovables y no renovables, pero, sin comprometer las necesidades de éstos, por las generaciones futuras.

## **E. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

Para la investigación se utilizó los siguientes equipos, herramientas, mapas:

#### **5.1.1. Equipos**

- GPS GARMIN
- Cámara fotográfica digital marca Canon 16mp.
- Equipo de Cómputo
- Equipo de protección personal

#### **5.1.2. Herramientas**

- Envases de plástico de 500 ml
- Hoja de campo para análisis de datos
- Botas de caucho
- Guantes

#### **5.1.3. Instrumentos**

- Mapas
- Encuestas
- Entrevista
- Libreta de campo



## 5.2. Métodos

### 5.2.1. Ubicación del área de estudio

La provincia de Napo está ubicada en la región amazónica ecuatoriana, su capital es la ciudad de Tena. Se divide políticamente en 5 cantones: Archidona, Carlos Julio Arosemena, El Chaco, Quijos y Tena. El cantón Tena cuenta con siete parroquias: Ahuano, Chonta Punta, Pano, Puerto Misahuallí, Puerto Napo, Talag y Tena.

El área de estudio de la investigación se encuentra ubicada en el cantón Tena, de la provincia de Napo sector Palandacocha.

Presenta una altura promedio de 514 metros. Se geo referenció el lugar y se tomaron coordenadas UTM del área delimitada.

**Tabla 3.** Coordenada UTM del lugar de estudio

<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>				
<b>PUNOS</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Altura msnm</b>	<b>SECTOR</b>
1	186664,47	9889254,08	515	PALANDACOCHA

**Fuente:** Datos levantados en el campo

**Elaborado:** Por el autor

**Figura 1.** Mapa satelital / Ubicación del Área de Estudio – Ciudad de Tena



Fuente: Google Maps 2015.  
Elaborado por: El autor

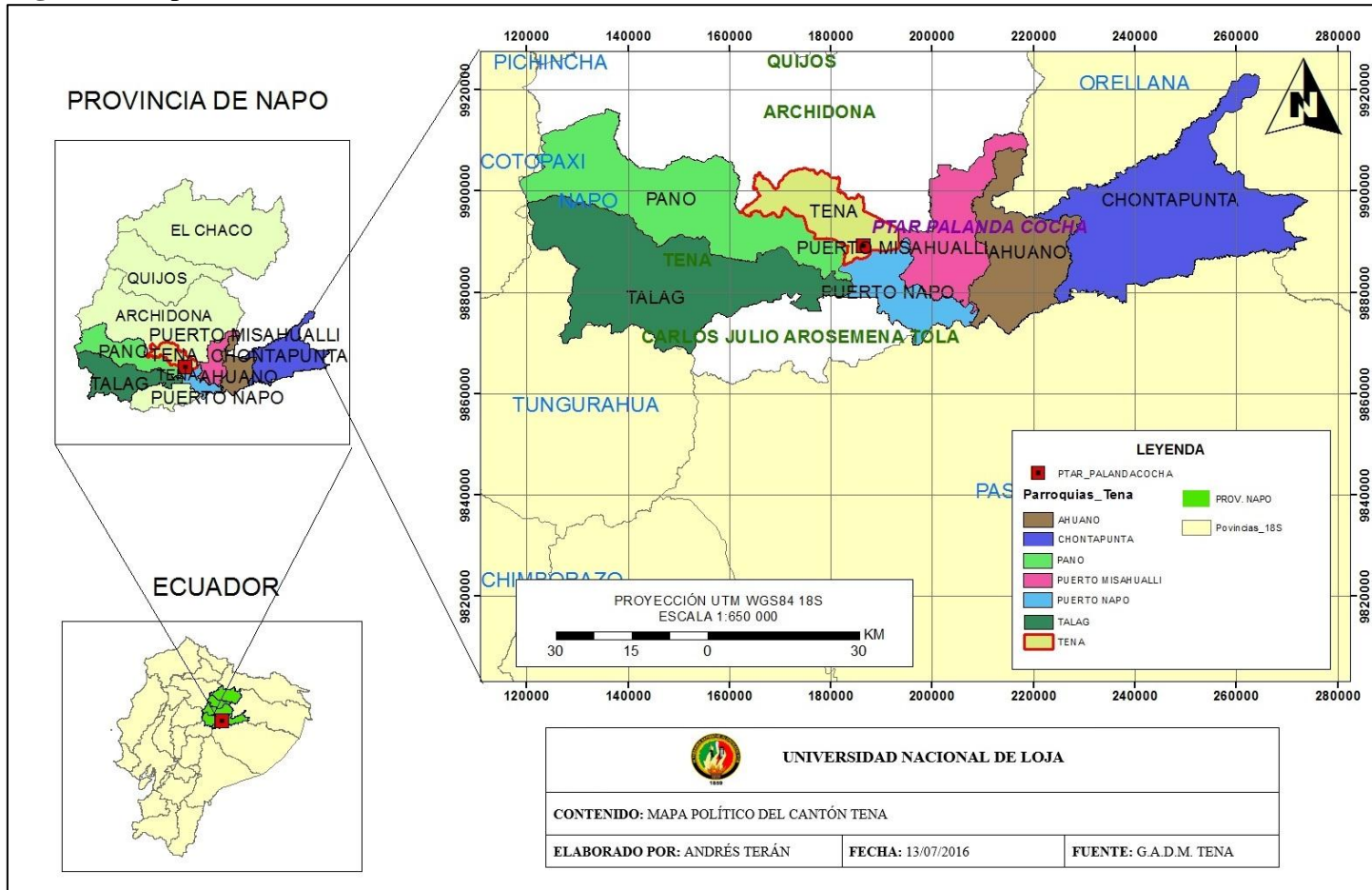
### 5.2.2. Ubicación política

La ciudad de Tena es la capital de la provincia de Napo, está ubicada en la región amazónica del Ecuador, a una latitud 0°59`Sur y longitud 78°09`Oeste. Situada junto a los ríos Tena, Pano y Misahuallí. El cantón Tena limita al norte con los cantones Archidona y Loreto, al sur con las provincias de Tungurahua, Pastaza y el cantón de la provincia de Napo Carlos Julio Arosemena Tola, al este con la provincia de Orellana y al oeste con la provincia de Cotopaxi y Tungurahua.

Tena está ubicada en:

País:	Ecuador
Provincia:	Napo
Cantón:	Tena
Parroquia:	Tena
Coordenadas:	204135 X y 9885371 Y
Altitud:	514 metros de altura

Figura 2. Mapa Político del cantón Tena.



Elaborado por: El autor.

### 5.2.2. Ubicación geográfica

El cantón Tena tiene una superficie de 3897.41 km<sup>2</sup>. Está integrado por 7 parroquias rurales: Ahuano con 416.85 km<sup>2</sup>. Chontapunta con 971.71 km<sup>2</sup>, Pano con 798.56 km<sup>2</sup>, Puerto Misahuallí con 348.40 km<sup>2</sup>, Puerto Napo con 214.97 km<sup>2</sup>, San Juan de Muyuna con 162.87 km<sup>2</sup>, Tálag con 918.31 km<sup>2</sup> y la parroquia urbana Tena con 77.69 km<sup>2</sup>., sus límites son (GADMT 2014):

**Norte:** Cantones Archidona y Loreto.

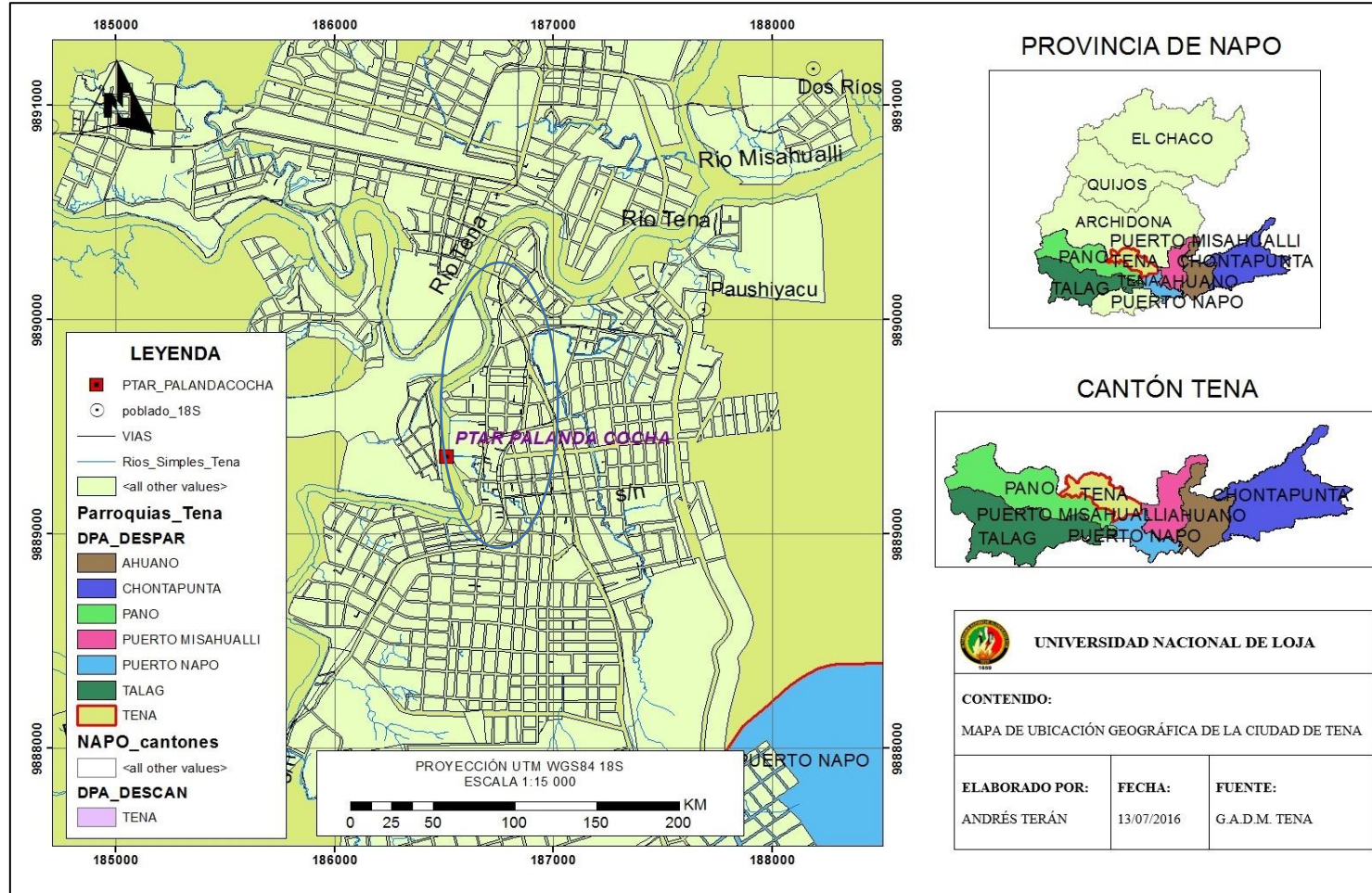
**Sur:** Cantones Baños de Agua Santa, Carlos Julio Arosemena Tola, y Arajuno.

**Este:** Cantón Orellana.

**Oeste:** cantones Latacunga, Salcedo, Santiago de Pillaro y Patate.



Figura 3. Mapa de la ubicación Geográfica de la ciudad de Tena.



Elaborado por: El autor.

### 5.3. Aspectos biofísicos y climáticos

#### 5.3.1. Aspectos biofísicos

##### a. Medio biótico

- **Flora**

La privilegiada ubicación del cantón Tena le otorga una distribución de ecosistemas, que van desde los páramos de almohadillas de los 4.800 msnm., volcán Quilindaña, hasta los bosques amazónicos bajo los 600 msnm. Esta característica le otorga al cantón una gran variedad de ecosistemas que posibilita hábitats para una gran diversidad de especies de flora y su correspondiente fauna, y la presencia de flora endémica es decir propia de la zona. (POT, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, Tena 2014)

**Cuadro 2.** Flora del Cantón Tena

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
1	Ají	<i>Capsicumannuum</i>	SOLIONACEAE
2	Avío	<i>Pouteriacaimiti</i>	SAPOTACEAE
3	Bromelia	<i>Bromeliaplumieria</i>	BROMELIACEAE
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	MALVACEAE
5	Canelo	<i>Drimyswinteri</i>	WINTERACEAE
6	Cedro	<i>Cedrela montana</i>	MELIACEAE
7	Ceibo	<i>Ceiba trischistandra</i>	BOMBONACEAE
8	Chukchuwaso	<i>Maytenuskrukovii</i>	CELASTRECEAE
9	Chonta	<i>Bactrisgasipaes</i>	ARECACEAE
10	Guaba	<i>Inga feuillei</i>	FABACEAE
11	Guayaba	<i>Psidiumguajaba</i>	MYRTACEAE
12	Guayacán	<i>Tabebuiachrysantha</i>	BIGNONIACEAE
13	Guayusa	<i>Ilexguayusa</i>	AQUIFOLEACEAE
14	Heliconia	<i>Heliconia rostrata</i>	HELICONIACEAE
15	Hierba Luisa	<i>Aloysacitrodora</i>	VERBENACEAE
16	Limón	<i>Citrus limonums</i>	RUTACEAE

Continúa...

...Continuación

No.	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
17	Maíz	<i>Zea mays</i>	POACEA
18	Maní de árbol	<i>Arachisipoagea</i>	FABACEAE
19	Matapalo	<i>Cecropiaapp.</i>	CECOPIACEAE
20	Naranja	<i>Citrus cinsensis</i>	RUTACEAE
21	Naranjilla	<i>Solanumquitoense</i>	SOLANACEAE
22	Ortiga	<i>Ureracaracasana</i>	URTICACEAE
23	Papaya	<i>Carica papaya</i>	CARICACEAE
24	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	MUSACEAE
25	S. de drago	<i>Crotonlecleri</i>	EUPHORBIACEAE
26	Toronja	<i>Citrus paradasi</i>	RUTACEAE
27	Uña de gato	<i>Uncariatomentosa</i>	RUBIACEAE
28	Yuca	<i>Manihotesculenta</i>	EUPHORBIACEAE

Fuente: GADMT 2014

Elaborado por: El autor

El cantón Tena posee áreas naturales de alto valor de conservación, así como de un alto grado de biodiversidad, que ocupan una superficie total de 190.096,01 Ha correspondiente a las áreas con categorías de conservación, esto corresponde a 48,75% del territorio, de las cuales las áreas del Patrimonio Natural de Áreas Protegidas (PANE) ocupan el 37,37%; los bosques protectores (BVP) el 4,09%; el Patrimonio Forestal del Estado (PFE) el 6,76% y los bosques protectores privados el 0,53%.

Dentro del Cantón existen siete bloques de áreas de bosque y vegetación protectores distribuidos en las parroquias de Muyuna, Puerto Misahuallí, Ahuano y Chontapunta que se encuentran cumpliendo el objetivo de mantener a la superficie destinada a la conservación de ecosistemas, mejorar la representatividad de la biodiversidad terrestre, formar puentes de conexión entre distintos sectores del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) o actuar como zonas de amortiguamiento, reduciendo las presiones de las actividades humanas.



- **Fauna**

Las condiciones biogeográficas de la región de la Reserva de biosfera Sumaco permiten la existencia de una gran riqueza faunística, esto debido a la gran variedad de pisos altitudinales, nichos ecológicos y hábitats tanto del trópico húmedo amazónico, como de las estribaciones orientales de los Andes y las cordilleras subandinas, por estas condiciones la fauna en Tena es diversa.

**Cuadro 3.** Mamíferos del cantón Tena.

N°	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Armadillo de nueve bandas	<i>Dasvylus novemcinctus</i>	DASYPODIDAE
2	Armadillo gigante	<i>Priodontes maximus</i>	DASYPODIDAE
3	Cabeza de mate	<i>Eira barbara</i>	MUSTELIDAE
4	Capibara	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>	CAVIIDAE
5	Conejo	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	LEPORIDAE
6	Cusumbo	<i>Alouatta seniculus</i>	ATELIDAE
7	Danta	<i>Tayirus yinchaque</i>	TAPIRIDAE
8	Falso vampiro	<i>Vampyrum sycetrum</i>	PHYLLOSTOMIDAE
9	Guanta	<i>Agouti yaca</i>	CUNICULIDAE
10	Jaguar	<i>Panthera onca</i>	FELIDAE
11	Jaguarundi	<i>Puma vagouarouandi</i>	FELIDAE
12	Leoncillo	<i>Callithrix yugmaea</i>	CALLITRICHIDAE
13	Mashu	<i>Nasua nasua</i>	PROCYONIDAE
14	Mono araña	<i>Ateles belzebuth</i>	ATELIDAE
15	Mono barizo	<i>Saimiri sciureus</i>	CEBIDAE
16	Mono chichico	<i>Saguinus nigricollis</i>	CALLITRICHIDAE
17	Mono chorongó	<i>Lagothrix lagotricha</i>	ATELIDAE
18	Mono nocturno	<i>Aotus vociferans</i>	AOTIDAE
19	Monos capuchinos, mico	<i>Cebus albifrons</i>	CEBIDAE
20	Murciélagó	<i>Eptesicus brasiliensis</i>	VESPERTILIONINAE
21	Murciélagó frutero chico	<i>Artibeus anderseni</i>	PHYLLOSTOMIDAE
22	Murciélagó orejudo	<i>Tonatia bidens</i>	PHYLLOSTOMIDAE
23	Nutria	<i>Lontra longicaudis</i>	MUSTELIDAE
24	Oso de anteojos	<i>Tremarctos ornatus</i>	URSIDAE
25	Oso hormiguero	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	MYMECOPHAGIDAE

Continúa...

...Continuación

26	Oso hormiguero sureño	<i>Tamandua tetradactyla</i>	MYMECOPHAGIDAE
27	Pecari de collar	<i>Pécari tajacu</i>	TAYASSUIDAE
28	Puma	<i>Puma concolor</i>	FELIDAE
29	Sahino	<i>Tayassu pécari</i>	TAYASSUIDAE
30	Tapir	<i>Tayirus terrestres</i>	TAPIRIDAE
31	Tigrillo	<i>Leopardus yardalis</i>	FELIDAE
32	Tigrillo u ocelote	<i>Leopardus wiedii</i>	FELIDAE
33	Venado	<i>Mazama americana</i>	CERVIDAE

Fuente: GADMT 2015

Elaborado por: El autor

**Cuadro 4.** Aves del cantón Tena.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Gavilán sabanero o caminero	<i>Buteo magnirostris</i>	ACCIPITRIDAE
2	Tijereta	<i>Elanoides forficatus</i>	ACCIPITRIDAE
3	Águila arpía	<i>Harpia harpyja</i>	ACCIPITRIDAE
4	Gallinazo negro	<i>Coragyps atratus</i>	CATHARTIDAE
5	Águila pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	PANDIONIDAE
6	Vencejo	<i>Reinarda squamata</i>	APODIDAE
7	Vencejo de morete	<i>Tachornis squamata</i>	APODIDAE
8	Colibrí ermitaño piquirrecto	<i>Phaethornis bourcieri</i>	TROCHILIDAE
9	Colibrí ermitaño barbiblanco	<i>Phaethornis hispidus</i>	TROCHILIDAE
10	Colibrí ermitaño piquigrande	<i>Phaethornis malaris</i>	TROCHILIDAE
11	Colibrí ermitaño rojizo	<i>Phaethornis ruber</i>	TROCHILIDAE
12	Jacana carunculada	<i>Jacana jacana</i>	JACANIDAE
13	Gaviotín amazónico	<i>Sterna superciliaris</i>	STERNIDAE

Fuente: GADMT-2014

Elaborado por: El autor

## b. Medio físicos

- **Hidrología**

El Ecuador posee 10 cuencas hidrográficas de las cuales 2 forman parte del cantón Tena siendo la cuenca del Río Napo la de mayor superficie con 389.273,7

Ha, representa el 99,8% del cantón y el 0,2% para la cuenca del Río Pastaza. En el territorio de Tena existen 9 subcuencas y 52 microcuencas debido a la presencia de la cuenca del Río Napo. ( GAD Municipal de Tena, 2013).

Los principales ríos que se encuentran en el cantón Tena son el Napo, Jatunyacu y Anzu todos originados en los páramos y estribaciones de la cordillera oriental, registrando una importante área lacustre para el Parque Nacional Llanganates.

Los principales afluentes que se destacan son el Nushino, Huambuno y Misahuallí que nacen en las estribaciones y en zonas de cordilleras subandinas con las características de tener corrientes rápidas.

- **Suelo**

En el cantón Tena existen 3 tipos de suelos: La mayor cobertura del cantón (73,88%) está representada por los inceptisoles que presentan características de un tipo de suelo característico de las regiones tropicales con colores pardos y rojizos más o menos bien drenados. Estos suelos poseen limitaciones físicas como una baja capacidad agro productiva, tratando de mantener la cobertura vegetal y dar protección forestal.

Los entisoles (13,23%) son las áreas aptas para el cultivo que están cercanas a los poblados a lo largo de las riberas de los ríos y terrazas altas y medias. Los histosoles son suelos de origen volcánico típicos de climas fríos, de color negro, textura limosa, con alto contenido de materia orgánica y una fuerte susceptibilidad a la erosión. (GAD Municipal de Tena, 2014).

El cantón Tena tiene 2 zonas geológicas: la Cordillera de los Andes (Real) entre los 2.500 msnm y los 5.700 msnm de altura donde están las altas montañas con crestas agudas y la zona subandina con el sistema montañoso de la cordillera

Galeras profundizándose hasta río Napo. En la parte baja se encuentra la depresión Pastaza a partir de límite del Río Napo hacia el sur.

De acuerdo a las características geológicas del área se pueden distinguir potencialidades en torno a la existencia de abundante de calizas sobre la subcuenca del Río Misahuallí considerada como el mejor depósito de la región oriental en calidad y cantidad, las arenas y gravas en las terrazas, cauces y flujos de materiales volcánicos en las estribaciones de la cordillera y cursos superiores de los ríos Napo, Anzu, Jatunyacu.

La geomorfología en el cantón Tena se divide de oeste a este en 5 grandes zonas diferenciadas entre si desde la zona de la cordillera real que corresponde a la vertiente andina alta que es en superficie el mayor relieve cantonal con el 44%, seguida de los relieves colinadas de la cuenca amazónica (19,27%), que bordean la ribera del Río Napo inmediatamente después del piedemonte andino (15,03%) que comprende los relieves submontañosos de los alrededores de la cabecera cantonal y Chontapunta.

Otro de los relieves representativos constituye las vertientes andinas de los Ríos Tena, Misahuallí y las vertientes de la Cordillera de Galeras. Por último, se señala a los relieves de la cuenca amazónica baja o plana que cubre los bordes de los cauces de los Ríos Tena, Jatunyacu, Anzu, Huambuno, Bueno y Napo que se constituyen en las zonas más productivas del cantón.

### **5.3.2. Aspectos climáticos**

Según el (GADM-Tena, 2015) en la Amazonía ecuatoriana la precipitación es relativamente constante durante todo el año. Con sus 115.745 Km<sup>2</sup>, la región amazónica ecuatoriana constituye el 2% de la cuenca de las amazonas, la misma que se divide en 2 zonas climáticas de acuerdo a la clasificación de Koppen: amazónico húmedo y amazónico semi-húmedo cuyas características típicas en ambos casos son temperaturas altas y abundantes

precipitaciones a lo largo de todo el año, con una alta humedad relativa, lo cual ha permitido la existencia de una abundante vegetación.

**a. Precipitación**

En el cantón Tena las máximas precipitaciones se presentan en los meses de mayo, junio y julio, señalándose que en el mes de abril se producen los más altos niveles de precipitación, pero de forma esporádica; de ahí que, es en el mes de junio donde se registran las máximas actividades lluviosas, con niveles que llegan hasta los 462,8 mm; en promedio, en el período entre 2005 a 2015.

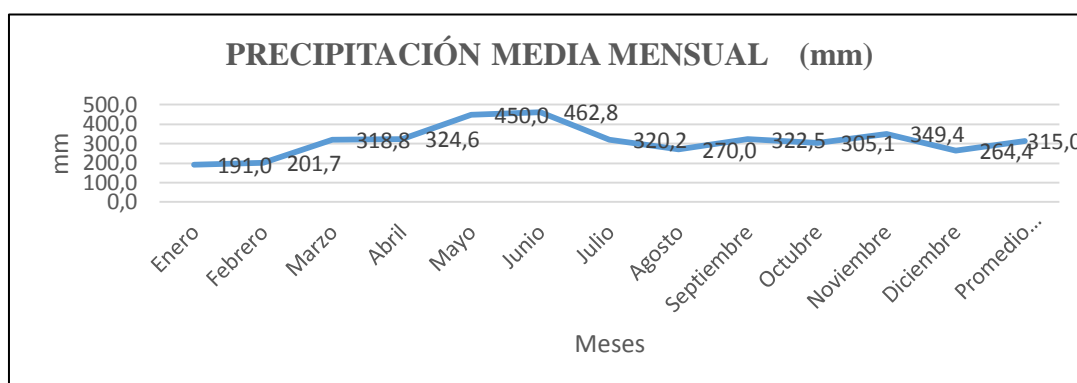
La precipitación anual para la ciudad de Tena es de 3.780,50 mm. Los meses secos o de escasa actividad lluviosa son: diciembre, enero y febrero; y el promedio de precipitaciones para este año fue de 315,04 mm. (GADMT 2015).

**Tabla 4.** Precipitación mensual y anual del 2015.

<b>MES</b>	<b>PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL(mm)</b>
Enero	191,0
Febrero	201,7
Marzo	318,8
Abril	324,6
Mayo	450,0
Junio	462,8
Julio	320,2
Agosto	270,0
Septiembre	322,5
Octubre	305,1
Noviembre	349,4
Diciembre	264,4
<b>Promedio Anual</b>	<b>3.780,5</b>

Fuente: GADMT.2015

**Gráfico 1.**



Fuente: GADMT.2015  
Elaborado por: El autor

**b. Humedad relativa**

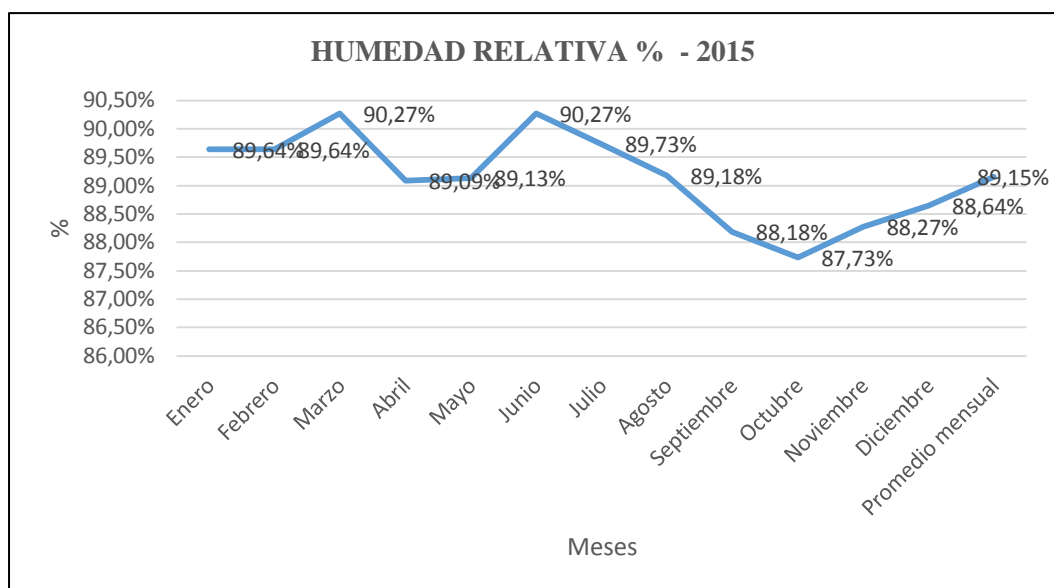
De la información analizada se desprende que los meses de mayor porcentaje de humedad relativa son los meses de marzo y junio, cuyo valor medio es de 90,27% de humedad, en cambio los más secos son los de septiembre y octubre con un valor medio de 87,73%, lo que implica que en Tena se tenga un valor medio mensual de 89,15%, lo que implica que la zona sea húmeda.

**Tabla 5.** Valor de humedad relativa año 2015.

MESES	Humedad Relativa %
Enero	89,64%
Febrero	89,64%
Marzo	90,27%
Abril	89,09%
Mayo	89,13%
Junio	90,27%
Julio	89,73%
Agosto	89,18%
Septiembre	88,18%
Octubre	87,73%
Noviembre	88,27%
Diciembre	88,64%
<b>Promedio mensual</b>	<b>89,08</b>

Fuente: GADMT.2015  
Elaborado por: El autor

**Gráfico 2.**



**Fuente:** GADMT.2015  
**Elaborado por:** El autor

**c. Temperatura**

Del análisis de los registros climatológicos de temperatura realizados por el GADM-Tena 2015, se puede destacar que la temperatura promedio mensual es de 23,91 °C para la ciudad del Tena, y cuyos meses de máxima temperatura son: Octubre y noviembre, los meses de menor temperatura son: Mayo y diciembre, para este año.

**Tabla 6.** Temperatura mensual y anual del 2015.

MESES	TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL 2015
Enero	23,60
Febrero	23,63
Marzo	23,58
Abril	24,10
Mayo	22,92
Junio	23,74
Julio	23,33
Agosto	24,18
Septiembre	24,30

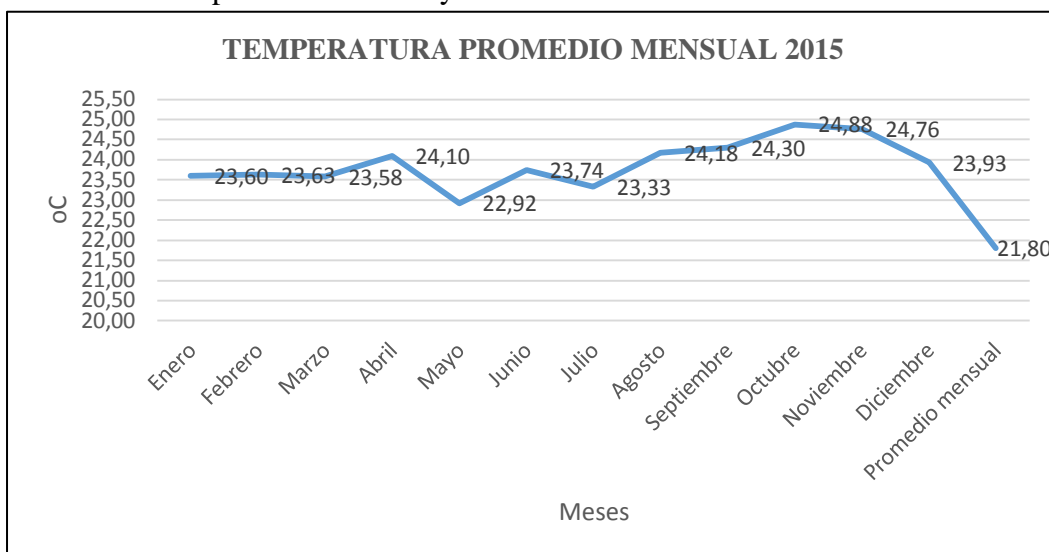
Continúa...

...Continuación

Octubre	24,88
Noviembre	24,76
Diciembre	23,93
<b>Promedio Mensual</b>	<b>23,91</b>

Fuente: GADMT.2015  
Elaborado por: El autor

**Gráfico 3.** Temperatura mensual y anual del 2015



Fuente: GADMT.2015  
Elaborado por: El autor

**a. Nubosidad**

De los datos proporcionados de Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena, el valor que se obtiene de la Nubosidad mensual y anual de Tena, con un rango sobre 10, el mes con mayor nubosidad es mayo, disminuyendo enero, febrero, marzo, junio, julio y septiembre y octubre con menor nubosidad del año,(GADMT, 2015).

**Tabla 7.** Valor de nubosidad mensual y anual del 2015.

MESES											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
6	6	6	5	7	6	6	5	4	4	5	5



## **b. Viento**

En el año 2015, en el Cantón Tena debido a su ubicación geográfica se determinó que las cordilleras de los valles que rodean al sector influyen a que tenga vientos relativamente bajos.

**Tabla 8.** Valor de viento mensual y anual del 2015.

MESES											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NS	NS	NS	NS	N	NO	NO	NO	NO	NS	N	NS

## **5.4. Tipo de investigación**

De acuerdo a las características y naturaleza de estudio determinado, se considera el diseño de investigación no experimental, por cuanto el proceso se desarrolló en el en la Planta de Tratamiento de aguas residuales de, en ningún momento el autor tuvo la posibilidad de manipular las variables que intervienen en el proceso investigativo.

Tomando en cuenta las tipologías de la actual investigación, esta investigación también es de campo, descriptiva y documental, permitiendo la demostración de los supuestos planteados sobre las causas que generan el problema.

### **5.4.1. Investigación descriptiva.**

El objetivo de esta investigación fue analizar e interpretar las características de los sólidos que genera la Planta de Tratamiento, ubicada en Palandacocha, Cantón Tena y proponer un Plan de Manejo Ambiental.

La investigación descriptiva proporcionó herramientas para analizar e interpretar la evaluación de la Planta de Tratamiento e interpretar las características de los sólidos en la ciudad de Tena.

#### **5.4.2. Investigación de campo.**

Para el desarrollo de este proceso investigativo requirió obtener información directa en las áreas del proyecto, denominado también in situ, investigación que fue fundamental, en el presente estudio, para levantar la línea base y caracterizar los impactos generados en el área de influencia directa de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tena.

#### **5.4.3. Investigación documental.**

Esta investigación facilitó realizar la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, investigaciones, anuarios, normas ambientales, ordenanzas, etc.), lo que permitió establecer la revisión de literatura, metodologías, procedimientos a ser aplicados en la conformación de la caracterización de los residuales sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tena.

### **5.5. Levantar la línea base del sector Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena.**

Para determinar la línea base de la Planta de Tratamiento en el sector urbano de la ciudad de Tena, se aplicó el siguiente procedimiento:

#### **5.5.1. Gestión institucional**

Se realizó el acercamiento respectivo con el Sr. Alcalde de Tena, mediante un oficio en el cuál se solicitó la autorización para realizar dicho trabajo de

investigación y a la vez la colaboración con la logística para el desarrollo y levantamiento de información necesaria del área de estudio, (Anexo 1).

### **5.5.2. Identificación del área de estudio.**

Para realizar esta actividad se georreferenció las coordenadas de la ubicación de la Planta de Tratamiento, se utilizó un GPS portátil marca GARMIN y un mapa base del área urbana a escala 1:5000, de la ciudad de Tena, la misma que fue facilitado por el departamento de Planificación del Municipio del Cantón. (Fig. 3 pág. 39).

### **5.5.3. Levantamiento de Información**

Para el levantamiento de información de los residuos sólidos que genera la Planta de tratamiento de Aguas Residuales, se desarrolló en base a la siguiente metodología:

#### **a) Descripción de las Instalaciones y Procesos de Tratamiento**

- Pozo de Gruesos
- PCP (Planta Compactada de Pre tratamiento)
- Tanque de Homogenización
- Reactor Biológico
- Fase de Oxidación
- Tratamiento de micro filtración
- Cámara de recirculación de fangos

#### **b) Selección de los equipos e instrumentos que se utilizó en el levantamiento de la información**

##### **Equipos**

- GPS Marcar: GARMIN

- Cámara Fotográfica Marca: CANNON
- Equipos de Protección Personal
- Envases de Muestras 500 ml

#### **Instrumentos**

- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS)
- Matrices
- Ordenanza Municipal.

#### **c) Elaboración de la encuesta**

Para la elaboración de las encuestas, se enfocó la encuesta con preguntas directas a los habitantes de la comunidad, y barrios del cantón Tena para obtener la opinión que genera en el sector donde funciona la Planta de Tratamiento de aguas residuales localizada en Palandacocha de la ciudad de Tena (Anexo 2).

La formulación del cuestionario: la encuesta fue diseñada en base a la siguiente estructura:

- a. Análisis del ámbito social
- b. Análisis del ámbito ambiental

El análisis se complementa con información obtenida de los registros de la población del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena.

- **Diseño de la encuesta.**

La encuesta está estructurada con un cuestionario de preguntas cerradas, la misma que permitieron obtener información sobre la percepción ambiental de la planta de aguas residuales ubicado en el sector de Palandacocha.

- **Selección de la muestra.**

Para que esta muestra sea fiable, ha sido necesario que su tamaño sea obtenido mediante procesos matemáticos que eliminen la incidencia del error.

Para calcular el tamaño de la muestra se empleó la fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

$\sigma$  = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio del investigador.

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

- **Desarrollo del trabajo de campo.**

El trabajo de campo consistió en aplicar directamente la encuesta con el cuestionario respectivo a la población del sector urbano del cantón Tena.

- **Preparación de la información.**

Desde la aplicación de la encuesta hasta el análisis de la información se realizó un proceso de codificación, ordenamiento, revisión y análisis de las respectivas preguntas del cuestionario.

**d) Análisis e Interpretación de las Encuestas**

Se realizó el análisis mediante la aplicación de la estadística descriptiva, obteniendo los resultados de las diferentes variables de la encuesta aplicada a la población en estudio de la ciudad de Tena.

**5.6. Caracterizar mediante la interpretación de los análisis físico, químico y biológico a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.**

Para cumplir con este objetivo se fue necesario tomar de referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98 y el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, TULAS.

**5.6.1. Identificación y selección de los puntos de muestreo**

**a) Gestión institucional y legalidad**

Se gestionó ante el GADMT la autorización respectiva para el ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales.

**b) Reconocimiento del área.**

Se realizó el reconocimiento de área, con la ayuda de GPS portátil marca: Garmin Dakota 10 Cx, para la selección de los puntos de muestreo, considerando los siguientes criterios.

**c) Seguridad y accesibilidad.**

El sitio a muestrear fue el área donde se generan los residuos sólidos para realizar toma de muestras.

**d) Puntos Estratégicos.**

Con el fin de obtener muestras de calidad y una buena recolección se consideró los puntos más homogéneos para la toma de muestras.

**5.6.2. Selección de los puntos de muestreo.**

El punto de muestreo se consideró la parte final de generación de estos desechos sólidos.

**5.6.3. Procedimiento para la colecta, preservación y almacenamiento de muestras para laboratorio.**

**a) Condiciones de seguridad.**

Para la recolección de muestras se utilizó equipos de protección personal, como guantes, mandil, botas y otros implementos de seguridad para el cuidado de la salud personal.

**b) Precauciones generales del muestreo.**

Para realizar un correcto muestreo, libre de contaminación y confusiones, se tomó en cuenta las siguientes precauciones:

- Se utilizó envases esterilizados para que no se contaminan los parámetros a analizar;
- Elección de la técnica de muestreo, en este caso se utilizó la técnica del cuarteo;
- Se identificó clara e inmediatamente la muestra.

**c) Tipos de muestras.**

**Muestra compuesta:** Con el fin de cumplir con todas las condiciones y requerimientos específicos para el análisis en el laboratorio, La muestra compuesta se obtuvo a partir de la mezcla de tres colectas de tres colectas, simples tomadas en diferentes puntos, en función del volumen total de desechos sólidos existentes.

**d) Llenado del recipiente.**

Para una correcta determinación de parámetros físicos, químicos, se llenó los recipientes (Fundas) completamente y se tapó de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.

**e) Datos e Información de las muestras.**

Para el registro de datos de la información generada en campo, se elaboró una cadena de custodia solicitando los parámetros físicos - químicos y microbiológicos que se necesita muestrear para el respectivo análisis en el laboratorio.

Los recipientes que contienen las muestras fueron marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.

Para evitar este tipo de confusiones, se elaboró un membrete en el cual solicita información detallada para una correcta interpretación de los resultados, el mismo que se utilizó en el trabajo de campo para rotular las muestras, como se puede ver en la figura 4.



**Figura 4.** Membrete para rotular muestras

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>PLAN DE CONTINGENCIA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE</b></p>			
<b>NÚMERO DE MUESTRA</b>		<b>COORDENADAS</b>	
<b>Punto de muestreo:</b>		<b>Fecha de muestreo:</b>	dd/mm/aa
<b>Tratamiento:</b>			Hora:.....
<b>Operador:</b>		<b>Fecha envío a laboratorio:</b>	dd/mm/aa
<b>Observaciones:</b>			Hora:.....

Elaborado por: El Autor

**f) Transporte de la muestra.**

Los recipientes con las respectivas muestras fueron protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte, se colocó las muestras en un Cooler, se envió inmediatamente al laboratorio CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL CESTTA de la ciudad de Riobamba, con su respectiva cadena de custodia.

**g) Recepción de la muestra**

En el laboratorio CESTTA, se verifico las muestras y la cadena de custodia y en quince días entregaron los resultados. (Anexo 3. Pág. 118, 119)

**5.6.4. Resultados de los análisis Físico, Químico y Microbiológico de laboratorio**

Los parámetros físicos, químicos analizados fueron de acuerdo al criterio técnico del investigador sustentando en el ANEXO 2 DEL LIBRO DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SEGUNDARIA DEL MAE: NORMA DE

CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIO DE REMEDIACIÓN PARA SUELO CONTAMINADOS.

**Tabla 9.** Criterio de calidad de suelo.

PARÁMETROS	UNIDADES	USO DEL SUELOS
		AGRÍCOLA
<b>Parámetros Generales</b>		
<b>Conductividad</b>	Us/cm	200
<b>Ph</b>		6 a 8
<b>Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)</b>		5
<b>Parámetros Inorgánicos</b>		
<b>Arsénico</b>	mg/kg	12
<b>Sulfato</b>	mg/kg	500
<b>Bario</b>	mg/kg	750
<b>Boro</b>	mg/kg	2
<b>Cadmio</b>	mg/kg	2
<b>Cobalto</b>	mg/kg	40
<b>Cobre</b>	mg/kg	63
<b>Cromo total</b>	mg/kg	65
<b>Cromo VI</b>	mg/kg	0,4
<b>Cianuro</b>	mg/kg	0,9
<b>Estaño</b>	mg/kg	5
<b>Fluoruros</b>	mg/kg	200
<b>Mercurio</b>	mg/kg	0,8
<b>Molibdeno</b>	mg/kg	5
<b>Niquel</b>	mg/kg	50
<b>Plomo</b>	mg/kg	60
<b>Selenio</b>	mg/kg	2
<b>Talio</b>	mg/kg	1
<b>Vanadio</b>	mg/kg	130
<b>Zinc</b>	mg/kg	200
<b>Parámetros Orgánicos</b>		
<b>Aceites y grasas</b>	mg/kg	<4000
<b>Benceno</b>	mg/kg	0,03
<b>Etilbenceno</b>	mg/kg	0,1
<b>Estireno</b>	mg/kg	0,1
<b>Tolueno</b>	mg/kg	0,1
<b>Xileno</b>	mg/kg	0,1

Continúa...

...Continuación

PCBs	mg/kg	0,1
Clorinados Alifáticos (Cada tipo)	mg/kg	0,1
Clorobencenos (Cada tipo)	mg/kg	0,05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0,05
Hexaclorociclohexano	mg/kg	0,01
Fénolicos noclorinados (Cada tipo)	mg/kg	0,1
Clorofenoles (Cada tipo)	mg/kg	0,05
Hidrocarburos totales	mg/kg	<150
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	mg/kg	0,1

Elaborado por: El Autor

**Tabla 10.** Criterio de remediación

PARÁMETROS	UNIDADES	USO DEL SUELOS
		AGRÍCOLA
<b>Parámetros Generales</b>		
Conductividad	Us/cm	200
Ph		6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)		5
<b>Parámetros Inorgánicos</b>		
Arsénico	mg/kg	12
Sulfato	mg/kg	500
Bario	mg/kg	750
Boro	mg/kg	2
Cadmio	mg/kg	2
Cobalto	mg/kg	40
Cobre	mg/kg	63
Cromo total	mg/kg	65
Cromo VI	mg/kg	0,4
Cianuro	mg/kg	0,9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0,8
Molibdeno	mg/kg	5
Niquel	mg/kg	50
Plomo	mg/kg	60
Selenio	mg/kg	2
Talio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	130

Continúa...

...Continuación

Zinc	mg/kg	200
<b>Parámetros Orgánicos</b>		
Aceites y grasas	mg/kg	<4000
Benceno	mg/kg	0,03
Etilbenceno	mg/kg	0,1
Estireno	mg/kg	0,1
Tolueno	mg/kg	0,1
Xileno	mg/kg	0,1
PCBs	mg/kg	0,1
Clorinados Alifáticos (Cada tipo)	mg/kg	0,1
Clorobencenos (Cada tipo)	mg/kg	0,05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0,05
Hexaclorociclohexano	mg/kg	0,01
Fénolicos noclorinados (Cada tipo)	mg/kg	0,1
Clorofenoles (Cada tipo)	mg/kg	0,05
Hidrocarburos totales	mg/kg	<150
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	mg/kg	0,1

Elaborado por: El Autor

### **5.7. Proponer un Plan de Manejo Ambiental un uso alternativo a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.**

El Plan de Manejo Ambiental, constituye un instrumento de gestión con un conjunto de medidas posibles para garantizar que los residuos sólidos generados en la planta de tratamiento de las aguas residuales de Palandacocha se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana, contra los efectos nocivos que puedan derivarse de tales residuos.

1. Introducción
2. Objetivo General
3. Alcance
4. Propuesta del Plan de Manejo Ambiental
  - 4.1. Programa de relaciones comunitarias

- 4.2. Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental
- 4.3. Programa de prevención, control y mitigación de impactos.
- 4.4. Programa de manejo de sólidos generados en la planta de tratamiento.
- 4.5. Programa de monitoreo y seguimiento ambiental.

### **5.7.1. Introducción**

El contenido de este ítem se base en la problemática y el resultado de objetivos desarrollados en la presente investigación, información que será de utilidad para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental y proponer una buena gestión ambiental en la ciudad de Tena.

### **5.7.2. Objetivo General**

Estarán enmarcados a las normas ambientales vigentes para prevenir, controlar y mitigar posibles impactos negativos que sean identificados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Palandacocha.

### **5.7.3. Alcance**

Describe el área de influencia directa y a los actores que van a estar involucrados en el Plan de Manejo Ambiental.

### **5.7.4. Propuesta de Plan de Manejo Ambiental**

La propuesta del Plan de Manejo Ambiental, está estructurado con programas, con el fin de controlar, mitigar, recuperar y proteger la salud de la población el medio ambiente en la ciudad de Tena.

- **Programa de relaciones comunitarias**

El Plan de relaciones comunitarias se establece con la finalidad de mantener y mejorar las relaciones con la comunidad circundante, las partes

interesadas desarrollará el Proceso de Participación Social del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

- **Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental**

Contribuirá a la información, promoción, educación y movilización, a conseguir el apoyo y participación responsable de cada uno de los actores involucrados.

- **Programa de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de GADMT**

Establecerá procedimientos para controlar y disponer los desechos que se generen en la Planta de Tratamiento de Palandacocha.

- **Programa de seguimiento y monitoreo**

El programa de seguimiento, comprende una serie de acciones e indicadores destinados a garantizar el cumplimiento de los alcances de las medidas de manejo ambiental, previstas en este plan de manejo ambiental para la plana de tratamiento del sector Palandacocha.

## **F. RESULTADOS**

### **6.1. Levantar la línea base del sector Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena.**

Los siguientes resultados se obtuvieron de la aplicación de los instrumentos de investigación que se utilizó para el cumplimiento de este objetivo

#### **6.1.1. Gestión institucional**

Se realizó el acercamiento respectivo con el Sr. Alcalde de Tena, mediante un oficio con fecha 10 de mayo del 2016, en el cuál se solicitó la autorización para realizar dicho trabajo de investigación y a la vez la colaboración con la logística para el desarrollo y levantamiento de información necesaria del área de estudio, el mismo que sumillo al departamento de Desarrollo Institucional dirigido al Ing. Patricio Espinosa. (Anexo 1).

#### **6.1.2. Identificación del área de estudio**

Se georreferenció las coordenadas UTM de la ubicación de la Planta de Tratamiento, se utilizó un GPS portátil marca GARMIN y un mapa base del área urbana a escala 1:5000 y dirección 18S, de la ciudad de Tena, barrio Palandacocha, esta Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está ubicada al margen derecho del Río Pano, la misma información fue corroborada con el Municipio del Cantón. (Fig. 3 pág. 39). Localizada en la siguiente coordenada geográfica x: 186664,47 y: 9889254,08.

#### **6.1.3. Levantamiento de Información**

Para el levantamiento de información de los residuos sólidos y los lodos generados en la Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha, se

basó en la información proporcionada por la planta de tratamiento de aguas residuales del GADMT- 2015, técnicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y el Manual de Funcionamiento de la Planta de Tratamiento, que se detalla:

a) **Descripción de las instalaciones y procesos de tratamiento (Anexo 5)**

1. **Pozo de Gruesos.** - Es el ingreso a la planta del agua residual, donde existe una compuerta para cuando se necesite realizar un mantenimiento total de la planta o ingrese mucha agua, el excedente se evacua por un Bypass. En la siguiente cámara se recogen todos los sólidos gruesos, por medio de una cuchara bivalva accionada eléctricamente. Y por último la cámara de bombeo que inyecta con 4 bombas que funcionan alternadamente dependiendo el nivel de agua residual ala PCP. (Planta Compacta de Pre tratamiento # 2)
2. **PCP. (Planta Compacta de Pre tratamiento).**- En esta fase se realiza el proceso de **Desarenado** en donde se evita que ingrese las arenas que son nocivas para el funcionamiento de los elementos mecánicos, **Desengrasado** con la finalidad de retirar todos los aceites por medio de inyección de aire que produce burbujeo y una paleta recoge este residuo, por último la **Recolección de Papel Higiénico** retirando todos estos componentes los cuales pueden llegar a obstruir y dañar las membranas.
3. **Tanque de Homogeneización.**- El tanque de homogeneización realiza dos funciones. La primera es la de homogeneizar el mezcla de agua y fango y la segunda evitar la aparición de olores propio del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica del agua residual. Efecto de este proceso se evita la sedimentación de las partículas.



4. **Reactor biológico.-** Este proceso es mediante la utilización de microorganismos o bacterias conocidas como proceso de lodos activos, que actúan sobre la materia orgánica descomponiéndole. Estos organismos son generados por la misma materia orgánica.
  
5. **Fase de oxidación.-** En esta fase se oxida la materia orgánica biodegradable en las aguas residuales creando residuos inocuos en forma de materia celular flotante. Para el correcto desarrollo de este proceso, es necesario que la concentración de oxígeno disuelto sea elevada, Esta aportación de oxígeno se llevará a cabo a través de soplantes de émbolos rotativos y una parrilla difusora de membranas, instalada en la superficie del tanque.
  
6. **Tratamiento de micro filtración.-** Como última fase del tratamiento es la conocida como micro filtración la cual consiste en pasar las aguas a través de membranas, con la ayuda de bombas auto aspirantes. Posterior a este tratamiento el agua cumple con los parámetros permisibles para ser descargada en el río. El residuo generado en esta fase es un fango el cual pasara a la a la cámara de recirculación de fangos paso 7, aquí se depositan los residuos atrapados en la micro filtración.
  
7. **Cámara de recirculación de fangos.-** Aquí se depositan los residuos atrapados de la micro filtración, que esto alienta al deshidratador de fangos ubicado al extremo en el segundo piso del edificio, que por medio de una centrifuga se extrae el agua y esta es inyectada de nuevo al proceso al tanque de homogenización Paso 2 y el fango deshidratado cae en un contenedor para ser evacuado al relleno sanitario teniendo en cuenta que este no presenta olores.

**Nota:** Se disponen de dos líneas de funcionamiento independiente iguales 4, 5 y 6. Con el objetivo de que el sistema no se detenga por efectos de mantenimiento y si se lo sobrecarga trabaje al 100% por los dos procesos.

**b) Selección de los equipos e instrumentos que se utilizó en el levantamiento de la información**

**Equipos**

- GPS Marcar: GARMIN que permitió determinar la coordenada geográfica de la Planta de Tratamiento de aguas residuales.
- Cámara Fotográfica Marca: CANNON, para poder tomar fotos e información de la PTAR- de Palandacocha.
- Equipos de Protección Personal
- Envases de Muestras 500 ml

**Instrumentos**

- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS)
- Matrices
- Ordenanza Municipal.

**c) Elaboración de la encuesta**

Las encuestas se enfocaron con preguntas cerradas los habitantes de la comunidad, y barrios del cantón Tena donde se obtuvo la opinión que genera la Planta de Tratamiento de aguas residuales localizada en Palandacocha de la ciudad de Tena. (Anexo 2)

El cuestionario estatuto diseñado en base a la siguiente estructura:

- Análisis del ámbito social
- Análisis del ámbito ambiental

El análisis se complementa con información obtenida de los registros de la población del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena.

## 1. Diseño de la encuesta.

La encuesta se estructuró con preguntas cerradas, la misma que permitieron obtener información sobre la percepción ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicado en el sector de Palandacocha.

## 2. Selección de la muestra

Para la determinación de la muestra con la fórmula propuesta en la metodología se obtuvo que la población de investigación esté constituida por los barrios del casco urbano de la ciudad de Tena, para una población de 64.374 habitantes, se obtuvo una muestra representativa con la que se obtuvieron los siguientes datos:

$$n = ?$$

$$P.Q = 0.25$$

$$N = 64374$$

$$E = 9\%$$

$$K = 2$$

$$N-1 = 64373$$

Remplazando los datos en la formula, se obtuvo:

$$n = \frac{(0,25)(64.374)}{(64.374 - 1) \frac{0,09^2}{2^2} + 0,25} \quad n = 115 \text{ encuestas}$$

Las diez preguntas que constaron en el cuestionario estructurado de la encuesta fueron tabuladas, organizadas en tablas con frecuencia y porcentaje y sometidas a un análisis e interpretación individual.

Para la organización, tabulación y representación de datos se empleó la estadística descriptiva, realizándose un análisis cualitativo y cuantitativo de los datos obtenidos en la aplicación de los instrumentos de investigación.

#### d) Análisis e Interpretación de las Encuestas

Para la organización, tabulación y representación de datos se empleó la estadística descriptiva, realizándose un análisis cualitativo y cuantitativo de los datos obtenidos en la aplicación de los instrumentos de investigación.

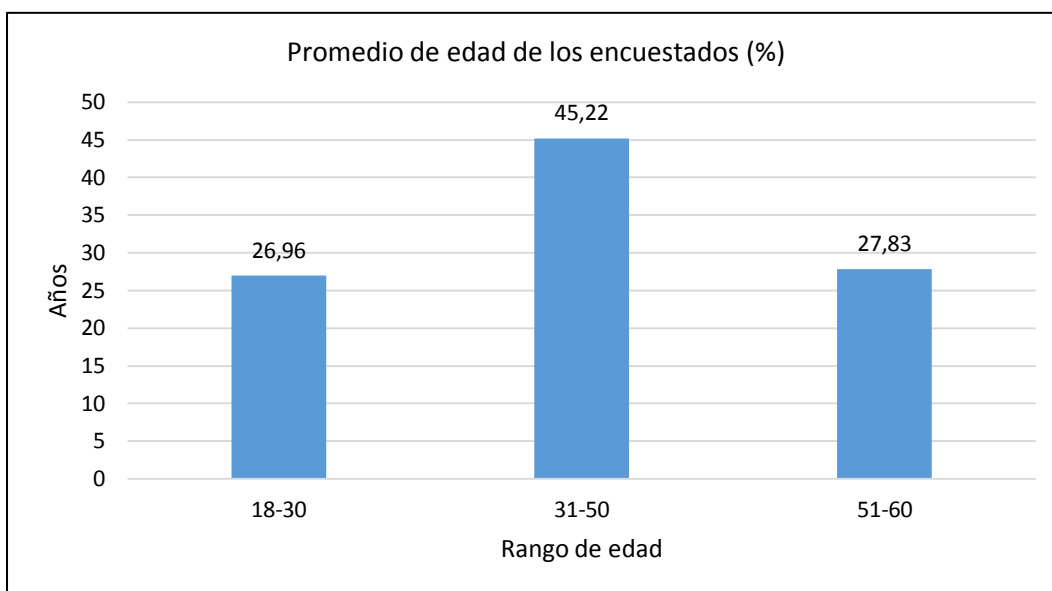
#### Pregunta 1. ¿Edad de la población encuestada?

**Tabla 11.** Respuesta a la pregunta 1

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
18-30	31	26,96
31-50	52	45,22
51-60	32	27,83
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100,00</b>

Elaborado por: El autor

#### Gráfico 4.



Fuente: Encuestas

Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En la tabla 11 y el gráfico cuatro señala los respectivos rangos de edad a los que la encuesta tuvo la oportunidad de realizar, resultado el 45,22 % de la muestra encuestada la que mayor porcentaje obtuvo (31 a 50 años), la edad entre (51 a 60) con un 27,83% y de (18 a 30) años con menor porcentaje de 26,96%.

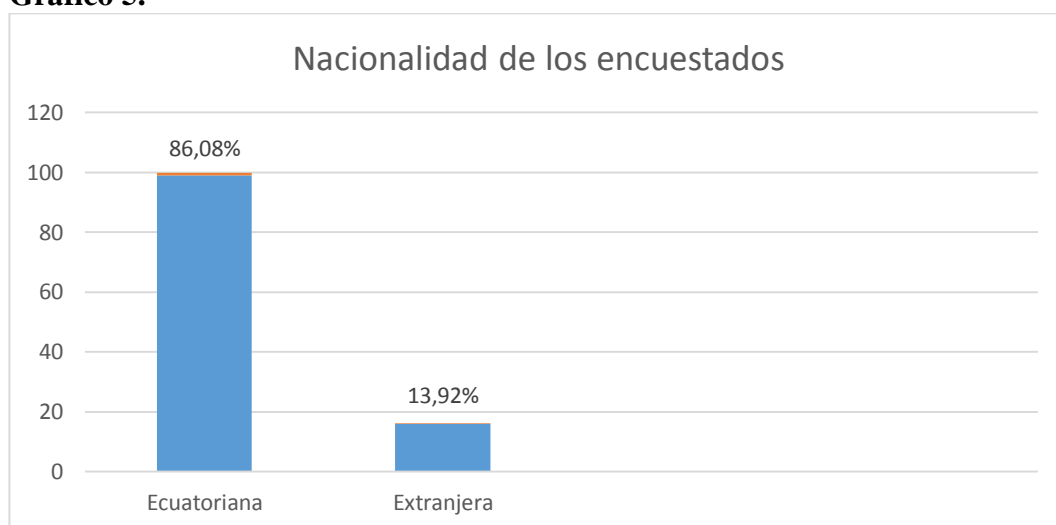
**Pregunta 2.** ¿Nacionalidad?

**Tabla 12.** Respuesta a la pregunta 2

Nacionalidad	Frecuencia	Porcentaje
Ecuatoriana	99	86,08%
Extranjera	16	13,92%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 5.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** Al realizar la interpretación del gráfico cinco la encuesta determino que el 86,09 % de la muestra declaró ser de procedencia ecuatoriana, y el 13,91 % de procedencia extranjera. Por lo que se determinó que la mayoría de los encuestados al menos conocen la Planta de Tratamiento de Palandacocha.

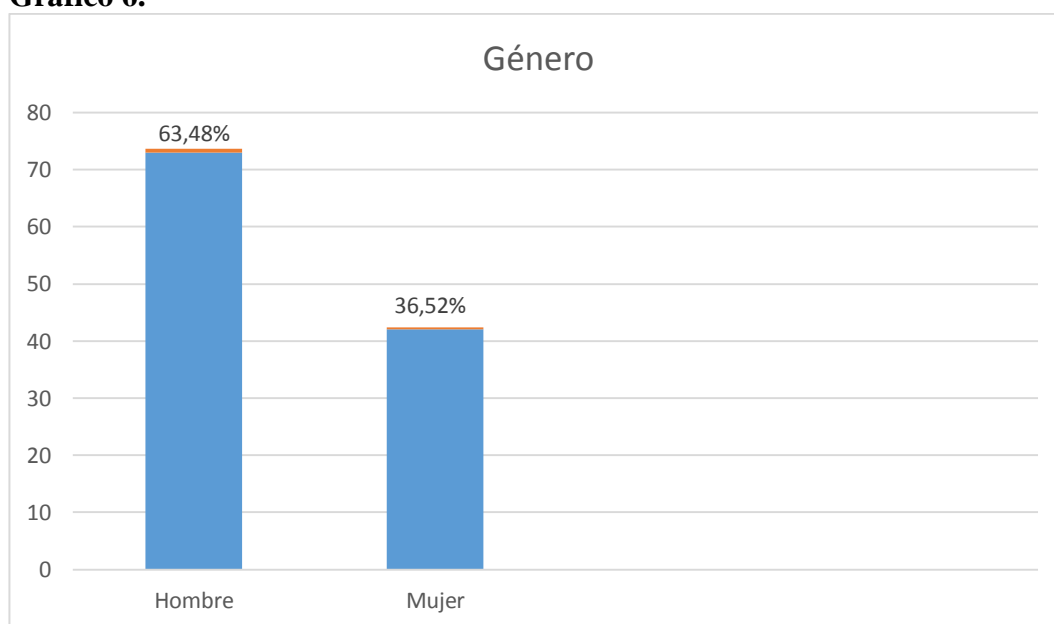
**Pregunta 3.** ¿Cómo se identifica en el género?

**Tabla 13.** Respuesta a la pregunta 3

<b>Género</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Hombre	73	63,48%
Mujer	42	36,52%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 6.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** De lo expuesto en la tabla 13 y el gráfico seis, el 63,48 % de la muestra encuestada pertenece al género masculino, el 36,52 % al género femenino, por lo que puede determinarse que en los criterios de la encuesta existe una predominancia significativa del género masculino, esto se debe a que las encuestas fueron realizadas al azar a la población presente en el momento de la toma de datos en el campo, es decir ciudadanos que se presentaron oportunamente al momento de esta actividad.

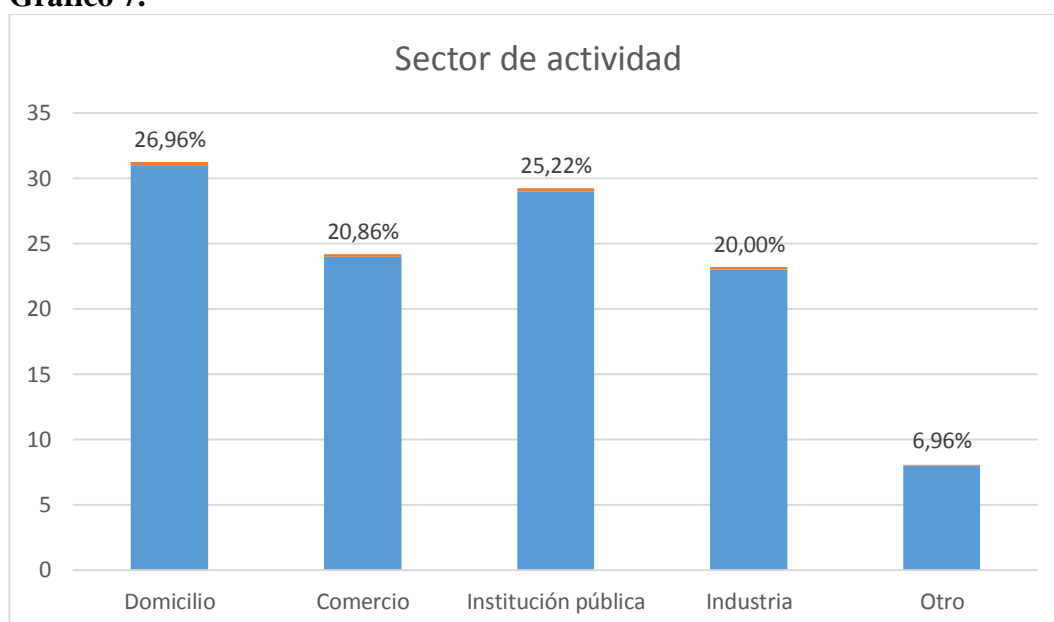
**Pregunta 4.** ¿En qué sector de la ciudad desarrolla sus actividades diarias?

**Tabla 14.** Respuesta a la pregunta cuatro

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
Domicilio	31	26,96%
Comercio	24	20,86%
Institución pública	29	25,22%
Industria	23	20,00%
Otro	8	6,96%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 7.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En la tabla 14 y el gráfico siete, el 26,96 % de la muestra encuestada manifestó que la actividad en la que se ocupa es su propio domicilio, el 25,22 % está relacionada con ocupación a l empleo público, el comercio está identificado con el 20,87 %, por lo que puede determinarse que en el porcentaje de encuestados existió un rango equilibrado para las otras preguntas, esto se debe a que las encuestas fueron realizadas al azar a la población presente en el momento de la toma de datos en el campo, es decir ciudadanos que se presentaron oportunamente al momento de esta actividad.

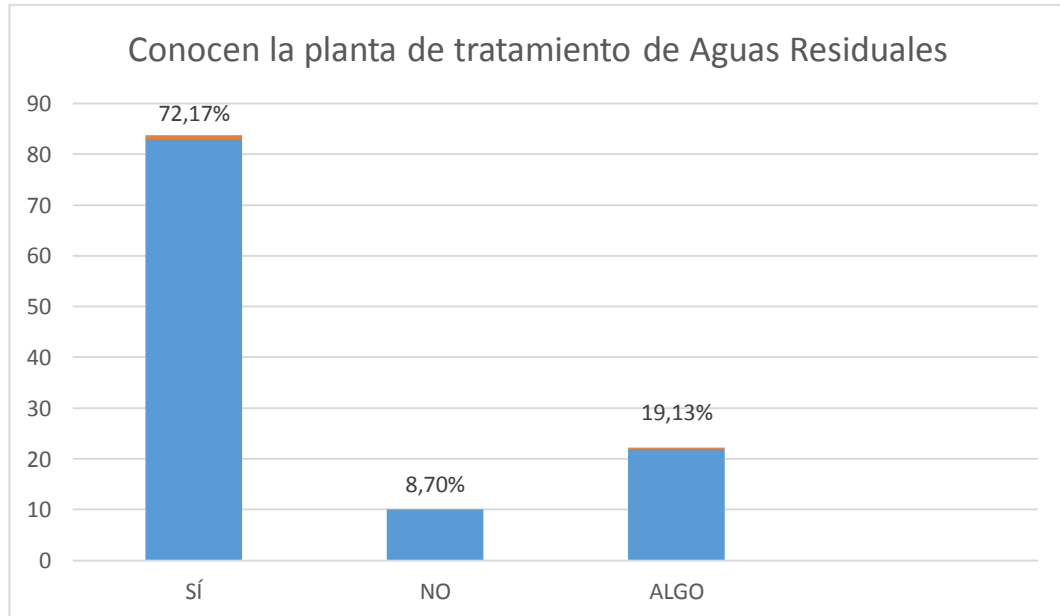
**Pregunta 5.** ¿Sabe usted que es una planta de tratamiento de aguas residuales?

**Tabla 15.** Respuesta a la pregunta cinco

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
SÍ	83	72,17%
NO	10	8,70%
ALGO	22	19,13%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 8.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** De la información contenida en la tabla 15 y el gráfico ocho, el 72,17 % de los encuestados manifestaron conocer una Planta de Tratamiento de Agua residuales, el 19,13 % declaró conocer algo sobre esta pregunta y el 8,70 % desconocen al respecto, lo que entendemos que la población en general al menos ha sido informada sobre este proyecto del GADMT.



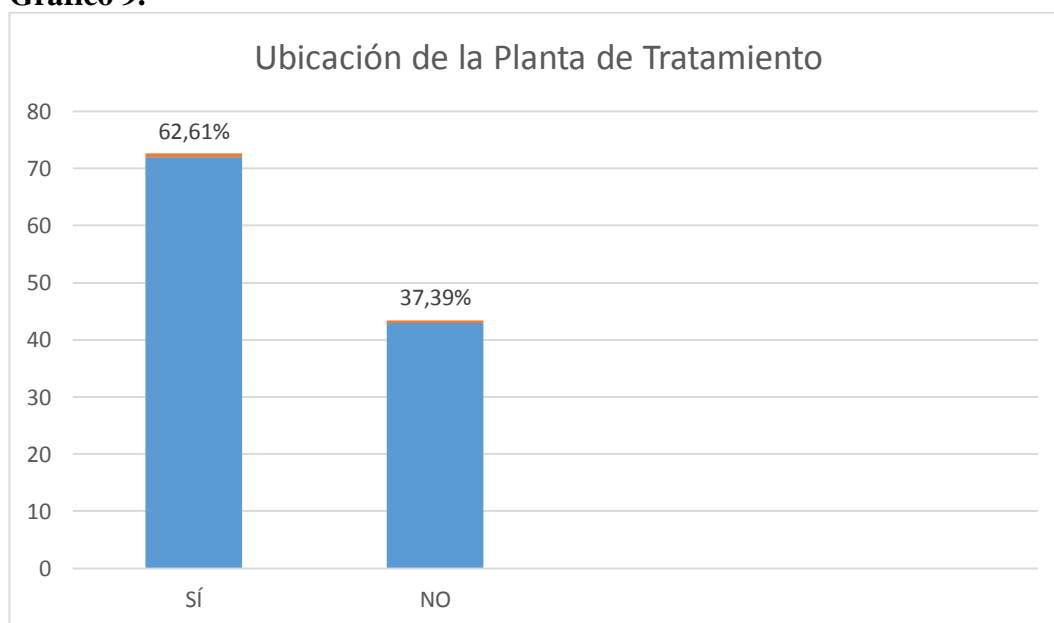
**Pregunta 6.** ¿Conoce dónde está ubicado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Tena?

**Tabla 16.** Respuesta a la pregunta seis

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
SÍ	72	62,61%
NO	43	37,39%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 9.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** De acuerdo a lo expuesto en el gráfico nueve se deduce que el 62,61 % de los encuestados respondió tener conocimiento acerca de la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas residuales ubicado en el sector de Palandacocha. Esto se relaciona con la pregunta 5 donde respondieron al menos el 72 % conocer una planta de tratamiento que el GADMT ha desarrollado en la ciudad de Tena.

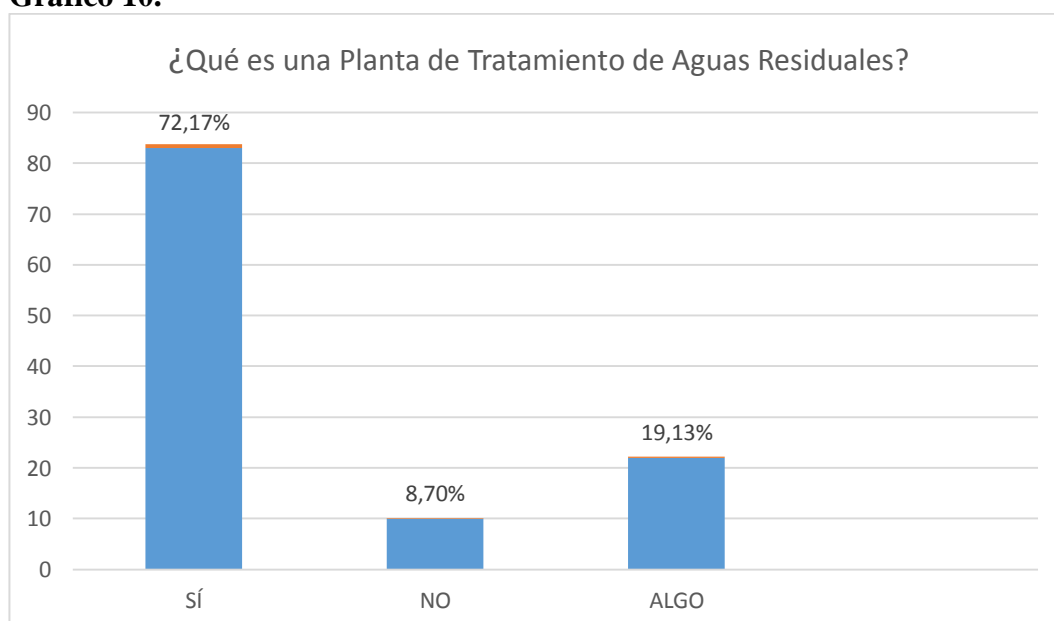
**Pregunta 7.** ¿Sabe usted qué es una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales?

**Tabla 17.** Respuesta a la pregunta siete

<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
SÍ	83	72,17%
NO	10	8,70%
ALGO	22	19,13%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100,00</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 10.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En referencia al gráfico diez se interpreta que el 72,17 % de los encuestados informó tener conocimiento sobre lo que es una Planta de Tratamiento de aguas residuales, el 8,70 % manifestaron no conocer y el 19,13 % señalaron conocer algo al respecto. Por lo que entendemos que la población al menos se informó sobre este proyecto del GADMT.

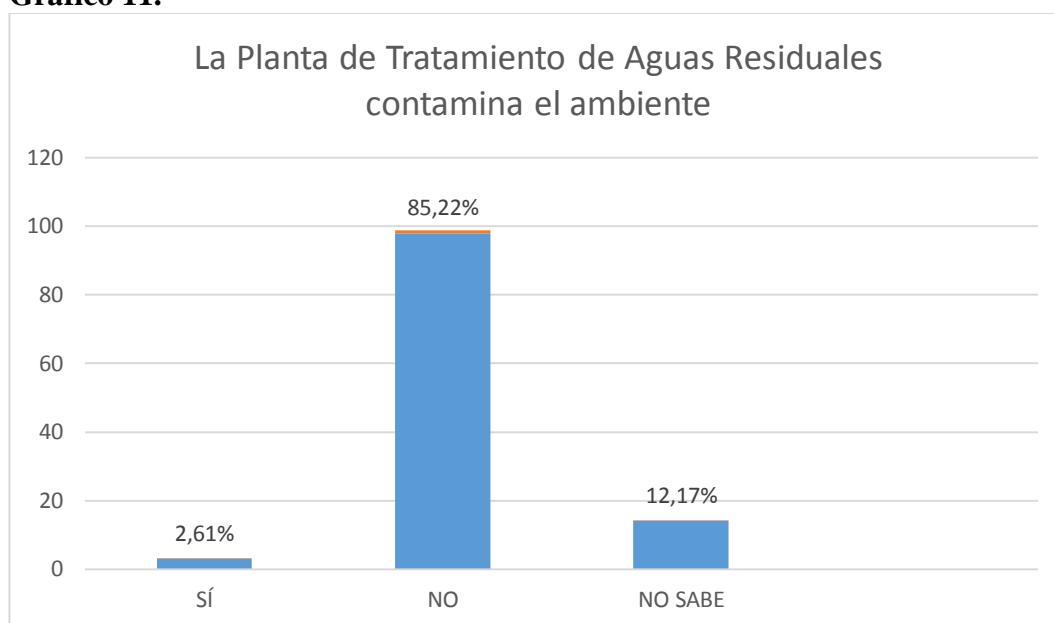
**Pregunta 8.** ¿Cree usted que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha contamina el ambiente?

**Tabla 18.** Respuesta a la pregunta ocho

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
SÍ	3	2,61%
NO	98	85,22%
NO SABE	14	12,17%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 11.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En referencia al gráfico 11 se observa que el 85,22 % de los encuestados informó tener conocimiento de la Planta de Tratamiento de aguas residuales, no está contaminado al ambiente con su descarga al efluente cercano, el 2,61 % manifestaron positivamente y el 12,17 % dijeron no conocer, se entiende que la ciudadanía al menos en su mayoría está orientada al proceso de tecnología menos contaminantes al ambiente con los procesos de la Planta de Tratamiento del GADMT.

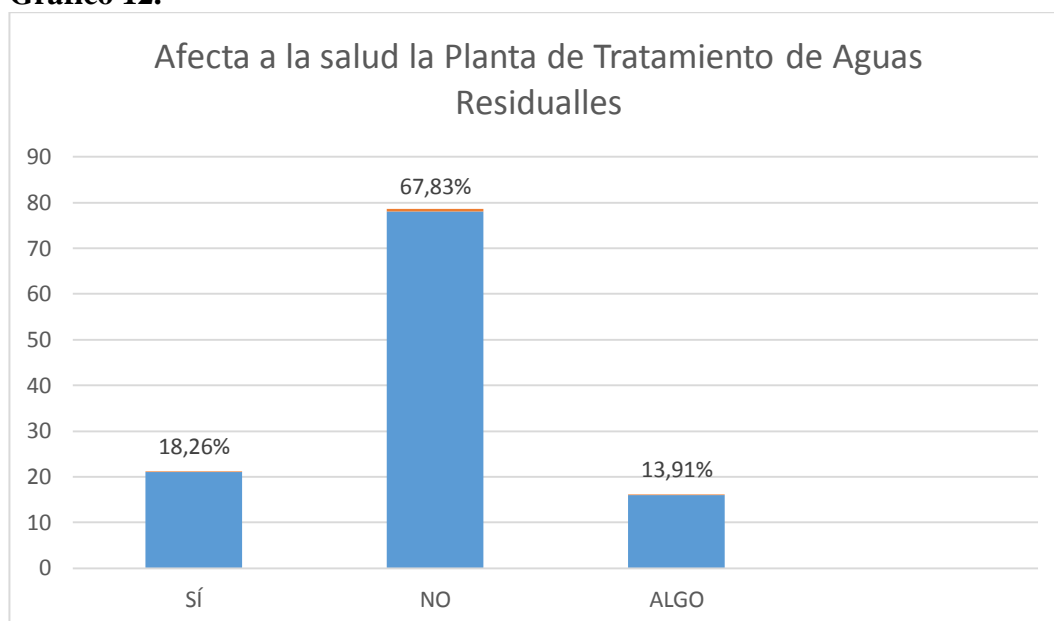
**Pregunta 9.** ¿Cree usted que las actuales condiciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha está afectando la salud de la población cercana?

**Tabla 19.** Respuesta a la pregunta nueve

<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
SÍ	21	18,26%
NO	78	67,83%
ALGO	16	13,91%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 12.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 12 se observa que el 67,83 % de los encuestados informó tener conocimiento de que la Planta de Tratamiento de aguas residuales, no está afectando a la salud de los pobladores cercanos a la misma, se entiende que esta muestra encuestada está relacionada con las preguntas anteriores por cuanto conocen del sistema o al menos están informados, no así el 18,26 % y el 13,91 % que manifiestan que sí y conocen algo, son las afirmaciones de la muestra que anteriormente manifestaron no conocer una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del GADMT.

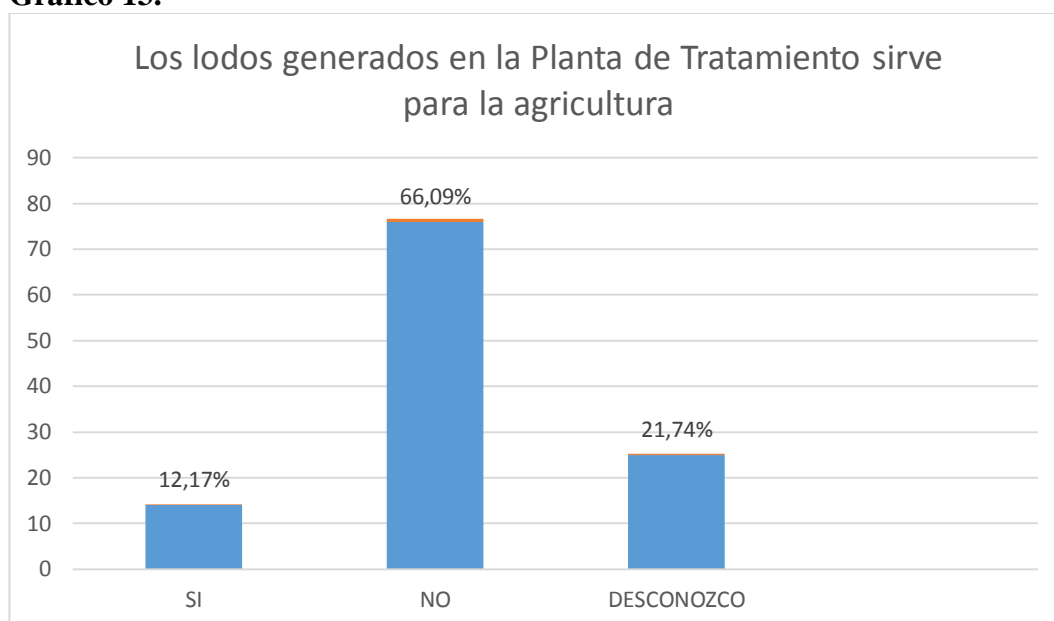
**Pregunta 10.** ¿Sabe que los lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales pueden ser utilizados en la Agricultura?

**Tabla 20.** Respuesta a la pregunta diez

Categoría	Frecuencia	Porcentaje
SI	14	12,17%
NO	76	66,09%
DESCONOZCO	25	21,74%
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 13.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 13 señala que el 66,09 % señalan que los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Agua Residuales de Palandacocha no sirve para la agricultura al igual que el 21,74 %, en cambio el 12,17 % manifiestan que sí, lo que podemos entender es que esta tipo de tecnología no está en conocimiento de la mayoría de la población por ser un tema técnico y que necesita un conocimiento para poder entender por qué la mayoría de las personas entendemos que son fuentes contaminantes generados por las descargas de los seres humanos.

## **6.2. Caracterizar mediante la interpretación de los análisis físico, químico y microbiológico a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.**

Para cumplir con el objetivo se tomó referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98 y el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, TULAS. Para lo cual se siguió los siguientes procedimientos:

### **6.2.1. Identificación y selección de los puntos de muestreo**

#### **a) Gestión institucional y legalidad**

Se gestionó ante el GADMT la autorización respectiva para el ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales. (Anexo 1)

#### **b) Reconocimiento del área**

Para el reconocimiento de área fue necesario la utilización del GPS portátil marca: Garmin Dakota 10 Cx, para del punto de muestreo se seleccionó un punto GPS, de ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. (Anexo 5)

#### **c) Seguridad y accesibilidad**

La seguridad en el sitio de toma de muestras fue el área donde se generan los residuos sólidos, la cual permite el acceso a la toma de muestras.

#### **d) Puntos de Estratégicos**

La muestra obtenida en los lodos que genera la Planta de Tratamiento se lo realizó de forma homogénea con el fin de obtener muestra de calidad.

### **6.2.2. Selección de los puntos de muestreo**

El punto de muestreo se consideró la parte final de generación de estos desechos sólidos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales debido a que es donde ocurre el último proceso de tratamiento del agua residual.

### **6.2.3 Procedimiento para la colecta, preservación y almacenamiento de muestras para laboratorio.**

Para la recolección de muestras se utilizó equipos de protección personal, como guantes, mandil, botas, casco y otros implementos de seguridad para el cuidado de la salud personal.

#### **a) Condiciones de seguridad**

Para la toma de muestras se coordinó con el Ing. Fausto García delegado de la Universidad Nacional de Loja, Ing. Patricio Espinosa Técnico de Calidad Ambiental del GADMT y el Ing. Cristian Martínez encargado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.

#### **b) Precauciones generales del muestreo**

Para realizar un correcto muestreo, libre de contaminación y confusiones, se tomó en cuenta las siguientes precauciones:

- Se utilizó envases esterilizados para que no se contaminan los parámetros a analizar;
- Elección de la técnica de muestreo, en este caso se utilizó la técnica del cuarteo;
- Se identificó clara e inmediatamente la muestra.

**c) Tipos de muestras**

**Muestra compuesta:** Con el fin de cumplir con todas las condiciones y requerimientos específicos para el análisis en el laboratorio, La muestra compuesta se obtuvo a partir de la mezcla de tres colectas de tres colectas, simples tomadas en diferentes puntos, en función del volumen total de los lodos generados en la Planta de Tratamiento.

**d) Llenado del recipiente**

Para una correcta determinación de parámetros físicos, químicos, se llenó los recipientes (Fundas) completamente y se tapó de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.

**e) Datos e Información de las muestras**

Para el registro de datos de la información generada en campo, se elaboró una cadena de custodia solicitando los parámetros físicos - químicos y microbiológicos que se necesita muestrear para el respectivo análisis en el laboratorio.

Los recipientes que contienen las muestras fueron marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.

El membrete en el cual se solicita información detallada para una correcta interpretación de los resultados se indica en la Figura 4, el mismo que se utilizó en el trabajo de campo para rotular las muestras.

**f) Transporte de la muestra**

Los recipientes con las respectivas muestras fueron protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el



transporte, se colocó las muestras en un Cooler, se envió inmediatamente al laboratorio CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS T TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL CESTTA de la ciudad de Riobamba, con su respectiva cadena de custodia.

**g) Recepción de la muestra**

En el laboratorio CESTTA, se verifico las muestras y la cadena de custodia y en quince días entregaron los resultados. (Ver anexo 3)

**6.2.4. Resultados de los análisis Físico, Químico y Microbiológico de laboratorio.**

Los resultados de laboratorio en relación a los parámetros físicos, químicos y microbiológico analizados en el laboratorio de acuerdo al criterio técnico del investigador sustentando en el ANEXO 2 DEL LIBRO DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SEGUNDARIA DEL MAE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIO DE REMEDIACIÓN PARA SUELO CONTAMINADOS son los siguientes:

**Tabla 21.** Análisis físico, químico de los sólidos generados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Palandacocha

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADO	CUMPLE
Cromo hexavalene	mg/kg	0,4	0,12	SI
Fluoruros		200	0,1	SI
Mercurio		0,8	0,47	SI
Clorobencenos (Cada tipo)	mg/kg		<0,0004	SI
1,2-diclorobenceno	mg/kg		<0,0004	SI
1,4-diclorobencero	mg/kg		<0,0004	SI
1,2,4-triclorobencero	mg/kg		<0,0004	SI

Continúa...

...Continuación

<b>Hidrocarburos Totales</b>	mg/kg	150	247,35	SI
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos</b>	mg/kg		<0,3	SI
<b>Cianuro total</b>	mg/kg	0,9	0,04	SI
<b>Fósforo totl</b>	mg/kg		3679,74	SI
<b>Nitrogeno total</b>	mg/kg		2,659	SI
<b>Arsénico</b>	mg/kg	12	<0,5	SI
<b>Cadmio</b>	mg/kg	2	0,86	SI
<b>Cobalto</b>	mg/kg	40	<10	SI
<b>Cobre</b>	mg/kg	63	101	SI
<b>Cromo hexavalene</b>	mg/kg	65	23,54	SI
<b>Estaño</b>	mg/kg	5	2,32	SI
<b>Molibdeno</b>	mg/kg	5	1,72	SI
<b>Níquel</b>	mg/kg	50	11,44	SI
<b>Plomo</b>	mg/kg	60	42,76	SI
<b>Selenio</b>	mg/kg	2	<0,5	SI
<b>Vanadio</b>	mg/kg	130	<50	SI
<b>Zinc</b>	mg/kg	200	852,5	No
<b>Potasio</b>	mg/kg		1060,5	SI
<b>Textura</b>			Arenoso-Franco	SI
			Arena 87,7	SI
			Arcilla 6,5	SI
			Limo 5,8	SI

Fuente: Análisis de Laboratorio-2015

**Interpretación:** En la Tabla 21 podemos observar todos los elementos que generan los lodos residuales, por lo tanto, podemos manifestar que estos lodos es el residuo sólido, semisólido o líquido que se genera por el tratamiento de las aguas residuales por lo que su composición depende principalmente de las características del agua residual afluyente y del proceso de tratamiento utilizado en la planta que lo genera. Uno de los problemas para el uso y manejo de los lodos es su alto contenido de patógenos, por lo que se requiere su estabilización (reducción de microorganismos patógenos).

En la Tabla 21 se muestra la composición física-química de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de Tena que llegan a la Planta de Tratamiento de Palandacocha observándose que están bajo los límites permisibles de la norma ecuatoriana a excepción del elemento Zinc cuya norma pasa del valor del límite permisible que es de 200 mg·kg<sup>-1</sup>, en 852,5 mg·kg<sup>-1</sup>.

De acuerdo a la caracterización de los lodos residuales de la planta realizada por esta investigación en el 2015, se puede notar que está funcionando de manera eficiente cumpliendo con las remociones exigidas por la norma ecuatoriana mediante el ANEXO 2 DEL LIBRO DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MAE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIO DE REMEDIACIÓN PARA SUELO CONTAMINADOS.

Según Salcedo Et-Al 2006., en su estudio “Evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México señala que el contenido de algunos elementos potencialmente tóxicos en los lodos utilizados considera:

**Tabla 22.** Contenido de algunos elementos potencialmente tóxicos en los lodos utilizados.

<b>Elemento</b>	<b>mg·kg<sup>-1</sup></b>
Arsénico	0,026
Cadmio	1,08
Cromo	22,16
Cobre	383,40
Níquel	9,69
Plomo	117,22
Zinc	539,9

Fuente: Salcedo-2006

Los lodos producto de tratamientos del agua residual son aquellos que contienen sustancias que pueden causar daño a la salud humana o al medio

ambiente que deben ser dispuestos en sitios especiales con las medidas adecuadas de seguridad

Comúnmente se suele confundir el término lodo y biosólido. La principal diferencia radica en que el biosólido es un lodo ya estabilizado, es decir, que ha tenido un proceso de tratamiento destinado a reducir la capacidad de fermentación, atracción de vectores y patogenicidad, logrando reducir el nivel de peligrosidad y el grado de restricción para su reutilización.

### **6.3. Proponer mediante un Plan de Manejo Ambiental un uso alternativo a los residuos sólidos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha**

El Plan de Manejo Ambiental (PMA), constituye un instrumento de gestión que permite planificar, definir y facilitar la aplicación de medidas ambientales destinadas a prevenir, corregir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la misma que genera lodos residuales para lo cual se propone la siguiente estructura de Plan de Manejo Ambiental:

1. Introducción
2. Objetivo
3. Alcance
4. Propuesta del Plan de Manejo Ambiental
  - Programa de relaciones comunitarias.
  - Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental.
  - Programa de manejo de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del GADMT, para la generación de abono.
  - Plan de monitoreo y seguimiento ambiental.

## **1. Introducción**

En la sociedad actual la gran mayoría de los productos que se utiliza son desechados y en algunos casos tienen una disposición final inadecuada generando y afectando otro tipo de recursos como el agua. Muchos de estos desperdicios son dispuestos en fuentes hídricas las cuales sirven de abastecimiento para poblaciones y asentamientos humanos, observando la descarga de los lodos producidos por la planta de tratamiento de Palandacocha se plantea programas que van a permitir mitigar ciertos impactos en beneficio de la sociedad de Tena.

## **2. Objetivo General**

Proponer programas con le finalidad de prevenir, controlar y mitigar algunos impactos negativos que se han identificados como parte del proceso de tratamiento de las aguas residuales en este sector

## **3. Alcance**

La implementación de un sistema de gestión de lodos de la planta de tratamiento de Palandacocha, puede contribuir al medio mejorar el medio ambiente, ya que estos lodos pueden convertir en una fuente de abono para incrementar la productividad en cultivos importantes de la región.

## **4. Propuesta de Plan de Manejo Ambiental**

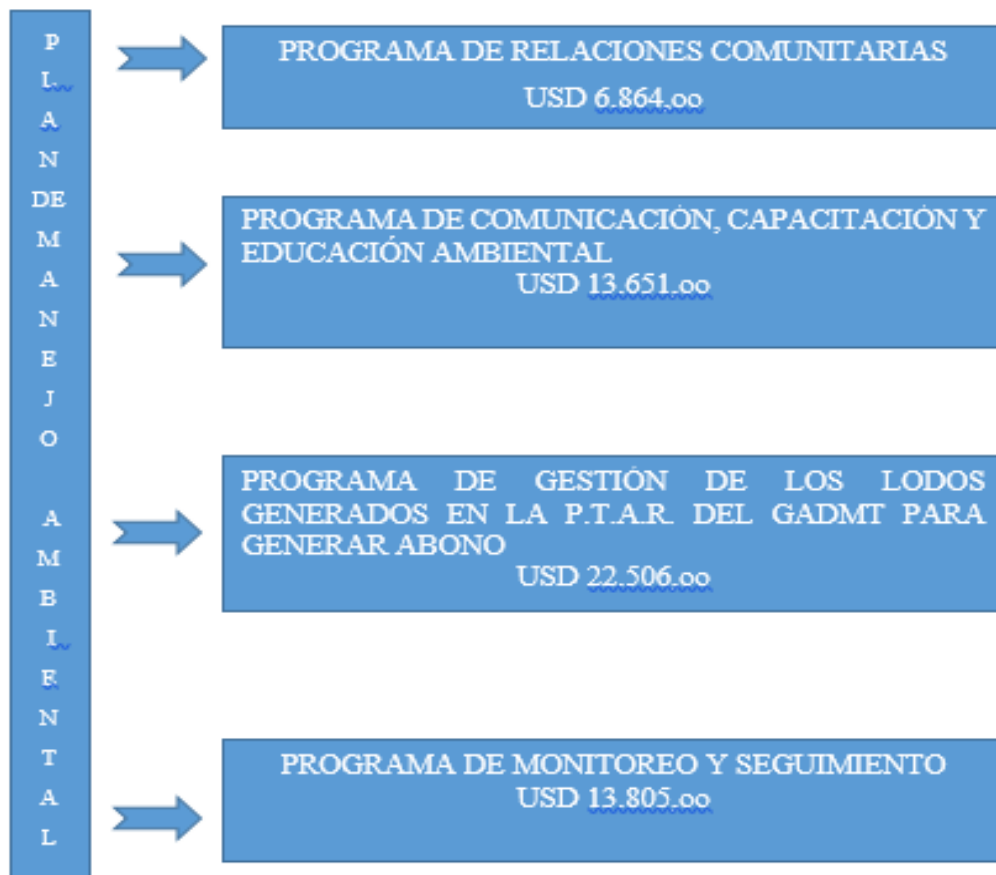
En la propuesta se detalla la estructura del Plan de Manejo Ambiental con sus respectivos programas para su ejecución, con el fin de mitigar, recuperar los lodos que no están siendo tratados en la actualidad.

De la caracterización de los sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Palandacocha, mediante análisis físico, químico y

microbiológico, el lodo que se genera en la planta es considerado como un residuo mas no como un subproducto que se puede aprovechar.

El trabajo de investigación y los resultados obtenidos en los puntos establecidos de muestreo, se sugiere la propuesta del Plan de Manejo Ambiental los que tendrá los siguientes Programas de Manejo Ambiental:

**Figura 5.** Estructura del Plan de Manejo Ambiental.



Elaborado por: El autor

### 6.3.1. Programa de relaciones comunitarias

<b>Nombre la medida</b> Comunicación con habitantes de la ciudad, barrios, sectores etc.	<b>Tipo de Medida</b> Comunicación
	<b>Número de Medida</b> 01
<b>Impactos a controlar</b> Carencia de información sobre la planta de tratamiento y la generación de lodos.	
<b>Objetivo</b> Establecer un conjunto de actividades que permita una eficiente comunicación a los habitantes de la ciudad de Tena y con énfasis a los	

barrios aledaños a la planta de tratamiento de aguas residuales de Palandacocha.

**Acciones:**

1. El Personal a cargo del Plan de Relaciones Comunitarias del GADMT, realizará reuniones de socialización con los representantes de los barrios del sector y los habitantes de la ciudad para dar a conocer los contenidos del Plan de Manejo Ambiental.
2. La duración de los eventos será de 45 minutos
3. Temas a tratar:
  - Conceptos de gestión ambiental/Planta de tratamiento.
  - Principales beneficios de la planta de tratamiento de aguas residuales
  - Análisis del Plan de Manejo Ambiental.

<b>Indicadores de Cumplimiento</b>	<b>Medios de Verificación</b>
Participación de los grupos sociales involucrados	Registro de reuniones Fotografías

**Responsable de ejecución, control y monitoreo**  
Representantes del GADMT y el departamento correspondiente

**Costos para reuniones para información durante un año**

Detalle	Equipos y materiales	Unidad	V.U. USD	V. Total USD
Información	Capacitador-Orientador (mes)	6	1000,00	6000,00
	Infocus-alquiler	1	40,00	40,00
	Cámara filmadora	1	200,00	200,00
Sub total				6.240,00
Imprevistos 10 %				624,00
<b>Total, USD</b>				<b>6.8640,00</b>

Fuente: El autor

**6.3.2. Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental**

<b>Nombre la medida</b>	<b>Tipo de Medida</b>
Programa de capacitación, educación ambiental	Capacitación
	<b>Número de Medida</b>
	02
<b>Impactos a controlar</b>	
Concientización y orientación ambiental ciudadana	
<b>Objetivo</b>	
Capacitar y concienciar a la ciudadanía en referencia a plantas de tratamiento y su impacto socio-ambiental	

<b>Personal del departamento de Gestión Ambiental del GAMDT.</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación a moradores del sector y barrios de la ciudad de Tena:</li> <li>• 1 Talleres sobre Plantas de tratamiento de aguas residuales y la generación de lodos</li> <li>• 1 Taller motivacional sobre conservación del ambiente</li> <li>• 1 Taller sobre Normativa ambiental.</li> </ul>				
<b>Indicadores de Cumplimiento</b> Manejo adecuado de la planta de tratamiento y los lodos generados		<b>Medios de Verificación</b> Registro de asistencia a talleres.		
<b>Responsable de ejecución, control y monitoreo</b> Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Tena				
<b>Costo del Programa de capacitación y talleres</b>				
<b>Detalle de requerimiento</b>	<b>Equipos / Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>V.U. (USD)</b>	<b>V. T. USD</b>
Capacitación y Talleres	1 Técnico (1 Año)	1	1000,00	12.000,00
	1 Infocus-Alquiler	1	40,00	40,00
	1 Computadora (Alquiler)	1	40,00	40,00
	1 Pantalla	1	50,00	50,00
	1 Cámara	1	200,00	200,00
	1 Impresora (Copias)	1	50,00	50,00
	Suministros de Oficina	1	30,00	30,00
Sub total			12.410,00	
Imprevistos 10 %			1.241,00	
<b>Total, USD</b>			<b>13.651,00</b>	

### 6.3.3. Programa de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales del GADMT

#### Gestión de los lodos generados en la PTAR- Municipal

Antecedente. -



Actualmente el lodo es evacuado de las unidades del relleno sanitario sin tratamiento. El lodo es retirado de las instalaciones de la planta a razón de un viaje mensual cercano a los nueve metros cúbicos.

De acuerdo a los valores de la caracterización esperada de los lodos provenientes de los lechos de secado, se propone entonces aplicar una técnica de estabilización adicional a este material, que permita aprovecharlo como un subproducto.

Entre los sistemas de tratamiento expuestos anteriormente como adecuados para la zona de interés se tiene que la técnica de tratamiento que más se adapta a las condiciones del lodo y de la zona es el *Compostaje*, ya que en la región se cuenta con amplias fincas que pueden servir para solucionar las necesidades de espacio, los requerimientos de tecnología son bajos debido a la poca cantidad de material mensual a tratar y por lo tanto no se requiere de ayudas específicas constantes como herramientas mecánicas para el volteo, con elementos como pala, mangueras y termómetro se puede iniciar el proceso, cabe también anotar que para adecuar el material de soporte se puede requerir de una trituradora.

Respecto a la Infraestructura requerida, se puede organizar un espacio en la finca escogida para adecuar las zonas necesarias para cada fase del compostaje.

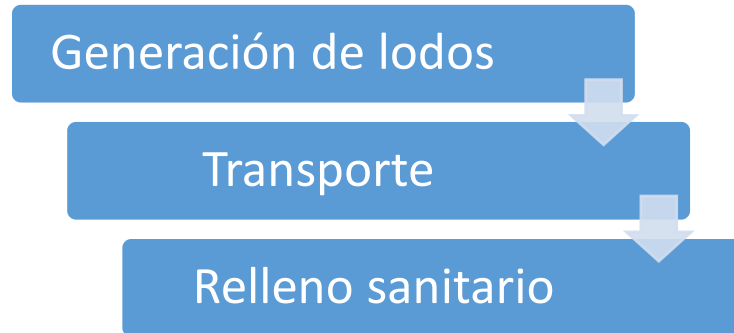
Un elemento a tener en cuenta es que el personal que se encargará del tratamiento debe contar con capacitación previa y con seguimiento constante durante todo el proceso.

La Operación y mantenimiento del proceso de compostaje no generan condiciones adicionales a las iniciales, pero se debe tener presente que en un determinado momento se debe empezar a humedecer las pilas junto con el volteo.

La intención con el compost obtenido es poderlo utilizar como abono, para esto se requiere realizar una caracterización al final del proceso para determinar si los valores de los parámetros cumplen con lo establecido por la normativa

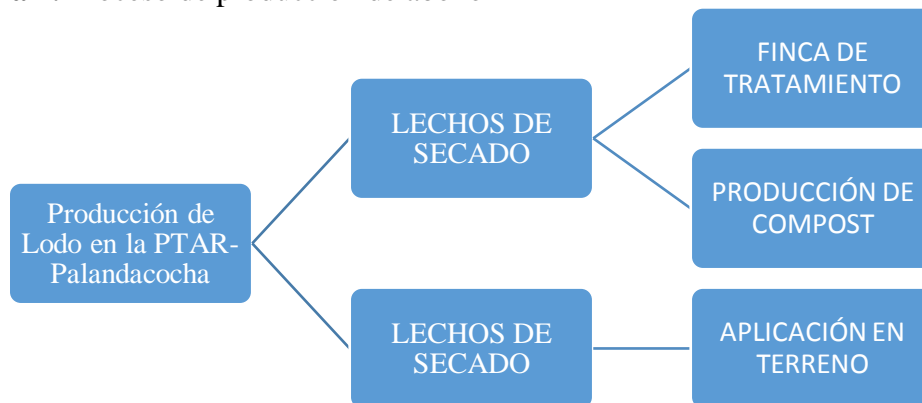
ecuatoriana para clasificar los Biosolidos en clase A o B, y con esto poder determinar en qué tipo de cultivos se pueden utilizar.

**Figura 6.** Gestión actual de los lodos de la Planta de Tratamiento de Palandacocha.



Elaborado por: El autor

**Figura 7.** Proceso de producción de abono



Elaborado por: El autor

### Aplicación del compostaje

- Adecuación del lugar.
- Finca Escogida

- Con las cantidades a tratar por mes proyectadas delimitar el espacio definido y acondicionar el lugar bajo techo. Aquí es opcional encerrar el lugar tipo invernadero.
- Comprar las herramientas requeridas.

Herramientas requeridas y que deben ser destinadas solo para uso del proyecto:

- Bascula industrial.
- 1 trituradora
- Palas
- 2 carretas
- Termómetro
- Estopas.
- Tamiz
- pH-metro

Los materiales requeridos, que deben ser buscados y transportados son:

- El lodo generado en las plantas depuradoras
- El material de enmienda que se utiliza para mejorar las condiciones de nutrientes y disponibilidad de materia orgánica es residuo orgánico de plaza de mercado (ton/mes)

Triturar y pesar los materiales de enmienda y poda. El lodo solo se pesa. Esta labor debe hacerse el mismo día en que se reciben los materiales orgánicos, ya que se debe evitar que se empiecen a descomponer.

Se conforman pilas para esto se distribuirán de la siguiente manera los pesos:

- 70% de lodo seco
- 20% de residuos de plaza de mercado.
- 10% de residuo de poda.

Se utilizarán formatos para el control y seguimiento de las variables de campo que deben ser medidas diariamente. Estas son humedad, pH y temperatura.

## **Cantidades de lodo tratadas por mes**

### Análisis de la información

Con los resultados de la caracterización se debe definir donde se utilizará el compost obtenido. Esta determinación se tomará con los rangos dados por la norma ecuatoriana para clasificar Biosólidos.

Si el contenido de patógenos es alto de acuerdo a la norma, se debe aplicar cal hidratada a razón de un 10% del peso del compost, mezclar y dejar en reposo por 3 días. Luego de esto se puede aplicar solo en terrenos que no tengan cultivos de consumo directo

El manejo dado por la norma a los lodos generados en sus sistemas de tratamiento, no representa una amenaza ambiental siempre y cuando se hagan ajustes en la frecuencia y forma de recolección puesto que esta labor al igual que la disposición final, debe manejar el lodo como un subproducto y no como un residuo y evaluar la posibilidad de implementar el proceso de compostaje aquí propuesto para buscar el cierre del ciclo.

### **COMPOSTAJE:**

Se aconseja dividir las diferentes etapas del proceso de compostaje en zonas para facilitar el manejo del material.

1. Zona de recepción y acondicionamiento de materiales.
2. Zona de mezcla de materias primas.
3. Zona de digestión de la mezcla.
4. Zona de maduración del material digerido.
5. Zona de molienda y acabado.
6. Zona de almacenamiento.

## **Control y Factores del Proceso de Compostaje.**

- **Relación Carbono-Nitrógeno.**

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo vivo, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para un buen compostaje. Los microorganismos de una muestra para compostar utilizan el Carbono para conseguir energía y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. El parámetro que mide esta proporción se llama relación —Carbono/Nitrógeno (C/N), y los valores ideales de esta relación para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35.

Si el material de partida contiene demasiado Carbono, la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si, por el contrario, el material contiene demasiado Nitrógeno, la relación es baja y se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>). Así pues, cuando los materiales a compostar tienen una relación C/N más alta, deben añadirse materiales ricos en Nitrógeno, como estiércol por ejemplo Gallinaza y Pollinaza, en este caso no es necesario teniendo en cuenta que el lodo de PTAR-D es rico en Nitrógeno; Cuando la relación es más baja, habrá que compensar la mezcla añadiendo componentes ricos en Carbono, como por ejemplo material de poda, cisco de madera, bagazo de caña, cachaza entre otros.

- **Aireación**

El oxígeno es el elemento esencial para la descomposición aerobia y la supervivencia de la microbiota de la mezcla. Cuando falta oxígeno en la mezcla, mueren los organismos aeróbicos y comienza a darse descomposición anaeróbica, la cual emana olores desagradables y es más lenta. Para asegurar la presencia de oxígeno, es necesario airear la mezcla.

Esto se puede lograr de varias maneras: incluyendo en la pila partículas de diferentes tamaños (cisco de madera y material de poda) que generan espacios de aire (aireación natural), volteando o revolviendo las pilas (aireación mecánica), o introduciendo tubería a la mezcla, a través de la cual se puede forzar el aire (aireación forzada), este método requiere de una fuente externa de energía. El método de aireación natural se basa en la diferencia de la temperatura entre el interior del material que esta compostandose y el ambiente, lo cual produce un flujo de aire y la formación de micro túneles; este método no requiere de manipulación frecuente.

- **Contenido de Humedad**

La aireación debe balancearse con el mantenimiento de la humedad, ya que el agua es otro elemento esencial para la supervivencia de los microorganismos que participan en el compostaje y el exceso de aire puede secar la mezcla. La humedad optima del proceso de compostaje está entre el 50% al 60% que al finalizar el proceso se reducirá entre un 30 o 40%.

La falta de humedad provocará una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizará la degradación y bajará la temperatura. Un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas, pues dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar la descomposición anaerobia de la mezcla. En una operación de compostaje, debe haber un monitoreo permanente de la humedad. Si hay exceso se puede airear la mezcla o agregar elementos secos como cisco de madera fino o material de poda que absorban la humedad. Si falta humedad se puede regar la mezcla.

- **Tamaño de Partícula**

Es importante el tamaño de las partículas del material de partida. El lodo tiende a compactarse a medida que el agua se percola, por lo tanto, el material de soporte agregado debe tener un tamaño cercano a los 2 cm, para darle la estructura

requerida para la circulación del aire. Y el material de enmienda debe tener también un tamaño pequeño para que se facilite la labor de las bacterias

- **Valor de pH.**

El pH tiende a ser una medida que indica cómo avanza el proceso; en un inicio su descenso hasta 6,5 indica un proceso normal. Conforme el tiempo transcurre se estabiliza el valor entre 7 y 8, lo que permite la digestión y la maduración. Un valor superior a 8 provoca pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco.

- **Procesos de Digestión y Maduración**

Las operaciones centrales del compostaje son la digestión y la maduración; estas se pueden identificar por la temperatura de la mezcla. Al inicio, la temperatura se eleva rápidamente hasta alcanzar una fase termofílica (temperaturas superiores a los 50°C). Cuando la digestión termofílica termina, se obtiene una mezcla más consistente que continúa su proceso de degradación pero a un ritmo más lento y a temperatura ambiente. Este proceso se conoce como maduración.

La esterilización del material se lleva a cabo durante la fase termofílica y consiste en dos etapas. En la primera se incrementa la temperatura de los materiales cerca de los 35°C favoreciendo la germinación de esporas y semillas. En la segunda, se eleva a 55°C y se mantiene durante varios días, hasta que se presenta la fase de muerte de los microorganismos termofílicos. Cuando la temperatura baja después de la esterilización, se desarrollan los microorganismos presentes en el suelo natural. Con la esterilización se eliminan los microorganismos patógenos.

Durante el proceso de compostaje unos microorganismos van sustituyendo a otros. La riqueza en microbiota favorable para los suelos y la ausencia de patógenos, determinan la buena calidad biológica del compost.

El presente trabajo de investigación con los resultados obtenidos en el punto establecido de muestreo, se sugiere la propuesta del Plan de Manejo Ambiental que tendrá los siguientes Programas de Manejo Ambiental:

#### 6.3.4 Programa de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales

<b>Nombre la medida</b> Aprovechamiento de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Palandacocha.		<b>Tipo de Medida</b> Generación de abono		
		<b>Número de Medida</b> 03		
<b>Impactos a controlar</b> Lodos residuales				
<b>Objetivo</b> Aprovechar los lodos residuales generados en la Planta de Tratamiento				
<b>Acciones:</b> 1. Adquisición de materia prima (lodos residuales) 2. Elaboración de abono				
<b>Indicadores de Cumplimiento</b> Volúmenes producidos		<b>Medios de Verificación</b> Planta de tratamiento de lodos en abonos Fotografías		
<b>Responsable de ejecución, control y monitoreo</b> GADMT				
<b>Costos estimados de producción de abonos</b>				
<b>Detalle</b>	<b>Equipos y materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>V. U. USD</b>	<b>V. Total USD</b>
Compostaje	Jornal/12 meses	1	380,00	4560,00
	Construcción - Materiales e insumos necesarios	Varios	12.000,00	12000,00
	Herramientas	Varios	1500,00	1500,00
	Análisis Laboratorio	12	200,00	2400,00
Sub total			<b>20.460,00</b>	
Imprevistos 10 %			<b>2.046,00</b>	
<b>Total, USD</b>			<b>22.506,00</b>	



### 6.3.5. Programa de monitoreo y seguimiento

<b>Nombre la medida</b> Seguimiento y Monitoreo		<b>Tipo de Medida</b> Prevención			
		<b>Número de Medida</b> 04			
<b>Impactos a controlar</b> Incumplimiento de los Programas					
<b>Objetivo</b> Dar control y seguimiento de los impactos negativos, mediante la aplicación de los Programas establecidos en este estudio, con fin de minimizar posibles impactos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha de la ciudad de Tena.					
<b>Procedimiento</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de la información.</li> <li>• Sistematización de la información y seguimiento permanente.</li> <li>• Retroalimentación para proponer medidas preventivas.</li> <li>• Informe, fotos, etc.</li> </ul>					
<b>Indicadores de Cumplimiento</b>  Informes finales.		<b>Medios de Verificación</b> Fotos. Resultados de laboratorio permanentes, actas, compromisos, documentos.			
<b>Responsable de ejecución, seguimiento y monitoreo</b> GADMT- Comité de Barrios de Tena, ciudadanía, otros					
<b>Costos referenciales de seguimiento y monitoreo durante un año</b>					
Actividad	Detalle de requerimiento	Unidad	Cantidad	V.U. USD	V.T. USD
Control y Monitoreo	Técnico Institucional (1Año)	Técnico	12	1000,00	12.000,00
	Transporte Representantes de los barrios	Transporte	12	20,00	200,00
	Cámara fotográfica	Equipo	1	150,00	150,00
	Suministros de oficina	Kit	1	200,00	200,00
<b>Sub total</b>				<b>12.55,00</b>	
<b>Imprevistos 10%</b>				<b>1255,00</b>	
<b>Total, USD</b>				<b>13.805,00</b>	

**6.3.6. Cronograma Valorado del plan de manejo ambiental.**

**Tabla 23.** Cronograma Valorado para el Plan de Manejo Ambiental

<b>CRONOGRAMA VALORADO DE ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANEJO</b>														
<b>PROGRAMAS</b>	<b>MESES</b>												<b>COSTO (USD)</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>		
Programa de relaciones comunitarias														<b>6.864,00</b>
Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental														<b>13.651,00</b>
Programa de gestión de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de aguas residuales del GADMT para generación de abono.														<b>22.506,00</b>
Programa de monitoreo y seguimiento														<b>13.805,00</b>
<b>COSTO REFERENCIAL TOTAL (USD)</b>													<b>56.826,00</b>	

Elaborado por: El autor

## **G. DISCUSIÓN**

### **7.1. Levantar la línea base del sector Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena.**

Se realizó la línea base de los Pobladores del barrio Palandacocha ubicado en la ciudad de Tena, tomando en cuenta 115 encuestas, donde se analizó las características de los sólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Palandacocha mediante una encuesta de 10 preguntas cerradas que permitieron conocer la situación del conocimiento sobre este proyecto del GADMT, siendo este instrumento un mecanismo de medida para determinar variables de la investigación así como lo señala (Saavedra, 2011), que el estudio de la línea de base es la primera medición de todas las variables ambientales contemplados en el diseño de un proyecto, por ende, permite conocer el valor de los indicadores al momento de iniciarse las acciones planificadas, es decir, establece el punto de partida del proyecto o intervención.

### **7.2. Caracterizar mediante la interpretación de los análisis físico, químico y microbiológico a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.**

Las regulaciones de lodos en el mundo tienen varias consideraciones, pero están reglamentadas a partir de su transformación previa a biosólidos.

En Estados Unidos y la Unión Europea existen normativas muy similares al respecto, las cuales han sido imitadas en muchos otros países. En España se tienen en cuenta valores límite de metales pesados dependiendo del pH del suelo (ESPAÑA Ministerio Obras Públicas, 1996).

Principalmente en Europa, se controla la tasa de aplicación (concentración de metales pesados por hectárea). EEUU recomienda calcular las tasas de

aplicación teniendo en cuenta el contenido de nutrientes del biosólido y los requerimientos de los cultivos agrícolas. Adicionalmente, regula otros metales pesados como arsénico, selenio y molibdeno.

La mayoría de normatividades regulan los mismos indicadores de contaminación fecal (coliformes fecales y huevos de helmintos), y establecen la necesidad de tratamiento de los lodos (digestión anaeróbica, aeróbica, secado térmica estabilización química, etc.) para que al ser convertidos en biosólidos puedan ser aplicados al suelo.

Para (Bedoya, 2013), en relación al análisis físico, químico mostró que los biosólidos generados en la PTAR de San Francisco (Antioquia-Colombia), tienen potencial agronómico para ser usados como abono o enmiendas orgánicas, señala que las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio necesarias para el crecimiento normal de la mayoría de las plantas, se encuentran alrededor del 3 %, 0,2 % y 0,4 % respectivamente por lo que en este estudio se reportan valores similares a lo observado por Torres y sus colaboradores, Según los datos revelados en el laboratorio en el análisis físico y químico de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Palandacocha, se correlaciona con lo antes expuesto, al momento los análisis muestran ser aptos para esta propuesta de generación de abonos.

### **7.3. Proponer mediante un Plan de Manejo Ambiental un uso alternativo a los residuos sólidos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha.**

El crecimiento urbano debido al aumento de la población y a la emigración de los habitantes rurales a zonas metropolitanas ocasiona un incremento en la producción de residuos sólidos, entre los que se encuentran los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales, los cuales es necesario eliminar o darles la salida más adecuada.

Dichos materiales constituyen una fuente de materia orgánica alternativa a otros insumos orgánicos utilizados tradicionalmente como abonos.

Se diseñaron un plan de gestión que permite prevención y mitigación de impactos, para el manejo de lodos residuales el cual contiene un programas orientado hacia un desarrollo de actividades orgánicas sustentables minimizando los impactos en el ambiente considerando las potencialidades y limitaciones de la zona; lo cual corrobora Rivas (2015), el plan de manejo y gestión donde señala que es un instrumento con medidas dirigidas a la prevención, control, mitigación, protección, recuperación o compensación de los impactos que se generen durante las actividades de un proyecto.

## H. CONCLUSIONES

- La información generada en la línea base ha señalado que es necesario orientar a la población sobre la Planta, así como su funcionamiento y los objetivos que esta cumple, ya que un gran porcentaje consultado conoce sobre el tema, mientras que un 40 % no conoce, para lo cual se recomienda proseguir con la información radial y televisiva informando al respecto.
- La caracterización de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento realizados en el laboratorio, muestra que está cumpliendo con los valores más bajos, se debe realizar ajustes necesarios antes de implementar el proceso de compostaje, para definir la cantidad real de lodo generado por la planta ya que esta tendría una variación por cada generación por diaria por cuanto es necesario realizar análisis de laboratorio permanentemente con los ajustes requeridos por la norma ecuatoriana mediante el ANEXO 2 DEL LIBRO DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SEGUNDARIA DEL MAE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIO DE REMEDIACIÓN PARA SUELO CONTAMINADOS.
- Un primer paso para dar operatividad al programa y asegurar que los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales del Palandacocha estén siendo adecuadamente manejados es llevar un registro tanto en cantidad como en calidad de todos los lodos generados por esta fuente.
- De acuerdo a las tecnologías para el tratamiento del lodo propuesto, se escogió la técnica del compostaje para sugerirla en el plan de gestión, ya que esta se ajusta a la disposición de espacio (condiciones geográficas), requerimiento de herramientas básicas (bajo nivel de tecnología), no se requiere de adquisición de terrenos (factor económico), puede beneficiar a la comunidad con empleo y con posibilidades de aplicación del compost

debido a la tendencia agrícola de la región (factor social), y además el compost se puede aplicar sobre diferentes terrenos.

- De acuerdo a las tecnologías para el tratamiento del lodo propuestas para la zona de interés, se escogió la técnica del compostaje para sugerirla en el plan de gestión, ya que esta se ajusta a la disposición de espacio (condiciones geográficas), requerimiento de herramientas básicas (bajo nivel de tecnología), no se requiere de adquisición de terrenos (factor económico), puede beneficiar a la comunidad con empleo y con posibilidades de aplicación del compost debido a la tendencia agrícola de la región (factor social), y además el compost se puede aplicar sobre diferentes terrenos.

## I. RECOMENDACIONES

- Levantar información permanente sobre las características de los lodos generados en la Planta de Tratamiento de Palandacocha para conocer el estado físico químico y microbiológico ya que no es constante los elementos que la ciudadanía genera diariamente.
- Buscar mecanismos que permitan hacer partícipe a la comunidad del tratamiento del agua residual, es decir, se debe plantear una estrategia que facilite la aceptación de la planta de tratamiento por parte de la comunidad, en donde se pueda crear conciencia de la importancia de la misma para el medio ambiente y en general para el entorno.
- Realizar seguimiento constante a los impactos ambientales negativos que se pueden generar, como es habitual en la puesta en marcha de un proyecto nuevo; estos impactos deben ser mitigados inmediatamente para darle cumplimiento a la normatividad y a los compromisos pactados con la autoridad ambiental.
- Generar abono orgánico mediante composteras de los lodos generados en la Planta de Tratamiento, y mediante análisis físico-químico y microbiológico de este abono mejorar la producción y productividad de los cultivos de la región.
- Considerar que sólo se analizó una muestra por un tratamiento debido a la limitada disponibilidad de recursos, se recomienda que se efectúe un análisis más representativo que permita dar un dictamen final sobre la calidad de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Palandacocha.



## J. BIBLIOGRAFÍA

- Bedoya K., Et Al. (2013). Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales San Fancico, Itaguí (Antioquia, Colombia Cáceres. (2014). *Estudio de impacto ambiental definitivo Lago Agrio- Lumbaqui*.
- Caura, A. (2008). *Evaluación de impactos ambientales*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/fundamentos.pdf>.
- Conesa, A. (2010). Estudio de impacto ambiental. Obtenido de [http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia\\_metodologica\\_impacto\\_ambiental.pdf](http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf).
- Constitución del Ecuador. (2008). *Constitución del Ecuador*. Quito.
- Cruz, A. (2008). *Características y tratamiento de aguas residuales*. (I. d. ingenierías, Ed.) Obtenido de [/handle/231104/514/Caracterización y tratamiento de aguas residuales.pdf;jsessionid=E6B2BDD3ACC899784B9DE7F2665F9795?sequence=1](http://handle/231104/514/Caracterización_y_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf;jsessionid=E6B2BDD3ACC899784B9DE7F2665F9795?sequence=1).
- Domenech, X., & Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona, España: Reverté, S.A. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=S4bjFOEXRzMC&printsec=frontcover&dq=Quimica+ambiental+de+sistemas+terrestres&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Quimica%20ambiental%20de%20sistemas%20terrestres&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=S4bjFOEXRzMC&printsec=frontcover&dq=Quimica+ambiental+de+sistemas+terrestres&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Quimica%20ambiental%20de%20sistemas%20terrestres&f=false)
- Donado. (2013). *Plan de gestión para lodos generados en la PTAR-D de los municipio. Bogotá*. Bogotá.
- Elías., X. (2012). *Resiclaje de Residuos Industriales: Residuos Solidos Urbanos y Fangos de Depuradora*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos. S.A.
- Flores, R. (2011). *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Madrid, España: Parafino, S.A. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=h8\\_qVzIoJ00C&printsec=frontcover&dq=El+suelo+de+cultivo+y+las+condiciones+clim%C3%A1ticas&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=El%20suelo%20de%20cultivo%20y%20las%20condiciones%20clim%C3%A1ticas&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=h8_qVzIoJ00C&printsec=frontcover&dq=El+suelo+de+cultivo+y+las+condiciones+clim%C3%A1ticas&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=El%20suelo%20de%20cultivo%20y%20las%20condiciones%20clim%C3%A1ticas&f=false)

- Fraume, N. (2006). *Manual abecedario ecológico: la más completa guía de terminos ambientales*. Bogotá, Colombia: Alberto Palomino. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=rrGMx\\_DpbfAC&pg=PT143&dq=factores+ambientales+abioticos&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=factores%20ambientales%20abioticos&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=rrGMx_DpbfAC&pg=PT143&dq=factores+ambientales+abioticos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=factores%20ambientales%20abioticos&f=false)
- Freeman, A. (2005). *Microbiología de Burrows*. Bogota, Colombia: Escuela colombiana de ingeniería.
- GAD Municipal de Tena. (11 de Septiembre de 2014). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE TENA 2011. Tena, Napo, Ecuador.
- García, G., Quinteros, R., & López, M. (2006). *Biotecnología Alimentaria*. Mexico: Limusa Noriega Editores. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=2ctdvBnTa18C&printsec=frontcover&dq=Biotecnolog%C3%ADa+Alimentaria&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Biotecnolog%C3%ADa%20Alimentaria&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=2ctdvBnTa18C&printsec=frontcover&dq=Biotecnolog%C3%ADa+Alimentaria&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Biotecnolog%C3%ADa%20Alimentaria&f=false)
- Glinn, H. (2010). *Ingeniería Ambiental*. (Vol. 2). Nalucapande Juárez, México: Prentice Hall Inc. Obtenido de [http://www.academia.edu/10356057/Ingenieria\\_Ambiental\\_2\\_ED.\\_-J.\\_Glynn\\_Henry\\_and\\_Gary\\_W.\\_Heinke](http://www.academia.edu/10356057/Ingenieria_Ambiental_2_ED._-J._Glynn_Henry_and_Gary_W._Heinke)
- Guinea, J. (2009). *Análisis microbiológico de aguas, aspectos aplicados*. España: Omega.
- Lenntech. (2012). *Water Treatment Solutions*. Obtenido de Lenntech : <http://www.lenntech.com/>
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la química ambiental*. México: Reverté Ediciones S.A. D C.V. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=5NR8DIk1n68C&printsec=frontcover&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+química+ambiental&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Introducci%C3%B3n%20a%20la%20química%20ambiental&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=5NR8DIk1n68C&printsec=frontcover&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+química+ambiental&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Introducci%C3%B3n%20a%20la%20química%20ambiental&f=false)
- Martín, J. (2006). *Ingeniería de Ríos* (2 ed.). Madrid, España: Ediciones UPC. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=DIDodO5iHEYC&printsec=frontc>

- over&dq=Mart%C3%ADn,+J.+(2008).+Ingenier%C3%ADa+de+R%C3%ADos&hl=es&sa=X&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Martín, J. (2008). *Ingeniería de Ríos*. España: Grupo Alfaomega.
- Martins, P., Sabogal, C., Flores, J., & Ortíz, E. (1994). *Planes Simplificados de Manejo: Una propuesta para los bosques latifoliados de la región centroamericana*. Costa Rica.
- Moreno, J., & Cerutti, O. (2014). *La Ecotecnología en México*. Morelia, México: Imagia comunicación. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=RMrmBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=La+Ecotecnolog%C3%ADa+en+M%C3%A9xico&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=La%20Ecotecnolog%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=RMrmBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=La+Ecotecnolog%C3%ADa+en+M%C3%A9xico&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=La%20Ecotecnolog%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico&f=false)
- Organismo De Evaluación Y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Obtenido de Fiscalización ambiental en aguas residuales. Perú. Recuperado de: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Rodriguez, E. (2005). *Aplicaciones en venezuela del tratamiento de las aguas residuales y su utilización* (Vol. 2). Venezuela. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=G4uQAgAAQBAJ&pg=PA21&lpg=PA21&dq=Aplicaciones+en+venezuela+del+tratamiento+de+las+aguas+residuales+y+su+utilizaci%C3%B3n&source=bl&ots=RGW32yuK2U&sig=VUhjD5i0kXEzVlc\\_BgI8c0m079g&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Aplic](https://books.google.com.ec/books?id=G4uQAgAAQBAJ&pg=PA21&lpg=PA21&dq=Aplicaciones+en+venezuela+del+tratamiento+de+las+aguas+residuales+y+su+utilizaci%C3%B3n&source=bl&ots=RGW32yuK2U&sig=VUhjD5i0kXEzVlc_BgI8c0m079g&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Aplic)
- Saavedra. Línea base ambienta. 2011
- Santambrosio, E. (2010). *Biotecnología*. España: Gesbiblo, S.L.
- TULSMA. (2013). *Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental*. QUITO, PICHINCHA, SIERRA.
- Valdez, M. (2009). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. Mexico, D.F.: Reverté, S.A. Obtenido de <http://documents.mx/documents/libro-aguas-residuales.html>
- Vega, R. (2005). *Estudios y diseños definitivos del sistema de tratamiento de aguas servidas para Sevilla*. Sevilla: Dias de Santos.

## K. ANEXOS

### Anexo 1. Oficio

Tena, 10 de mayo del 2016

Prof. Klever Ron  
**ALCALDE DEL GOBIERNO AUTÓNOMO  
DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE TENA**

De mi consideración,

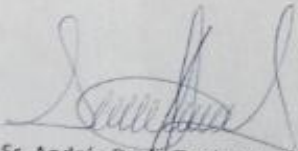
Por medio del presente me permito saludarle y a la vez desearle éxitos en sus funciones que realiza en favor de nuestro querido Cantón.

El motivo es con la finalidad de solicitarle la autorización, ya que como requisito para la obtención de mi título de Tercer Nivel, debo realizar mi Tesis de grado, para lo cual he conversado con técnicos de la Municipalidad y me gustaría proponer mi trabajo de grado sobre **el siguiente tema; "CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, MEDIANTE UN ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL"**.

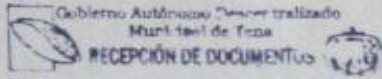
Todo esto enfocado al funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en los barrios TERERE y PALANDACOCHA.

Por la favorable atención y gestión que brinde al presente, anticipo mi más sincero agradecimiento.

Atentamente;

  
Sr. Andrés Darío Terán Martínez  
C.I. 150084592-8  
**ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA Y CONSERVACIÓN AMBIENTAL.**

cc: 0998103698

  
Gobierno Autónomo Descentralizado  
Municipal de Tena  
RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS  
10 MAY 2016  
Nº. DE GUIA: 2030  
FIRMA: [Handwritten Signature]

*Handwritten notes on the right side of the page:*  
- Bio-Administración  
- Ing. Patricia [Handwritten Name]



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL  
MEDIO AMBIENTE**

**Objeto de la investigación:** Recaudar información sobre

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE  
PALANDACOCHA, MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y  
MICROBIOLÓGICO, PARA PROPONER UN PLAN DE MANEJO  
AMBIENTAL**

Solicito muy comedidamente su colaboración / marque con una **X** la respuesta que crea necesaria a su criterio

Fecha: .....

**A.- SOCIAL:**

**1. Edad:**

18-30 años ( ) 31-50 años ( )  
51 en adelante ( )

**2. Nacionalidad:** Ecuatoriana ( ) Extranjera ( )

**3. Sexo:** Hombre ( ) Mujer ( )

**4. ¿En que sector de la ciudad desarrolla sus actividades diarias?**

Domicilio ( ) Comercio ( )  
Institución Pública ( ) Industria ( )  
Otras ( ) Indique .....

**B.- AMBIENTAL**

**5. ¿Sabe usted qué es una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales?**

Sí ( ) No ( ) ¿Algo? ( )

**6. ¿Conece dónde esta ubicado la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Tena?**

Sí ( ) No ( )

**7. ¿Cree usted que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales contribuye a mejorar el bienestar ambiental?**

Sí ( ) No ( ) ¿No sabe?  
( )

**8. ¿Cree usted que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha contaminan el Ambiente?**

Sí ( ) No ( ) ¿No sabe? ( )

**9. ¿Cree usted que las actuales condiciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha está afectando la salud de la población cercana a la misma?**

Sí ( ) No ( ) ¿Algo? ( )

**10. ¿Sabía usted que los lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales pueden ser utilizados en la agricultura como mejoradores de suelo y/o para sustituir los fertilizantes químicos?**

Sí ( ) No ( ) Desconozco ( )

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**Anexo 3. Resultados del Análisis de laboratorio (Físico, químico y microbiológico)**

	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE</b>
	<b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b> Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	<b>ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</b>

<b>INFORME DE ENSAYO No:</b>	875
<b>ST:</b>	034- 016 ANÁLISIS DE SUELOS
<b>Nombre Peticionario:</b>	N.A.
<b>Atm.</b>	Andrés Darío Terán
<b>Dirección:</b>	Tena - Soocopron Tena - Napo
<b>FECHA:</b>	02 de Agosto del 2016
<b>NUMERO DE MUESTRAS:</b>	1
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	2016/07/22 - 10:00
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	2016/07/21 - 17:00
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	2016/07/22 - 2016/08/02
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Suelo
<b>CÓDIGO CESTTA:</b>	LAB-S 103-16
<b>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</b>	NA
<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha
<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico- Químico
<b>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</b>	Andrés Darío Terán
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
					Tabla 1	Tabla 2
*Cromo Hexavalente	Espectrofotométrico	mg/Kg	0,12	-	0,4	0,4
*Fluoruros	Espectrofotometria	mg/Kg	0,10	-	200	200
*Mercurio	EPA 3051 a / EPA 245.5	mg/Kg	0,47	-	0,1	0,8
*Clorobenceno	EPA 601 Modificado/Purga y Trampa. Cromatografía de gases con MSD.	mg/Kg	< 0,0004	-	0,1	-
*1,2-diclorobenceno	EPA 601 Modificado/Purga y Trampa. Cromatografía de gases con MSD.	mg/Kg	< 0,0004	-	-	-
*1,4-diclorobenceno	EPA 601 Modificado/Purga y Trampa. Cromatografía de gases con MSD.	mg/Kg	< 0,0004	-	-	-
*1,2,4-triclorobenceno	EPA 601 Modificado/Purga y Trampa. Cromatografía de gases con MSD.	mg/Kg	< 0,0004	-	-	-
Hidrocarburos Totales	PEE/CESTTA/26 TNRC 1005	mg/Kg	247,35	±21%	<150	150
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	PEE/CESTTA/23 EPA SW-846 Method 8310	mg/Kg	< 0,3	±30%	0,1	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 2  
Edición 0

MC01-23

Continua...



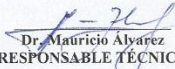
	<b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b>  <b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b>  Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL SAE</b>  <b>ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008</b>

*Cianuro total	EPA 9010	mg/Kg	0,040	-	0,9	0,9
*Fósforo Total	EPA 3051 / Espectrofotometria	mg/Kg	3679,74	-	-	-
*Nitrógeno Total	PEE/CESTTA/88 Kjeldhal	%	2,659	-	-	-
*Arsénico	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	<0,5	-	12	12
*Cadmio	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	0,86	-	0,5	2
*Cobalto	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	<10	-	10	40
*Cobre	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	101	-	25	63
*Cromo	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	23,54	-	54	65
*Estaño	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	2,32	-	5	5
*Molibdeno	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	1,72	-	5	5
*Niquel	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	11,44	-	19	50
*Plomo	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	42,76	-	19	60
*Selenio	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	<0,5	-	1	2
*Vanadio	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	<50	-	76	130
*Zinc	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	852,5	-	60	200
*Potasio	PEE/CESTTA/197 EPA 3051 / 6010 B	mg/Kg	1060,5	-	60	-
*Textura	PEE/CESTTA/100 Densímetro Bouyoucos	Arenoso Franco		-	-	-
		Arena	87,7			
		Arcilla	6,5			
		Limo	5,8			

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (\*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los límites máximos permisibles indicados en la Tabla 1: Criterios de Calidad del Suelo y en la Tabla 2: Criterios de remediación. Libro VI. Anexo II. Solicitados por el cliente.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

  
 Dr. Mauricio Álvarez  
 RESPONSABLE TÉCNICO





## Anexo 4. Fotografías

**Foto 1.**



Planta de Tratamiento de Aguas Residuales -Palandacocha - Tena

**Foto 2.**



Maquinaria de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales -Palandacocha - Tena

**Foto 3.**



Tanque de fangos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Palandacocha

**Foto 4.**



Descarga de lodos de la Planta de Tratamiento



**Foto 5.**



Lodos generados y recopilados en la volqueta para su traslado al Relleno sanitario

**Foto 6.**



Recolección de muestras de lodo para remitir al laboratorio

**Foto 7.**



Selección de la muestra de lodo

**Foto 8.**



Mezcla de la muestra



**Foto 9.**



Selección de la muestra para envío a laboratorio

**Foto 10.**



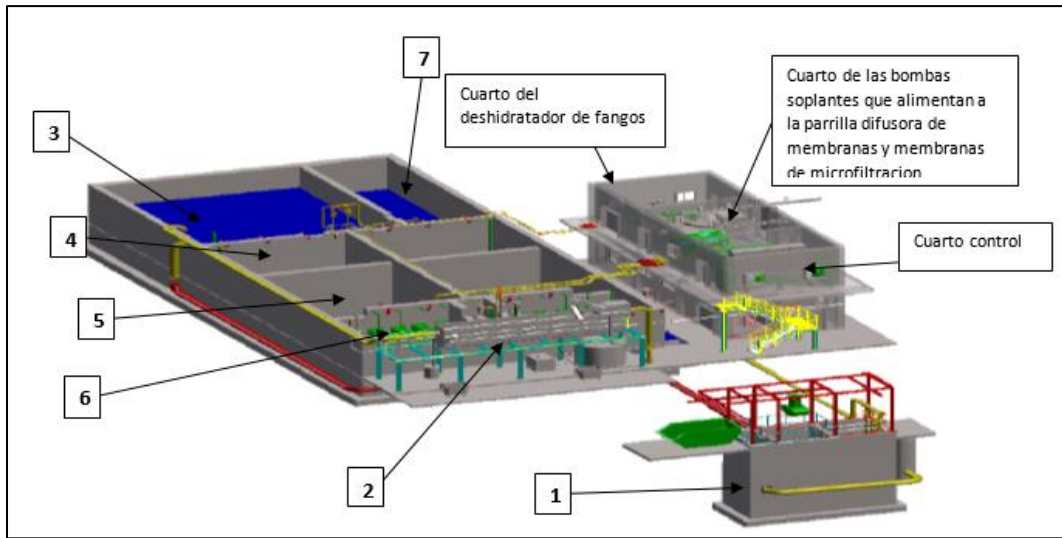
Identificación de la muestra

**Foto 11.**



Punto GPS en la Planta de Tratamiento de Agua Residuales de Palandacocha

## Anexo 5. Plano de la planta de tratamiento de aguas residuales de Tena



Fuente: GADMT-2015

Elaborado: El autor

1. Pozo de Gruesos
2. PCP. (Planta Compacta de Pre tratamiento).- Desarenado, Desengrasado, Recolección de Papel Higiénico.
3. Tanque de Homogeneización
4. Reactor biológico
5. Fase de oxidación
6. Tratamiento de micro filtración
7. Cámara de recirculación de fangos

