



1859

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS**  
**NATURALES NO RENOVABLES**



**TEMA:**

**ESTUDIO GEOLÓGICO - AMBIENTAL DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA  
PARROQUIA MANÚ DEL CANTÓN SARAGURO.**

Tesis previa a optar el Grado de  
Ingeniera en Geología Ambiental  
y Ordenamiento Territorial.

**AUTOR:**

Katty Cecibel Guamán Angamarca

**DIRECTOR:**

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

**LOJA - ECUADOR**

2015

## CERTIFICACIÓN

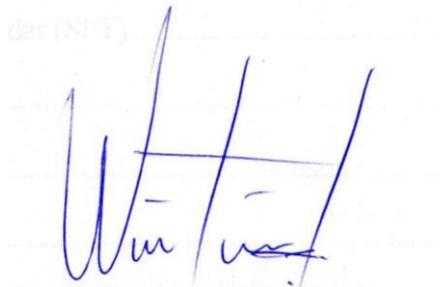
Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa “***ESTUDIO GEOLÓGICO-AMBIENTAL DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PARROQUIA MANÚ DEL CANTÓN SARAGURO.***”, previa a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, realizado por la señora egresada **Katty Cecibel Guamán Angamarca**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 05 de Enero del 2015.



Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo, **KATTY CECIBEL GUAMÁN ANGAMARCA** declaro ser autor intelectual 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 tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Autor:** Katty Cecibel Guamán Angamarca

**Firma:**



**Cedula de Identidad:** 110471810-9

**Fecha:** 05 de febrero del 2015

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIA O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, **KATTY CECIBEL GUAMÁN ANGAMARCA** declaro ser autor de la tesis titulada: **“ESTUDIO GEOLÓGICO - AMBIENTAL DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PARROQUIA MANÚ DEL CANTÓN SARAGURO.”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; 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 visibilidad de su contenido de la siguiente manera 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, a los 05 días del mes de febrero del dos mil quince, firma el autor.

**Firma:**



**Autor:** Katty Cecibel Guamán Angamarca

**Cédula:** 110471810-9

**Dirección:** Cdla. Pio Jaramillo Alvarado, calle Aztecas E/ Colorados y Cuauhtémoc

**Correo Electrónico:** katty.88edi@hotmail.es

**Teléfono:** 2582-782

**Celular:** 0988302098

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

**Tribunal de Grado:** Ing. Julio Eduardo Sigcho Romero, Mg. Sc.

Ing. Janine Elizabeth Asanza González, Mg. Sc

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por darme la vida, fortaleza y sabiduría necesaria en todo este periodo de formación y en cada segundo de mi vida, por permitirme estar cumpliendo este sueño, a mis padres que con su apoyo tanto económico e incondicional me impulsaron y supieron formar desde niña y ser la persona que ahora soy, gracias a mis hermanos y toda mi familia que de una u otra forma me supieron motivar con tan solo una palabra de aliento.

A mis hijos ya que son los motivadores de mi vida, mis ganas de luchar buscando su felicidad, gracias esposo mío como te he venido llamando y en eso llegaste a convertirme gracias por extender tu mano sin miedo a nada por darme tu apoyo incondicional y por estar presente en mi vida, gracias a Liliana, amiga mía siempre estuviste apoyándome, ayudándome en todo es decir en los buenos y malos momentos, gracias a todos que de una u otra forma apoyaron en todo este transcurso de mi formación profesional.

De manera especial agradezco a todos los docentes de la carrera que han sido pieza fundamental para este logro ya que con sus conocimientos impartidos han permitido desarrollar nuestras capacidades y han sabido formarnos profesionalmente, de forma especial al Ing. Walter Simón Tambo Encalada, que supo dirigir y guiar mi trabajo de tesis así como al Ing. Michael Valarezo, Ing. Julio Romero, Ing. Janine Asanza, Ing. Fermín González, por su asesoramiento, observaciones y sugerencias en el presente trabajo.

Gracias a Todos  
*Katty Cecibel Guamán Angamarca*

## **DEDICATORIA**

Todo este trabajo va dedicado a mis padres Nelson Guamán y Jenny Angamarca, que me han sabido enseñar las virtudes suficientes para luchar día a día y ser perseverantes ya que con mucho esfuerzo han hecho posible mis estudios, gracias por tanto amor sobre todo por darme una segunda oportunidad, a mis hermanos Fernando, José, Patricia, Jesica, quienes sin duda son importantes en mi vida y han estado compartiendo los buenos y malos momentos que se presentan en ella.

A mi gran amor, amigo y compañero que con su apoyo constante y amor incondicional ha sabido impulsarme en este periodo de mi carrera convirtiéndose en pilar principal para la culminación de la misma.

A mis hijos Génesis y Guido que son mi motor, mi fuerza, la luz que guiara siempre mi camino hacia un futuro mejor para ellos por quienes hare hasta lo imposible por mejorar su bienestar.

Con muchísimo amor este triunfo en mi vida profesional es para todos ellos y para quienes han estado presentes en mi vida

*Katty Cecibel Guamán Angamarca*

## TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
AUTORÍA .....	II
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
DEDICATORIA .....	V
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN .....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	4
ALCANCE .....	5
OBJETIVOS .....	6
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos.....	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1. Geología .....	7
4.2. Rocas Ígneas.....	7
4.3. Rocas Sedimentarias.....	8
4.4. Geomorfología.....	9
4.5. Geología Estructural .....	10
4.6. Estudios Geotécnicos .....	10
4.6.1. Mecánica de suelos .....	11
4.6.1.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT) .....	11
4.6.1.2. Contenido de Humedad.....	12
4.6.1.3. Límites de Atterberg.....	12
4.6.1.4. Análisis Granulométrico .....	13
4.6.1.5. Compresión Simple.....	14
4.6.1.6. Clasificación de Suelos.....	14
4.6.1.7. Permeabilidad de los Suelos.....	15
4.7. Aguas Residuales .....	16
4.7.1. Agua Residual .....	16
4.7.2. Características de las Aguas Residuales .....	16
4.7.3. Muestreo de Aguas Residuales .....	17
4.7.4. Índice de Calidad del Agua.....	18
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA .....	21
5.1. MATERIALES.....	21
5.2. METODOLOGÍA .....	22
5.2.1. Metodología para el primer objetivo.....	22
5.2.2. Metodología para el segundo objetivo.....	23

5.2.3.	Metodología para el tercer objetivo .....	26
6.	RESULTADOS .....	28
6.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	28
6.1.1.	Accesos .....	28
6.1.2.	Ubicación .....	29
6.1.3.	Topografía.....	30
6.1.4.	Clima .....	31
6.1.5.	Hidrografía .....	36
6.1.6.	Uso Actual del Suelo.....	36
6.2.	ESTUDIO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL .....	37
6.2.1.	Geología Regional .....	37
6.2.2.	Geología Local .....	40
6.2.3.	Geomorfología.....	42
6.3.	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	44
6.3.1.	Mecánica de suelos .....	44
6.3.1.1.	Técnica de Muestreo .....	44
6.3.1.2.	Contenido de Humedad.....	44
6.3.1.3.	Límites de Atterberg.....	45
6.3.1.4.	Granulometría.....	47
6.3.1.5.	Ensayos de permeabilidad .....	47
6.3.1.6.	Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T) .....	48
6.3.1.7.	Compresión Simple de Suelos.....	51
6.3.1.8.	Resumen de Resultados .....	52
6.3.1.9.	Interpretación Geológica – Geotécnica .....	53
6.4.	CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO RESIDUAL.....	59
6.4.1.	Muestreo del Agua Residual. ....	59
6.4.2.	Comparación de los resultados obtenidos con el Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes al Recurso Agua.....	61
6.4.3.	Cálculo del Índice de Calidad Agua.....	66
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	73
8.	CONCLUSIONES.....	76
9.	RECOMENDACIONES.....	78
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	79
11.	ANEXOS.....	82

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.- Clasificación de los principales grupos de rocas ígneas según su composición mineral y su textura.	8
Figura 2.- Identificación de las rocas sedimentarias.	9
Figura 3.- Vista aérea del acceso hacia la Parroquia San Antonio de Manu.	28
Figura 4.- Mapa de ubicación del sector de estudio.	29
Figura 5.- Vista aérea de la ubicación del proyecto.	30
Figura 6.- Representación del Ciclo Hidrológico	33
Figura 7.- Balance Hídrico de la Parroquia Manú	35
Figura 8.- Mapa Geológico Regional del área de Estudio	39
Figura 9.- Geomorfología del Área de Estudio	42
Figura 10.- Utilización de la herramienta Hillshade del ArcGis 10.1	43
Figura 11.- Material Arcillo limoso resultados del SPT a los 2 m.	50
Figura 12.- Compresión Simple del suelo.	51
Figura 13.- Curva Esfuerzo vs Deformación.	51
Figura 14.- Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento (según Krumbein y Sloss, 1955).	55
Figura 15.- Gráfica de resultados del Límite Líquido	55
Figura 16.- Resultados de la Compresión Simple.	56

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1.- Parámetros que se analizarán en el laboratorio	27
Cuadro 2.- Clases, rangos y descripción de pendientes	31
Cuadro 3.- Resultado del SPT	50
Cuadro 4.- Grado de meteorización de las rocas (ISRM) Sociedad Internacional de Mecánica de rocas.	53
Cuadro 5.- Valores de consistencia de los materiales con respecto a los valores SPT.	54
Cuadro 6.- Valores orientativos de NSPT, resistencia a la compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).	56
Cuadro 7.- Clasificación de materiales por su naturaleza y su comportamiento al ser excavados	58
Cuadro 8.- Ficha para la recolección de la muestra de agua	60
Cuadro 9.- Clasificación del ICA propuesto por Bascaran.	71

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.- Índice de Calidad del Agua	20
Tabla 2.- Datos Meteorológicos mensual y anual en °C, periodo 2001 - 2011.	32
Tabla 3.- Ubicación de puntos de afloramientos.	40
Tabla 4.- Resultados del contenido de humedad	45
Tabla 5.- Resultado de los Límites de Atterberg.	46
Tabla 6.- Resultados del análisis granulométrico	47
Tabla 7.- Resultados del ensayo de permeabilidad	48
Tabla 8.- Resumen de datos de campo, de laboratorio y resistencias obtenidas.	52
Tabla 9.- Criterios para la determinación y posible catalogación de arcillas expansivas	57
Tabla 10.- Valores relativos de permeabilidad (K).	58
Tabla 11.- Resultados obtenidos de los parámetros físicos de la muestra 1 y 2.	62
Tabla 12.- Resultados obtenidos de los parámetros químicos de la muestra 1 y 2.	62
Tabla 13.- Límite máximo permisible para la preservación de flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Superficiales muestra 1 y 2.	64
Tabla 14.- Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 1	67
Tabla 15.- Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 1.1	68
Tabla 16.- Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 2.	69
Tabla 17.- Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 2.1.	70

## **1. TÍTULO**

Estudio Geológico - Ambiental del Área de Emplazamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Parroquia Manú del Cantón Saraguro.

## 2. RESUMEN

Los resultados presentados en el siguiente trabajo hacen referencia al Estudio Geológico – Ambiental del área de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que se ubica en la Parroquia Manú perteneciente al cantón Saraguro. El estudio se lo realiza en base a la necesidad de conocer las características geológicas - geotécnicas del terreno presentes en la zona, lo cual conlleva a la confirmación de su aptitud para la cimentación, dentro de los estudios realizados se encuentran principalmente el mapa topográfico a detalle a escala 1:1000 para posteriormente sobreponer los datos levantados en el campo en la identificación de los afloramientos presentes en el sector y elaborar el mapa geológico, para una mejor perspectiva de los parámetros fundamentales para la cimentación se tiene la necesidad de recurrir a la realización del ensayo geotécnico para el lugar de emplazamiento y finalmente el análisis del agua residual con fines de riego teniendo en cuenta los objetivos propuestos del proyecto.

El área levantada consta de 1.38 Ha., la cual se encuentra geológicamente constituida por depósitos Cuaternarios: de origen coluvial conformado por clastos subangulosos con matriz limo arenosa y de origen eólico representado por el estrato de limo arcillo-arenoso, que en base a los resultados geotécnicos se encuentra inmerso dentro de la clasificación de arcilla limosa y arena arcillosa de acuerdo a la nomenclatura SUCS y materiales finos en base a la clasificación ASHTO.

Los análisis realizados al recurso agua residual se basan en determinar que parámetros se encuentran en mayor grado de contaminación para su posterior tratamiento de desinfección, en los cuales se determinó que los parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles propuestos por la norma general TULSMA de calidad ambiental son: coliformes fecales, coliformes totales, potencial hidrógeno, grasas y aceites cuyos parámetros son característicos de agua residual doméstica, en este estudio se incluye también el análisis propuesto por Bascaran en la cual se escoge nueve parámetros para someterlos a una ponderación con la finalidad de determinar su Índice de Calidad Ambiental, en este caso se encuentra altamente contaminado de manera que requiere de un tratamiento de desinfección inmediato para su posterior uso en las actividades productivas de los pobladores ubicados en zonas aguas abajo.

## SUMMARY

The results presented in the following work refer to the Geological Study - Environmental of the area of construction of the Plant of Treatment of Waste water that is located in the Parish Manú belonging to the canton Saraguro. The study realizes it on the basis of the need to know the geological characteristics - geotechnical of the area present in the zone, which carries to the confirmation of his aptitude for the foundation, inside the realized studies they find principally the topographic map to detail to scale 1:1000 later to superimpose the information raised in the field in the identification of the present outcrops in the sector and to elaborate the geological map, for a better perspective of the fundamental parameters for the foundation there is had the need to resort to the accomplishment of the geotechnical test for the place of emplacement and finally the analysis of the residual water with ends of irrigation having in it counts the aims proposed of the project.

The elevated area consists of 1.38 Ha., which is geologically constituted by Quaternary warehouses: of origin coluvial shaped for clastos subangular with counterfoil I smooth sandy and of wind origin represented by the stratum of arcillo-sandy slime, which on the basis of the geotechnical results is immersed inside the classification of slimy clay and areno clayey in agreement to the nomenclature SUCS and thin materials on the basis of the classification ASHTO.

The analyses realized to the resource residual water are based in determining that parameters are in major degree of pollution for his later treatment of disinfection, in which it decided that the parameters that exceed the maximum permissable limits proposed by the general TULSMA norm of environmental quality are: coliformes fecal, coliformes total, potential hydrogen, fats and oils which parameters are typical of residual domestic water, in this study includes also the analysis proposed by Bascaran in which nine parameters are chosen to submit them to a weighting with the purpose of determining his Index of Environmental Quality, in this case it is highly contaminated so that it needs of an immediate treatment of disinfection for his later use in the productive activities of the settlers located in zones downstream.

### 3. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el incremento poblacional ha dejado como consecuencia una expansión de manera desordenada tanto en las zonas urbanas como rurales, de esta realidad no se aleja la Parroquia Manú del Cantón Saraguro la que según datos expresos del INEC (2010) cuenta con una población de 2.477 habitantes, teniendo un incremento poblacional desde los años 1990 a 2010 de 0.50%, razón por la cual las necesidades básicas en las poblaciones aumenta y con ellas la eliminación de residuos, que si no son tratados de una manera responsable se convierten en contaminantes del ambiente, siendo el agua uno de los recursos que más se ve afectado, ya que en el país no existe un tratamiento de las aguas negras antes de tener un contacto con los efluentes naturales causando alteraciones en la composición natural del agua; recurso muy utilizado en la zona de estudio como agua de riego de las plantaciones típicas de la zona, de igual manera ha desarrollado que el impacto del hombre sobre la hidrósfera vaya superando ampliamente su capacidad de auto-depuración y ha traído como consecuencia la pérdida de la calidad del agua como recurso fundamental del mismo.

La contaminación de las aguas viene desde tiempos atrás, pero en los últimos años este problema se ha extendido en todo el mundo, ya que el agua utilizada es canalizada a través de redes de alcantarillado y colectores que en su mayoría son desembocados directamente hacia quebradas, ríos, lagos o al mar; conteniendo gran variedad de contaminantes ya sea por residuos industriales o en su mayoría por grandes cantidades de desechos orgánicos derivados por el hombre; los cuales contaminan el agua provocando y transmitiendo una serie de enfermedades debido a que muchas veces son utilizadas en la agricultura para riego sin antes haber tenido algún control o en su defecto haber sido tratadas para eliminar los desechos orgánicos.

Por lo anteriormente expuesto nace el interés de realizar la obra de construcción como lo es la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales y con ello disminuir en parte la contaminación de los efluentes naturales. La ejecución de las obras de construcción conllevan siempre el estudio del suelo en el cual va a ser implementado el proyecto ya que los estudios geológicos-geotécnicos son fundamentales antes de iniciar cualquier tipo de obra y dentro de las obras de ingeniería son muy importantes debido a que con una buena información acerca de la base geológica-geotécnica desde su planificación permite reducir los riesgos en su construcción, conservación y ejecución, disminuyendo muchas veces la

inversión planificada en tiempo y dinero en las áreas a ejecutarse los proyectos de construcción.

Con la realización del presente proyecto se verá beneficiada indirectamente toda la población de la parroquia Manú, debido a que podrán utilizar el agua para sus actividades productivas sin ningún riesgo, coadyuvando al bienestar de la salud de los pobladores ya que al momento de intercambiar sus productos estos ya no se encontraran contaminados por el agua residual no tratada y de forma directa las comunidades que se encuentran situadas aguas abajo como son los barrios el Prado, la Esperanza, Paraíso, Bellavista, Loma de la Cruz que serían las principales afectadas debido al acarreo de contaminantes por efluentes naturales.

### **ALCANCE**

El objeto del presente proyecto es realizar el análisis geológico-geotécnico del área de emplazamiento ya que son las bases indispensables para la cimentación de la planta y con ello determinar que estas posean las condiciones aptas para su implementación así como determinar las características física, química y biológicas del agua residual para su posterior tratamiento y con ello pueda usarse en la agricultura ya que actualmente se encuentran vertidas hacia la quebrada sin poseer ningún tratamiento de desinfección.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- ✓ Realizar un Estudio Geológico-Ambiental en el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la parroquia Manú del cantón Saraguro.

### **Objetivos Específicos**

1. Realizar el estudio geológico estructural a detalle del área de emplazamiento para la planta de tratamiento de aguas residuales.
2. Establecer e interpretar en base a ensayos de laboratorio los parámetros geotécnicos del área de emplazamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
3. Analizar las características del recurso hídrico residual que actualmente es destinado para uso de riego.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Geología**

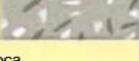
La palabra geología proviene de los vocablos griegos geo, que significa tierra, y logos, tratado, lo que significa que por etimología la geología es el tratado de la tierra.

Meléndez y Fuster (1991) definen la geología como “la ciencia que estudia la tierra, su composición, su estructura y los fenómenos de toda índole que en ella tienen lugar incluyendo su pasado, mediante los documentos que de ellos han quedado en las rocas.

### **4.2. Rocas Ígneas.**

Edward J. Tarbuck y Frederick K. Lutgens (2005). Las rocas ígneas forman la mayor parte de la corteza terrestre. De hecho, con la excepción del núcleo exterior líquido, la porción sólida restante de nuestro planeta es básicamente una enorme roca ígnea parcialmente cubierta por una delgada capa de rocas sedimentarias. Por consiguiente para comprender la estructura, composición y funcionamiento interno de nuestro planeta, es esencial un conocimiento básico de las rocas ígneas definiéndolas de la siguiente manera, rocas ígneas (ignis = fuego) se forman conforme se enfría y solidifica una roca fundida. Abundantes pruebas apoyan el hecho de que el material parental de las rocas ígneas, denominado magma, se forma por un proceso denominado fusión parcial. La fusión parcial se produce a varios niveles dentro de la corteza terrestre y el manto superior a profundidades que pueden superar a los 250 kilómetros.

Las rocas ígneas que se forman cuando se solidifica la roca fundida en la superficie terrestre se clasifican como extrusivas (ex = fuera; trudere = empujar) o volcánicas (de Vulcano, el dios de fuego). El magma que pierde su movilidad antes de alcanzar la superficie acaba cristalizando en profundidad. Las rocas ígneas que se forman en profundidad se denominan intrusivas (in = dentro; trudere = empujar) o plutónicas (de Plutón, el dios del mundo inferior en la mitología clásica). Las rocas ígneas intrusivas nunca se observaran si la corteza no ascendiera y las rocas caja no fueran eliminadas por la erosión.

Composición química		Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica	
Minerales dominantes		Cuarzo Feldespatos potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Anfibol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno	
Minerales accesorios		Anfibol Moscovita Biotita	Piroxeno Biotita	Anfibol Olivino	Plagioclasa rica en calcio	
T E X T U R A	Fanerítica (grano grueso)		Granito	Diorita	Gabro	Peridotita
	Afanítica (grano fino)		Riolita	Andesita	Basalto	Komatita (poco común)
	Porfídica		«Porfídico» precede cualquiera de los nombres anteriores siempre que haya fenocristales apreciables			
	Vítrea		Obsidiana (vidrio compacto) Pumita (vidrio vacuolar)			Poco comunes
	Piroclástica (fragmentaria)		Toba (fragmentos de menos de 2 mm) Brecha volcánica (fragmentos de más de 2 mm)			
Color de la roca (basado en el % de minerales oscuro)		0% a 25%	25% a 45%	45% a 85%	85% a 100%	

**Figura 1.-** Clasificación de los principales grupos de rocas ígneas según su composición mineral y su textura. Las rocas de grano grueso son plutónicas y solidifican en profundidad debajo de la superficie. Las rocas de grano fino son volcánicas o solidifican como pequeños plutones. Las rocas ultramáficas son oscuras y densas, compuestas casi en su totalidad por minerales que contienen hierro y magnesio. Aunque son relativamente poco comunes en la superficie terrestre, estas rocas son constituyentes principales del manto superior.

**Fuente:** Edward J. Tarbuck y Frederick K. Lutgens (2005).

### 4.3. Rocas Sedimentarias.

Tucker (1981), define a rocas sedimentarias como el resultado de un largo conjunto de procesos, que van desde la destrucción de otras rocas preexistentes en la superficie terrestre por la acción de agentes tan diversos como el dióxido de carbono y/o el vapor de agua atmosféricos (meteorización) y la eliminación de los residuos de esas acciones (la erosión) hacia otro lugar mediante un transporte más o menos largo, hasta la acumulación de esas partículas (la sedimentación) en otro punto de la superficie terrestre (el medio sedimentario).

Participan de todo ello también los procesos encargados de transformar el resultado de esa sedimentación (los sedimentos) en una unidad compacta y relativamente rígida, la roca estrictamente, mediante aplastamiento (compactación) y/o pegado de unas partículas a otras (cementación), que se engloban dentro de lo que se conoce como diagénesis. El resultado de ello, la roca sedimentaria es un producto particular, tangible y objetivo, caracterizado por la existencia en ella de una serie de materiales cuya presencia viene condicionada por la naturaleza y la intensidad de los procesos que han intervenido en su génesis.

Rocas sedimentarias detríticas				Rocas sedimentarias químicas			
Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca	Composición	Textura	Nombre de la roca	
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado	Calcita, CaCO <sub>3</sub>	No clástica: cristalino de fino a grueso	Caliza cristalina	
		Grava (clastos angulosos)	Brecha			Travertino	
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena	Arenisca		Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón visibles, cementados débilmente	Coquina	b i o q u i z i c a
		(Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)			Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón de diversos tamaños cementados con cemento de calcita	Caliza fosilífera	
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)	Limo	Limolita	Clástica: caparazones y arcilla microscópicos		Creta		
Muy fino (menos de 1/256 mm)	Arcilla	Lutita					
					Cuarzo, SiO <sub>2</sub>	No clástica: cristalino muy fino	Rocas silíceas (silix) (color claro) Pedernal (color oscuro)
					Yeso, CaSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O	No clástica: cristalino de fino a grueso	Yeso
					Halita, NaCl	No clástica: cristalino de fino a grueso	Salgema
					Fragmentos vegetales alterados	No clástica: materia orgánica de grano fino	Hulla

**Figura 2.-** Identificación de las rocas sedimentarias. Las rocas sedimentarias se dividen en dos grupos principales, detríticas y químicas, según el origen de sus sedimentos. El principal criterio para denominar las rocas sedimentarias detríticas es el tamaño de los clastos, mientras que la distinción entre las rocas sedimentarias químicas se basa, primordialmente, en su composición mineral.

**Fuente:** Edward J. Tarbuck y Frederick K. Lutgens (2005).

#### 4.4. Geomorfología

El estudio sistemático de las formas de relieve de la tierra se denomina geomorfología que proviene de las raíces griegas: geo = tierra, morphe = forma y logia = ciencia; pero bien puede llamarse “el estudio del relieve”. “La geomorfología en su definición más comprensible implica conocer las formas actuales de los terrenos (valles, montañas, colinas, pendientes, valles aluviales, entre otros.), como un producto de eventos geológicos y morfodinámicos de origen natural de carácter regional o local, y que en los últimos siglos y años, han estado siendo sometidas a fenómenos naturales que modifican el paisaje, generan erosión, producen sedimentos, forman depósitos en los valles y laderas cambiando el relieve y el paisaje y como resultado afectan a la superficie terrestre”.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> MORENO Manuel (2002). Geología y Geomorfología. Instituto de Investigaciones Ambientales Universidad de Colombia. 123, pp.

#### **4.5. Geología Estructural**

Es parte de la ciencia geológica que estudia la arquitectura de la tierra, el desarrollo de los procesos mecánicos y los movimientos de la corteza terrestre las deformaciones y las causas que originaran estas formas que presentan actualmente.

W.Griem y S.Griem-Klee (1999) incluyen a todos los procesos y elementos los cuales están relacionados a las fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre. En la geología estructural se analiza estructuras geológicas especialmente tectónicas para aclarar la acción de fuerzas dirigidas durante la historia geológica, las fuerzas tectónicas no solamente forman depósitos, también afectan a los depósitos sí la actividad tectónica actuó después de la formación del yacimiento. En este caso se realizan estudios tectónicos para aclarar las deformaciones y desplazamientos que han ocurrido adentro del yacimiento, después de la metalogénesis.

#### **4.6. Estudios Geotécnicos**

Rodríguez J., SERRA J., OTEO C. (1984), definen al estudio geotécnico como el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno, necesaria para la redacción de un proyecto de construcción, que se realiza previamente a un proyecto de construcción y tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación.

Según M.C Torres Suárez (2002), el estudio geotécnico es una de las herramientas principales en la Edificación para garantizar la calidad y la seguridad en la construcción que conlleva un conjunto de actividades que comprende las investigaciones del subsuelo, los análisis y las recomendaciones de ingeniería para el diseño y construcción de obras en contacto con el suelo o la roca, de tal forma que se garantice el comportamiento adecuado de la edificación y se protejan las vías aledañas, las instalaciones de servicios públicos, los predios y construcciones vecinas.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, enuncia que “El estudio geotécnico es el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno, necesaria para la redacción de un proyecto de construcción”.

El resultado de este estudio es establecer unas recomendaciones concretas y suficientemente fiables sobre las características de resistencia y de deformación del suelo, así como una serie de recomendaciones constructivas.

El estudio obligatorio consta principalmente de dos estudios: el sondeo y la calicata.

- ▀ Calicata: es el estudio más básico, mide la dureza del terreno utilizando una máquina con una especie de martillo mecánico que va clavando puntales en el suelo y que puede llegar a 10m de profundidad aproximadamente (depende de la dureza del terreno pueden parar antes).
- ▀ Sondeo: es el estudio más avanzado, con el que tardan más tiempo, porque a la vez que van clavando los puntales van sacando tubos de tierra de las distintas profundidades. Con esto luego realizan en laboratorio pruebas de dureza, compresión del material y demás estudios.<sup>2</sup>

#### **4.6.1. Mecánica de suelos**

TERZAGHI Karl (1882-1963), define a la Mecánica de Suelos como la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas.

##### **4.6.1.1. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)**

“La realización del ensayo SPT (Standard Penetration Test, Ensayo Normal de Penetración) desarrollado por Terzagui a finales de los años 20, es el ensayo in situ más popular y económico para obtener información geotécnica del subsuelo; se estandarizó desde 1958 como el ASTM D-1586, consiste en clavar 60 centímetros en el terreno un cono normalizado, contando el número de golpes necesarios para penetrar tramos de 15 cm., se realiza mediante una maza de 63.5 kg., que cae desde una altura de 76 cm. Los valores de golpeo de los dos tramos centrales de 15 cm., sumados nos dan el parámetro  $N_{spt}$ , con el cual se puede determinar resistencia a la penetración y la presión admisible. Cuando el

---

<sup>2</sup> MARTÍNEZ Guaiquire, PEREIRA Gloria, YERIMAR Josefina (2010). Importancia del Estudio del Suelo para la determinación de fundaciones en obras civiles. Universidad del Oriente de Anzoátegui. 58, pp.

terreno es muy resistente para la prueba cuando se aplican 50 golpes para un tramo de 15 cm (RECHAZE, R) anotando la penetración realizada”.<sup>3</sup>

El parámetro NSPT nos permite calcular la resistencia a la penetración dinámica por punta y se correlaciona con los parámetros geomecánicos. Este ensayo se realiza en depósitos de suelo arenoso y de arcilla blanda; no es recomendable llevarlo a cabo en depósitos de grava, roca o arcilla consolidada, debido a los daños que podría sufrir el equipo de perforación al introducirlo dentro de dichos estratos.

#### **4.6.1.2. Contenido de Humedad**

JUÁREZ B., RODRIGUEZ R. (2005), indica que el contenido de agua de un suelo es la relación entre agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida, y se expresa en forma de porcentaje. Este puede variar entre 0 e  $\infty$  dependiendo de las condiciones de humedad del sitio donde se localice el suelo. La cantidad de agua se obtiene mediante la diferencia de peso entre el suelo en estado natural y el suelo secado en el horno. La relación que expresa la humedad de un suelo es la siguiente:

$$w \% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde  $W_w$  es el peso de agua contenida en la muestra suelo,  $W_s$  es el peso de la fase sólida de la muestra de suelo y  $W$  el peso total de la muestra de suelo.

#### **4.6.1.3. Límites de Atterberg**

“Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, este puede fluir como semilíquido. Si el suelo es secado gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de agua. Este, en por ciento (%), con el que el suelo cambia de un estado líquido a un estado plástico se define como límite líquido (LL). Igualmente los contenidos de agua, en por ciento (%), con el que el suelo cambia de un estado plástico a un semisólido y de un semisólido a un sólido se definen como

---

<sup>3</sup> [ftp://ftp.unicauca.edu.co/Ensayo\\_de\\_Penetracion\\_Estandar\\_\(SPT\)](ftp://ftp.unicauca.edu.co/Ensayo_de_Penetracion_Estandar_(SPT)).

el límite plástico (LP) y el límite de contracción (SL), respectivamente. Estos se denominan límites de Atterberg<sup>4</sup>.

- **Límite Líquido** de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de ½ in (12.7mm) mediante 25 golpes.
- **Límite Plástico** se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rodillo de ½ pulg. (3.18mm) de diámetro (Designación de Prueba D-4318 de la ASTM).
- **Límite de Contracción** se define como contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua.

La diferencia entre límite líquido y el límite plástico de un suelo se define como índice de plasticidad (IP). Sin embargo los límites de Atterberg para varios suelos variarán considerablemente, dependiendo del origen del suelo y de la naturaleza y cantidad de minerales arcillosos.

$$PI = LL - LP$$

#### 4.6.1.4. Análisis Granulométrico

Para clasificar apropiadamente un suelo se debe conocer su distribución granulométrica, es decir la distribución en porcentaje de los diferentes tamaños dentro del suelo. El análisis granulométrico según Das (2001), es la determinación del rango de tamaños de partículas presentes en un suelo, como un porcentaje del peso seco total.

Berry & Reid (1993) indican la posibilidad de expresar la gradación numéricamente mediante el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) y el coeficiente de curvatura ( $C_z$ ), que se definen, respectivamente, de la siguiente manera:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

---

<sup>4</sup> <http://www.slideshare.net/Principios-de-Ingenieria-de-Cimentaciones>.

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$$

Donde D10, D30 y D60 son los tamaños de partícula para los cuales el 10, 30 y 60% del material, respectivamente, es más fino que esos tamaños. De acuerdo con el sistema de clasificación SUCS, los suelos se clasifican como bien gradados si  $C_u > 4$  ó  $6$  y  $1 < C_z < 3$ .

#### 4.6.1.5. Compresión Simple

Se basa en determinar la resistencia a la compresión no confinada ( $q_u$ ), de un cilindro de suelo cohesivo o semi-cohesivo, e indirectamente la resistencia al corte ( $q_c$ ).

$$q_c = \frac{q_u}{2} \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

Este cálculo se basa en el hecho de que el esfuerzo principal menor es cero (ya que al suelo lo rodea sólo la presión atmosférica) y que el ángulo de fricción interno ( $\phi$ ) del suelo se supone cero.

#### 4.6.1.6. Clasificación de Suelos

Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado.

“La clasificación del suelo es de suma importancia para la creación del modelo geotécnico y el diseño de cimentaciones en un terreno en específico, debido a que se requiere conocer el tipo de suelo en el lugar a realizar la futura obra de índole civil, ya que se debe realizar un estudio sobre las capacidades de carga y asentamientos generados sobre los estratos de suelo, de tal forma que éstos posean las propiedades necesarias para el soporte de la estructura”.<sup>5</sup>

Los sistemas de clasificación de suelos más utilizados actualmente son:

---

<sup>5</sup> [http://www.uned.es/Mecánica\\_del\\_Suelo\\_y\\_Cimentaciones](http://www.uned.es/Mecánica_del_Suelo_y_Cimentaciones)

- **Clasificación de suelos AASHTO**

“Está basado en características de estabilidad de los suelos empleados en la construcción de caminos, se fundamenta en distribución granulométrica, límite líquido y límite plástico; clasifica los suelos por la granulometría en un triángulo de textura considerando el contenido de arena, limo y arcilla. De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8. En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8”.<sup>6</sup>

- **El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

Según Das (2001), para clasificar apropiadamente un suelo utilizando este sistema, deben conocerse el porcentaje de grava, el porcentaje de arena, el porcentaje de limo y arcilla, los coeficientes de uniformidad y curvatura y el límite líquido e índice de plasticidad. Los primeros cinco datos se obtienen a partir de un análisis granulométrico.

El método SUCS presenta diversa nomenclatura; para suelos granulares, las siglas son G (grava), S (arena), W (bien graduada) y P (mal graduada). Para suelos finos la nomenclatura es M (limo), C (arcilla), H (alta compresibilidad) y L (baja compresibilidad). Y para los suelos orgánicos la sigla es Pt (turba).

#### **4.6.1.7. Permeabilidad de los Suelos**

“El ensayo determina el coeficiente de permeabilidad (K) de una muestra de suelo granular o cohesiva, entendiendo por permeabilidad, la propiedad de un suelo que permite el paso del agua a través de sus vacíos, bajo la acción de una carga hidrostática. No todos los suelos tienen la misma permeabilidad, de ahí que se los haya dividido en suelos permeables e impermeables, estos últimos son generalmente suelos arcillosos, donde la cantidad de escurrimiento del agua es pequeña y lenta.

La importancia de este coeficiente, es vital para poder determinar por ejemplo: la capacidad de retención de aguas de presas o embalses de tierra, la capacidad de las bombas para rebajar

---

<sup>6</sup> Das B. (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Thomson Learning.

el nivel freático en una excavación y para poder determinar la velocidad de asentamiento de una estructura al escurrir el agua, entre otros”.<sup>7</sup>

## **4.7. Aguas Residuales**

### **4.7.1. Agua Residual**

Según METCALF Eddy (1985), las aguas residuales son una combinación de líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes de residencias, instituciones públicas, así como de centros comerciales e industriales, a las que eventualmente, pueden agregarse aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

“Las aguas residuales pueden definirse como el conjunto de aguas que lleva elementos extraños, ya sea por causas naturales o provocadas de forma directa o indirecta por la actividad humana, también son llamadas aguas negras o aguas cloacales, estando compuestas por una combinación de:

- Líquidos de desagüe de viviendas, comercios, edificios de oficinas e instituciones.
- Líquidos efluentes de establecimientos industriales
- Líquidos efluentes de instalaciones agrícolas y ganaderas.
- Aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que circulan por calles, espacios libres, tejados y azoteas de edificios que pueden ser admitidas y conducidas por las alcantarillas”.<sup>8</sup>

### **4.7.2. Características de las Aguas Residuales**

La composición del agua residual debe conocerse antes del tratamiento para obtener un resultado satisfactorio. La caracterización del agua residual permite saber el grado de contaminación que cada elemento posee tanto físicos, químicos y biológicos, suministrando información precisa para establecer los parámetros necesarios para el diseño de una planta de tratamiento eficaz.

---

<sup>7</sup> Terzaghi K. y Peck Rv. 1980, Mecánica Teórica de Suelos en la Ingeniería Práctica, 663 pp.

<sup>8</sup> <http://es.scribd.com/Definicion-Aguas-Residuales>.

Las sustancias que modifican los factores físicos, pueden no ser tóxicas en sí mismas, pero modifican las características físicas del agua afectando la biota acuática. Entre las características físicas más importantes del agua residual son los sólidos sedimentables, olor, pH, temperatura, densidad, color y la turbiedad.

Las características químicas están definidas por sus componentes orgánicos, inorgánicos y gaseosos. Los componentes orgánicos pueden ser de origen vegetal o animal entre los cuales los más principales son las proteínas, hidratos de carbono, grasas y aceites. Dentro de los compuestos inorgánicos más importantes a tomar en cuenta son las sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas.

Las aguas residuales contienen también diversos gases en diferentes concentraciones en los cuales los más destacados son el oxígeno disuelto, ácido sulfhídrico, anhídrido carbónico, metano, otros gases como los ácidos grasos volátiles, indol, escatol y otros derivados del nitrógeno.

Las características biológicas están representadas por una gran variedad de organismos vivos de elevada capacidad metabólica y con gran capacidad de descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica; siendo el componente orgánico el medio de cultivo que les permite desarrollar los microorganismos que encierran ciclos biogeoquímicos de los elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo y azufre. Los organismos que especialmente se encuentran en las aguas residuales son algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, nematodos, anélidos, larvas entre otros.

#### **4.7.3. Muestreo de Aguas Residuales**

“El muestreo se podría definir como el proceso de selección de una pequeña porción de material, representativo del medio, el cual será transportado y manipulado posteriormente en el laboratorio. La muestra deberá ser homogénea, representativa y no modificar las propiedades físico-químicas o biológicas del agua. El volumen de la muestra depende fundamentalmente de las sustancias objeto de estudio y de la concentración esperada, siendo los volúmenes más habituales los comprendidos entre 1 y 2 litros, el correcto almacenamiento de las muestras es crucial para asegurarse de que los analíticos no se han transformado antes de realizar el análisis. Debe asegurarse, en la medida de lo posible, que

tanto el recipiente como el cierre del envase, no sean capaces de alterar la composición de las muestras, bien por disolución, adsorción o reacción. Las botellas de vidrio ámbar, son las más recomendadas y frecuentemente utilizadas para el muestreo de micro-contaminantes orgánicos en aguas ambientales. Estos envases evitan la posible degradación por radiación UV y deben ser lavadas previamente con agua destilada y la misma agua del muestreo.

Sin embargo, para el muestreo de metales en aguas el material de elección para el recipiente es el plástico, ya que evita que éstos se queden adheridos a las paredes del mismo, así como el intercambio de metales que se produciría en una botella de vidrio, el procedimiento habitual para el almacenamiento de las muestras es conservarlas en la oscuridad y en el frío (a unos 4°C) hasta su análisis.

La eficaz realización de un análisis empieza con el cuidado que se debe tener al tomar la muestra de agua residual. Las diversas muestras que se pueden obtener son las siguientes:

- **Simples:** Muestras representativas tomadas de una fuente o masa de agua de composición constante, tanto en el tiempo como en el espacio, se toma en un sitio determinado y una sola vez; se utiliza para determinar parámetros de calidad de agua.
- **Compuestas:** Son las mezclas de muestras simples recogidas en el mismo punto en distintos momentos, cuyo volumen en la composición es proporcional al caudal. Se suelen denominar como muestras compuesta-tiempo.”<sup>9</sup>

#### 4.7.4. Índice de Calidad del Agua

El Índice de Calidad del Agua “Water Quality Index” (WQI), fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos, por medio del uso de la técnica de investigación Delphi de la “Rand Corporation’s” (Ball y Church 1980).

Consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color.

---

<sup>9</sup> [http://www.consolider-tragua.com/documentos/protocolo\\_muestreo\\_analisis](http://www.consolider-tragua.com/documentos/protocolo_muestreo_analisis).

Su ventaja radica, en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Consecuentemente, un índice de calidad de agua es una herramienta comunicativa para transmitir información.

Adoptando como indicador general, el índice de Calidad del Agua (ICA), basado en la ponderación matemática de Martínez de Bascaran (1979), que proporciona un valor global de la calidad del agua:

$$ICA = K \frac{\sum C_i P_i}{\sum P_i}$$

Dónde:

- Ci = valor porcentual asignado a los parámetros.
- Pi = peso asignado a cada parámetro.
- K = constante que toma los siguientes valores:
  - 1,00 para aguas claras sin aparente contaminación.
  - 0,75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural.
  - 0,50 para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.
  - 0,25 para aguas negras que presenten fermentaciones y olores.

En base al contexto el resultado obtenido se lo ubica de acuerdo al rango de clasificación del Índice de Calidad del Agua de acuerdo al criterio general como se presenta a continuación en la tabla 1:

**Tabla 1.- Índice de Calidad del Agua**

<b>RAZÓN</b>	<b>CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA (ICA) %</b>
<b>Agua Limpia – Excelente</b>	<b>100</b>
<b>Muy Buena – Aceptable</b>	<b>85 -95</b>
<b>Buena Para Consumo Humano. Bajo Tratamiento Convencional</b>	<b>85 - 75</b>
<b>Utilizable Bajo Tratamiento Específico</b>	<b>75 – 60</b>
<b>Mala</b>	<b>60 – 50</b>
<b>Pésima</b>	<b>&lt; 50</b>

**Fuente:** Martínez de Bascaran (1979)

## 5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 5.1. MATERIALES

Para trabajo de Campo:

- ⊕ GPS Garmin.
- ⊕ Estación Trimble (GPS 5800 R4).
- ⊕ Cámara fotográfica.
- ⊕ Brújula Brunton.
- ⊕ Martillo Geológico.
- ⊕ Lupa de bolsillo de 30x.
- ⊕ Ácido clorhídrico.
- ⊕ Carta Geológica de Saraguro escala 1:100.000
- ⊕ Libreta de Campo.
- ⊕ Envases Esterilizados.
- ⊕ Etiquetas.
- ⊕ Marcadores.
- ⊕ Termómetro.
- ⊕ Guantes.

Para el trabajo de gabinete:

#### HARDWARE

- ⊕ Un ordenador.
- ⊕ Impresora.
- ⊕ Plotter HP.

#### SOFTWARE

- ⊕ CivilCAD 2010.
- ⊕ AutoCAD 2013.

## 5.2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente estudio se recurrió al uso del Método Científico, que es el procedimiento idóneo que se utiliza en la investigación para descubrir la existencia de los procesos, generalizar y profundizar los conocimientos adquiridos, llegar a demostrarlos con fundamentos y comprobarlos en el experimento y técnicas de su aplicación para finalmente publicar todos los resultados obtenidos.

A continuación se detalla la metodología a emplearse para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

### 5.2.1. Metodología para el primer objetivo

*“Realizar el estudio geológico estructural a detalle del área de emplazamiento para la planta de tratamiento de aguas residuales.”*

Primeramente se procedió a realizar un levantamiento topográfico a detalle con la utilización de la Estación Trimble GPS 5800 R4, cuyos datos dan como resultados las coordenadas en sus tres ejes, que posterior fueron procesados en oficina con la ayuda del software de AutoCAD 2013, en el cual se genera el mapa topográfico base, proyectado con el Datum WGS84, a escala 1:1000.

El levantamiento geológico se lo efectuó mediante la observación directa en el campo, es decir ubicando a su alrededor sitios de origen natural o antrópico en los cuales se pueda evidenciar la geología del sector, para ello se utilizó las fichas para la descripción de afloramientos, que es una herramienta fundamental de campo donde se ubica cada detalle de la litología presente en el sector; los materiales presentes en cada afloramiento ya sean rocas u otros componentes, estructura de los materiales (presencia de capas), geometría, fracturación, color, con la utilización del ácido clorhídrico la determinación de la existencia de carbonatos, así mismo se procede a realizar la toma de las medidas estructurales como es dirección, rumbo y buzamiento de los estratos en el caso que existan estos parámetros con la utilización de la brújula, de igual forma se tomó el punto de ubicación con GPS y finalmente se realizó la medición de cada estrato.

Toda la información obtenida en el campo fue ratificada en oficina mediante la información de la carta Geológica de Saraguro a escala 1:100.000, misma que se usó para la validación y corroboración de la información geológica obtenida en el campo.

### **5.2.2. Metodología para el segundo objetivo**

*“Establecer e interpretar en base a ensayos de laboratorio los parámetros geotécnicos del área de emplazamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales”.*

Para la realización del segundo objetivo se extrajeron las muestras en el área de emplazamiento, con el equipo del laboratorio de suelos ESTSUELCON CIA. LTDA., el cual nos colaborará con el análisis de las muestras extraídas de campo, estas serán tomadas a una profundidad de seis metros, utilizando el equipo de SPT que posee una cuchara cilíndrica y hueca (tubo muestreador tiene una longitud de 60 cm, diámetro interior de 3.5 cm., y diámetro exterior de 5.0 cm.; longitud total del muestreador es de 75 cm.); el cual se basa en la medición de números de golpes necesarios para que él toma muestras se introduzca en una determinada profundidad cada tramo de 15 cm., permitiendo tomar la muestra necesaria para su posterior análisis en el laboratorio, la masa golpeadora de acero es de 64 kg, con guía de caída libre de 75 cm.; las muestras extraídas servirán para determinar la capacidad portante del suelo así como para realizar el análisis geológico local; estos ensayos serán interpretados en oficina ya que es un parámetro de fundamental importancia para la futura construcción de la planta.

Los ensayos de mecánica de suelos a ser realizados son:

- Contenido de humedad mediante la Norma ASTM D2216 - 71.
- Límites de Atterberg mediante la Norma ASTM 423 - 66 (límite líquido) y D424 - 59 (límite plástico).
- Clasificación de suelos mediante los métodos AASHTO y SUCS.
- Análisis granulométrico mediante la Norma ASTM D421 - 58.
- Gravedad específica realizado mediante la Norma ASTM D854 - 58.

- Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.).
- Ensayo de Compresión Simple mediante la Norma ASTM 2166 - 66 y AASHTO T208 - 70.
- Permeabilidad en Situ.

Para la interpretación geológica-geotécnica se efectuó en base a la siguiente metodología que tiene como objeto caracterizar desde el punto de vista geológico-geotécnico, los geomateriales de la zona de estudio comprendida en el sector de Manú. Esta caracterización geológica- geotécnica permite determinar:

- 1) Los sustentos referidos a la interpretación y
- 2) El comportamiento mecánico preliminar de los materiales existentes en dicha zona de análisis.

Como punto de partida, se emplea la información recopilada bibliográficamente y en formato digital; así como su corroboración en trabajos de campo. Desde el punto de vista cartográfico se analizó, evaluó e interpretó la siguiente cartografía:

- Instituto Geográfico Militar (1973). Carta geológica de Saraguro. Escala 1:100.000. Hoja N° 55. J. B. Kennerley. London.
- Levantamiento Topográfico a escala 1: 1 000

Finalizado el trabajo de interpretación cartográfica en gabinete, se llevó a cabo un reconocimiento previo del terreno, que consistió básicamente en la realización de la cartografía geológica a detalle, con el fin de obtener la información geológica, estructural, posterior a ello, se definió la campaña de exploración geotécnica SPT y toma de muestras. En el levantamiento geológico se especificó:

- a) Litología y Estratigrafía de las formaciones existentes en la zona de estudio, definiendo los tipos litológicos presentes y delimitando los mismos por medio de contactos. Se analizó la Formación Chinchillo en su preferencia.

- b) Estructura geológica de la zona de estudio en lo que se refiere a: presencia/ausencia de fallas, diaclasas, discordancias y cualquier otra discontinuidad.
- c) Disposición de los planos de estratificación y de las familias de juntas dominantes, con toma sistemática de datos en los afloramientos rocosos a lo largo de la zona de influencia del área de emplazamiento.

Posteriormente y luego de una interpretación de la información digital procesada, se llevó a cabo los trabajos de campo consistentes en complementar y comprobar dicha información, adaptándola a la escala de trabajo 1:1000.

Tanto la realización de SPT y la interpretación de las muestras obtenidas en el campo, se evaluó sistemáticamente:

- El primer paso ha consistido en adaptar la cartografía geológica 1:1 000 a la interpretación del estudio geotécnico. A continuación, se procedió a reconocer en campo las formaciones presentes, específicamente la Formación Chinchillo que predomina en el sector constituida por lavas y material piroclástico y con énfasis al material sedimentario correspondientes a depósitos recientes.
- La geología a detalle, a escala 1:1 000, permitió además determinar los geomateriales propensos a desintegración física, química y biológica (meteorización) en la zona y compararla con variables geotécnicas (comportamiento mecánico) del material como son: cimentación, excavabilidad, movilidad y estabilidad.

### 5.2.3. Metodología para el tercer objetivo

*“Analizar las características del recurso hídrico residual que actualmente es destinado para uso de riego.”*

Para el análisis de las características del agua residual se lo desarrolló mediante la obtención de dos muestras en la zona de descarga final y dos en la quebrada hacia donde es desembocada el agua, para ello la técnica a utilizar es el **muestreo simple** que se basa en tomar la muestra una sola vez en un sitio determinado, en este caso la muestra fue recolectada en la descarga final del sistema de red de alcantarillado el cual lo tomaremos como punto estratégico de tal forma que la muestra sea representativa, para luego ser llevado hacia el laboratorio al cual serán analizadas, las mismas que se realizaron en dos meses consecutivos, el procedimiento corresponde específicamente en recolectar la muestra en recipientes plásticos esterilizados homogenizando con el agua en primera instancia y posteriormente recoger la cantidad de 2 litros, estas muestras serán etiquetadas con todos los datos correspondientes como lo es la fecha, hora, lugar, número de muestra; punto de ubicación, de tal forma que se evite cualquier equivocación y será transportado hacia el Laboratorio CIESSA para su respectivo análisis.

Los parámetros analizados en el laboratorio están basados al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA), que determinan los ítems básicos para obtener el agua de efluentes en óptimas condiciones dentro de los límites permitidos, para que posteriormente realicen el uso respectivo que en este caso sería utilizada en las diferentes actividades que desarrollan los pobladores principalmente para riego, estos parámetros se enumeran en el cuadro 1., consecutivamente determinar el Índice de Calidad del Agua utilizando nueve parámetros analizados y en base a la ponderación ubicar el grado de contaminación al que corresponde.

**Cuadro 1.-** Parámetros que se analizarán en el Laboratorio.

<b>CARACTERISTICAS FISICAS</b>	<b>CARACTERISTICAS QUIMICAS</b>
<b>Temperatura</b>	Potencial Hidrogeno
<b>Aceites y grasas</b>	Nitratos + Nitritos
<b>Materia flotante</b>	Manganeso Total
<b>Color</b>	Hierro
<b>Turbiedad</b>	Cloruro
<b>Solidos Totales</b>	Nitrógeno
<b>Sólidos Disueltos</b>	Sulfatos
	Amoniac
	Cianuro
	Zinc
	DBO5
	DQO
	Coliformes Fecales

**Fuente.-** El Autor

Se considera los siguientes parámetros para su ponderación:

- ▶ **ORGANOLEPTICAS:** aspecto.
- ▶ **FISICOS:** Temperatura, Solidos Disueltos, Grasas y aceites.
- ▶ **QUIMICOS:** pH, Sulfatos, Cianuro, DBO<sub>5</sub>.
- ▶ **MICROBIOLOGICOS:** Coliformes totales.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 6.1.1. Accesos

Su acceso hacia el área de estudio se realiza por vía terrestre, realizando su recorrido desde la ciudad de Loja hasta el Cantón Saraguro por una vía de primer orden en un tiempo de dos horas aproximadamente en una distancia de 64 km.



**Figura 3.-** Vista aérea del acceso hacia la Parroquia San Antonio de Manú.

**Fuente:** Google Earth; fecha de imagen 04/09/2013.

Desde Saraguro hacia la parroquia Manú su acceso se lo realiza por una vía de segundo orden con una distancia aproximada de 67 Km, recorrido que tarda alrededor de dos horas y media de la cabecera Cantonal, además posee vías de acceso que la conecta con las Provincias de Azuay y El Oro; caminos vecinales que la conecta con las comunidades más alejadas de la vía principal, estos ejes viales son caminos de tierra que necesitan constante atención ya que se encuentran en mal estado debido a que en épocas de invierno provocan continuos movimientos de tierra que impiden el tránsito hacia la parroquia. (Véase figura 3)

### 6.1.2. Ubicación

La parroquia San Antonio de Manú se encuentra ubicada al sur del país dentro de la zona 7, parroquia que forma parte del Cantón Saraguro perteneciente a la Provincia de Loja, geográficamente se encuentra limitada al norte con las parroquias San Sebastián de Yuluc y Sumaypamba, al Sur con la parroquia Salvias y Guizhaguña del Cantón Zaruma provincia de El Oro y al Este con la parroquias el Paraíso de Celen, Selva Alegre y Lluzhapa y al Oeste con la parroquia Guanazán del Cantón Zaruma provincia de El Oro y con la parroquia de San Sebastián de Yuluc.

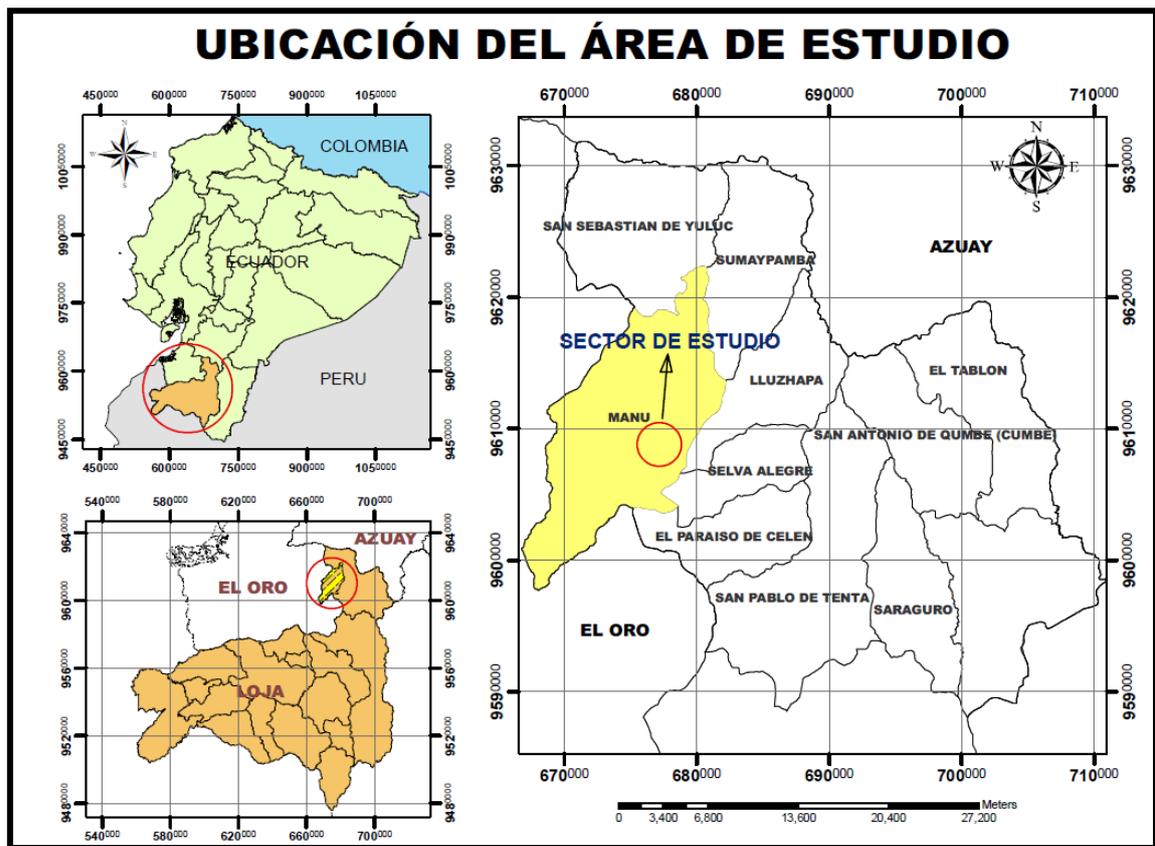
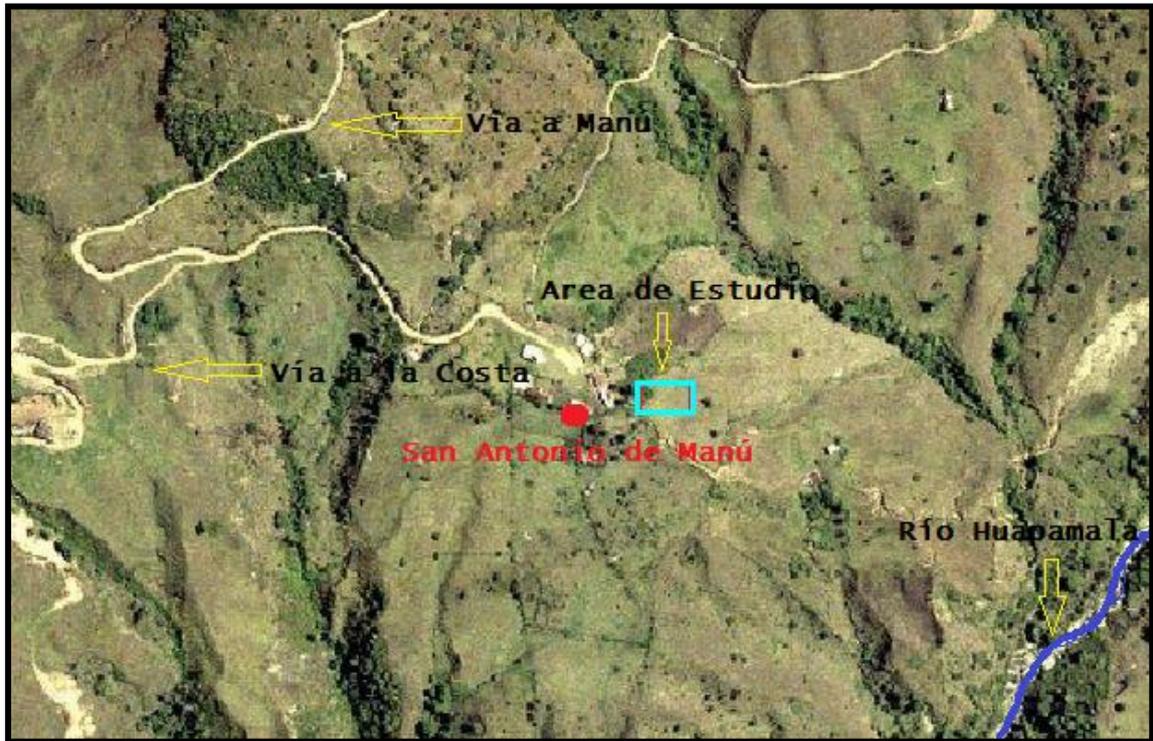


Figura 4.- Mapa de ubicación del sector de estudio.

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), modificado por el autor.

La planta de tratamiento se sitúa en la parroquia Manú al noroccidente del Cantón Saraguro de la Provincia de Loja, en las Coordenadas Geográficas UTM (WGS-84 Zona 17 S) X: 676500; Y: 9614810, (Ver figura 4).

El área de emplazamiento del proyecto se encuentra situado en el barrio Manú que es la cabecera parroquial, contando con un área aproximada de 1.38Ha., de las cuales 656 m<sup>2</sup> serán utilizados para su construcción.



**Figura 5.-** Vista aérea de la ubicación del proyecto.  
Fuente: [www.sigtierras.gob.ec/Ortofotos](http://www.sigtierras.gob.ec/Ortofotos)

### 6.1.3. Topografía

De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial la parroquia San Antonio de Manú, posee áreas montañosas en un 60% los cuales tienen rangos mayores a 30% (mayor a 17°), un 25% de la parroquia son colinas, con pendientes de 16 a 30% y un 15% final de áreas onduladas con rangos que van del 0 al 14% (0° a 8°) que representan pendientes planas.

Es así que la topografía del área de estudio se encuentra ubicada en colinas onduladas con pendientes no mayores a los 8°, los niveles de acuerdo al mapa topográfico en sus puntos mínimos y máximos varían entre los 2150 y 2185 m.s.n.m.

El levantamiento se lo efectuó con la estación satelital Trimble servo robótica R4 (GPS), cuyos datos se procede en oficina a ejecutar para dar como resultado un plano topográfico,

en el cual podemos observar las curvas de nivel primarias o principales cada 5 metros de distancia entre ellas y las curvas de nivel secundarias cada metro de distancia cubriendo un polígono de 1,38 Ha., (Véase anexo 6), dentro del cual 656 m<sup>2</sup> se utilizará para el emplazamiento de la planta de tratamiento.

En base a los perfiles topográficos que se observan en el anexo 7, en el corte A-A' que atraviesa el área del proyecto es el que presenta mayor inclinación en cuanto a su pendiente geométrica, la cual varía en 22,03 % considerándose como pendiente moderada, en el corte B – B' tenemos pendientes que van de 19,36 % consideradas igualmente como pendiente moderada, ambos cortes transversales se ubica dentro de pendientes moderadas lo cual da como indicador positivo en la inexistencia de problemas de deslizamientos y finalmente en el corte C – C' despliega pendientes que varía de 6,4 % a 15,92% en su máximo punto clasificada como pendiente suave o ligeramente moderada, lo que significa que no se presentará problema alguno en la construcción de la planta; todo lo anteriormente expuesto se realizó en base a la clasificación de pendientes adoptada por el Programa MAG-PRONAREG-ORSTOM (1983) que se muestra a continuación /en el cuadro siguiente.

**Cuadro 2.-** Clases, rangos y descripción de pendientes

<b>CLASE</b>	<b>RANGO %</b>	<b>RANGO (°)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	0 – 5	0 – 3	Pendiente débil
2	5 – 12	3 – 7	Pendiente suave
3	12 – 25	7 – 16	Pendiente moderada
4	25 – 50	16 – 27	Pendiente fuerte
5	50 – 70	27 – 35	Pendiente muy fuerte
6	> 70	> 35	Pendiente abrupta

**Fuente:** MAC-PRONAREG-ORSTOM (1983)

#### **6.1.4. Clima**

El clima abarca, entre otros, los valores meteorológicos sobre temperatura, humedad, presión, viento y precipitaciones en la atmósfera. Estos valores se obtienen con la recopilación de forma sistemática y homogénea de la información meteorológica disponible en el INAMHI durante períodos que se consideran suficientemente representativos, de 10 años o más.

Según la clasificación bioclimática y ecológica del Ecuador (Cañadas, 1983), la zona de influencia de la parroquia Manú corresponde a una zona seco templado, y en base a la información meteorológica los meses con mayor temperatura se presentan a partir del mes de octubre a mayo, aunque la máxima temperatura promedio se registra en el mes de abril (15,58 °C), la mínima en agosto (14,38 °C); la temperatura media para la parroquia Manú es de 15,16°C.

**Tabla 2.-** Datos Meteorológicos mensual y anual en °C, periodo 2001 - 2011.

Meses	Temperatura °C	Precipitación mm	Humedad Relativa %
<b>Enero</b>	15.41	64.09	83.22
<b>Febrero</b>	15.46	87.17	83.20
<b>Marzo</b>	15.52	111.82	82.90
<b>Abril</b>	15.58	90.72	84.27
<b>Mayo</b>	15.27	57.92	82.73
<b>Junio</b>	14.74	44.93	81.45
<b>Julio</b>	14.53	25.53	78.56
<b>Agosto</b>	14.38	19.15	77.00
<b>Septiembre</b>	14.97	25.61	76.56
<b>Octubre</b>	15.36	49.13	80.25
<b>Noviembre</b>	15.27	69.19	82.20
<b>Diciembre</b>	15.33	97.85	85.18
<b>SUMA</b>	181.92	743.11	977.52
<b>MEDIA</b>	<b>15.16</b>	<b>61.93</b>	<b>81.46</b>

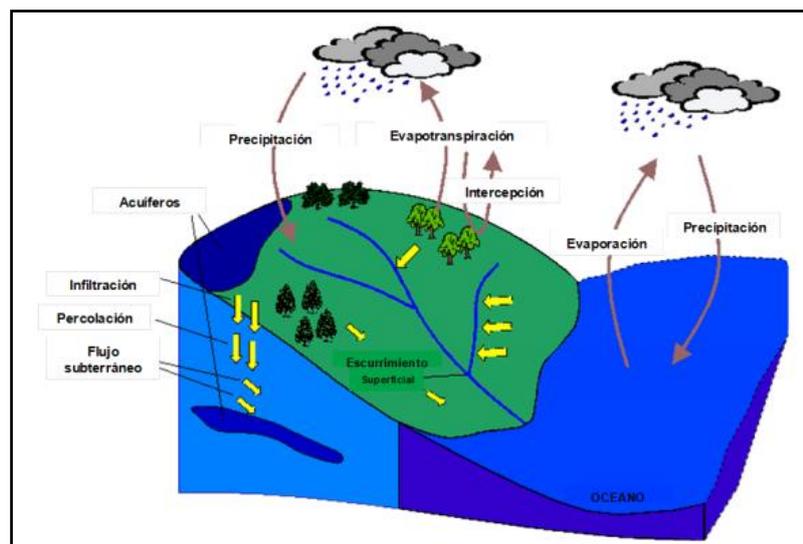
Fuente: INAMHI – EX PREDESUR (CIGERS)

Las precipitaciones de mayor cantidad son a partir del mes de noviembre - mayo; obteniendo el mes de marzo los máximos valores de precipitaciones (111,82 mm/mes), va disminuyendo desde el mes de junio hacia octubre, siendo el mes de agosto con menor precipitación (19,15 mm/mes) como se puede observar en la tabla 2.

En la Figura 7, se muestra un análisis del balance hídrico de toda la parroquia de la cual podemos deducir que el sector de estudio se ubica dentro de áreas que corresponden a déficit hídrico lo que significa que en estas zonas se encuentra ejerciendo factores como que las aguas se escurran superficialmente que uno de los principios sería que estas zonas tengan mayor pendiente con respecto a toda el área del polígono; así como también el material

presente en el terreno ya que si bien es cierto la capacidad de que el agua se infiltre y se incorpore a un sistema de aguas subterráneas o acuífero es un proceso prolongado sumado a ello las condiciones del suelo y su capacidad para dejar pasar fluidos, otro factor sería que las zonas se encuentren cubiertas por bosques y una gran cantidad de agua sea absorbida por la vegetación que contiguamente sería devuelta a la atmósfera a través de la transpiración, también debemos mencionar la intervención del hombre ya que si el suelo es alterado sustituyendo zonas de bosques por cultivos modifica drásticamente el ciclo hidrológico natural, según Antón y Díaz Delgado (2000), la agricultura provoca importantes efectos sobre el balance hídrico ya que de acuerdo con las práctica agrícolas habituales, la instalación de los cultivos implica la eliminación de la vegetación existente como forma de eliminar la competencia para los futuros cultivos. Mientras el cultivo se desarrolla, el suelo se encuentra desnudo, lo que afecta drásticamente el destino del agua que cae sobre éste. Una vez que el cultivo ha crecido, el comportamiento hidrológico del área se modifica nuevamente durante la estación de crecimiento, los cultivos pasan por diversos estadios de desarrollo que determinan diferentes grados de cobertura del suelo, de forma tal, que en la mayoría de los paisajes agrícolas el balance hídrico está controlado por las características de las actividades antrópicas relacionadas con los cultivos.

A continuación se muestra gráficamente el ciclo hidrológico natural que se debe tener:



**Figura 6.-** Representación del Ciclo Hidrológico

**Fuente:** MUSY, André. 2001.

El área expresada en porcentaje es de 49,74 % del área total de la parroquia que representa un déficit hídrico o baja concentración de acumulación de agua por ende presentan menor disponibilidad de este recurso, seguidamente tenemos un 38,40 % que representa a la moderada concentración de agua o que presenta una estabilidad hídrica para satisfacer las diferentes actividades humanas como para el mantenimiento de los procesos ecológicos y el equilibrio de los ecosistemas, finalmente tenemos un bajo porcentaje que representa un exceso hídrico de 11,86 % que se encuentra en las zonas más bajas de la parroquia zonas en las cuales se juntan varios sistemas hidrológicos que podría ser la unión de dos ríos principales que en el transcurso han ido transportando la mayor parte de agua posible y que llegan a unirse para formar una corriente más caudalosa.

Cabe destacar que los datos para la realización del mapa de balance hídrico fueron tomados de la tabla 2 y su posterior análisis en el programa de Arcgis 10.1, para la elaboración de los mapas de isoyetas e isotermas que son material base para la obtención del mapa antes mencionado.

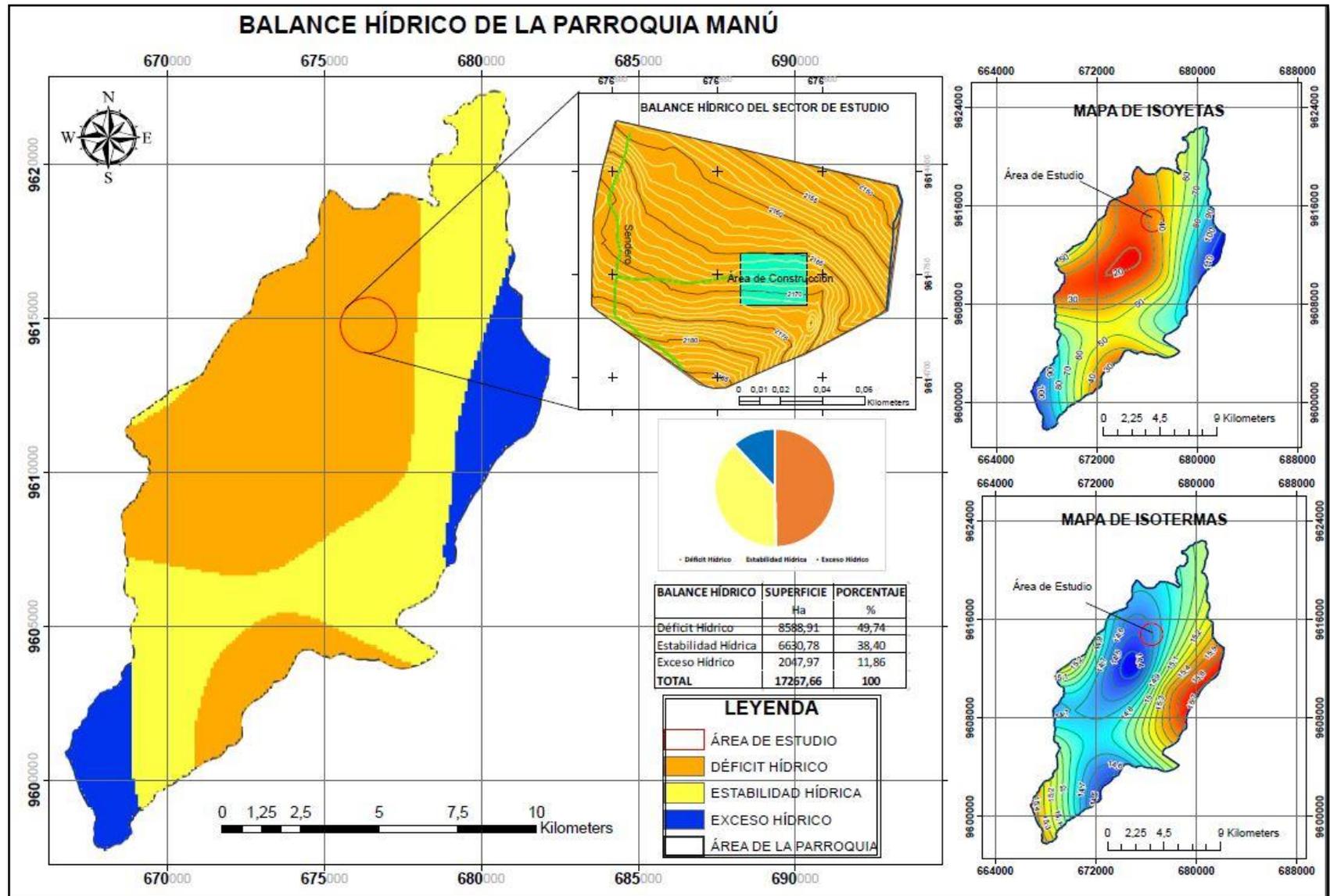


Figura 7.- Balance Hídrico de la Parroquia Manú

Fuente: El Autor, en base a los datos meteorológicos del INAMHI periodo 2001 – 2011.

### **6.1.5. Hidrografía**

En base a la hidrografía las principales micro cuencas que cruzan la parroquia son aquellos que provienen de la cuenca del Río Jubones como son: Río Huapamala, Río San Nicolás, Quebrada Cajamarca, Quebrada Jorupe, Río Pilincay; Río Ganacay, Río Negro y aquellos que provienen de la cuenca del Río Puyango, Río las Palmas y Río San José.

La quebrada Jorupe atraviesa en la parte oeste del área de estudio, es la principal afectada debido a que en ella desemboca el agua residual de la población, posee una longitud de 3,94 km., que constituye un afluente a la microcuenca del Río Huapamala, que forma parte de la Cuenca del Río Jubones. En la parte baja se asienta la población El Progreso, Prado, Paraíso, Bellavista y Uduzhe las cuales se verían beneficiadas con la implementación de la planta de tratamiento, así tendrían el recurso agua en óptimas condiciones para sus actividades diarias, primordialmente lo que es referente a la ganadería y agricultura.

### **6.1.6. Uso Actual del Suelo**

El suelo donde se ubicará la planta de tratamiento es usado para el cultivo de hortalizas, frutales y cultivos de ciclo corto y a sus alrededores especies de pastizales para crianza de animales, debido a ello la primera actividad económica está representada por la ganadería, por tanto la agricultura se ha convertido en la segunda actividad económica importante puesto que los productos a más de ser comercializados sirven para la dieta diaria en los hogares de la zona, ocupando un 40% en lo expuesto por el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT).

Por otro lado existen áreas boscosas las que en su mayoría están siendo desplazadas por los sembríos de diferentes pastizales como la yaragua, kikuyo, paja de cerro y jenaira para la alimentación de su ganado, ya que actualmente es la actividad principal de la parroquia con un 50%.

## 6.2. ESTUDIO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL

### 6.2.1. Geología Regional

Basándose en la Carta Geológica de Saraguro a escala 1:100.000, el área de Saraguro se encuentra ubicada en la Sierra Austral del Ecuador, con terrenos montañosos con altitudes que varían entre los 1.000 y los 3.800 m.s.n.m. La parroquia de Manú está ubicada dentro de la cuenca que se extiende desde Saraguro en el sur hasta Cañar en el norte discordantemente sobre las formaciones del substrato que a continuación se detallan:

**Grupo Ayancay.-** Perteneciente al Mio-Plioceno, se presenta como un afloramiento casi continuo que se extiende hacia el suroeste desde la cuenca de Cuenca, donde se ha establecido una edad Miocena para su parte inferior.

Consiste principalmente de areniscas tobáceas, arcillas castañas y lodolitas. Las areniscas presentan estratificación cruzada y gradúan de asperón a conglomerado. En Minas hay un buen conglomerado basal. Los estratos tienen una apariencia volcánica aunque provienen en gran parte de la Formación Saraguro. El Grupo Ayancay se encuentra plegado, conformando un sinclinal asimétrico cuyo eje se orienta NE-SW, los estratos del flanco sur este presentan buzamientos fuertes, cercanos a la vertical. Descansan discordantemente sobre la Formación Saraguro y se estima su espesor en 1.500m.

**Formación Uchucay.-** perteneciente al Pleistoceno, se encuentra definida aquí como una delgada secuencia sedimentaria expuesta en el valle del Río Jubones. Consiste principalmente de arenas finas y conglomerados, en lechos de 2 a 4 m., de espesor alcanzando en su totalidad los 50 m. la estratificación es sub-horizontal o presenta buzamientos suaves hacia el Norte. Esta formación descansa discordantemente sobre el Grupo Ayancay.

**Formación Saraguro.-** Constituida de material volcánico-clástico (lavas andesíticas, piroclastos y areniscas gruesas), es principalmente desarrollada en el norte (Alausí; 1.500 m de potencia) y en el sur (Saraguro Girón: aproximadamente 2.000 m de potencia) donde se extiende sobre la Cordillera Occidental.

Datos radiométricos dan a la Formación Saraguro una edad Oligoceno superior (Bristow y Hoffstetter 1977). Aflora en los valles de terrenos profundamente disectados, siguiendo los ríos León, Paquishapa, Tenta y Jubones. Estratos de lava y piroclastos se alternan en esta formación de capas gruesas. Los piroclásticos varían desde tobas de grano fino a aglomerados muy bastos, pero lo más común es una toba masiva aglomerática de color amarillo en estratos de 50 a 100 m., de espesor y que forman escarpes prominentes en los alrededores de Saraguro. Cerca de esta población afloran: tobas arenosas, tobas de grano fino con bandeamiento multicolor y lentes de conglomerado. Las lavas interestratificadas son andesitas porfiríticas. Al norte de Oña estratos de ignimbritas forman riscos sobresalientes. Estas ignimbritas blanca-rosáceas varían en composición entre riolita y dacita y están caracterizadas por cavidades lenticulares orientadas paralelamente a la estratificación. En láminas delgadas se encuentran fragmentos de cuarzo, sanidina, andesita y biotita suspendidos en una matriz sub-vítrea que contiene abundantes fragmentos vítreos.

La Formación Saraguro descansa discordantemente al este sobre la Serie Zamora y al oeste sobre la Formación Piñón. Se encuentra suavemente plegada y sus ejes siguen rumbos norte y NE; la estructura sinclinal del río León es la que más sobresale. Se estima que el espesor máximo de esta Formación llega a los 3.000 m.

**Formación Piñón.-** Su exposición es rara debido a una extensa meteorización que ha producido un manto residual de arcillas multicolores, las que localmente tienen un espesor superior a los 10m. Los esporádicos afloramientos muestran una andesita gris verdosa. La formación descansa discordantemente sobre los metamórficos Zamora y es recubierta por la Formación Chinchillo.

**Intrusivos.-** Hay muchos intrusivos graníticos dentro de la Formación Chinchillo. El lecho del río Nicolás al este de Manú es un granito moscovita-biotítico, homogéneo de grano medio a grueso. Sin embargo en ciertos lugares éste contiene abundantes vetas de material cuarzo-feldespático que dan a la roca una apariencia gnéisica. Una riolita blanca, distintiva, se encuentra dentro de la Formación Saraguro en el valle del río Jubones.

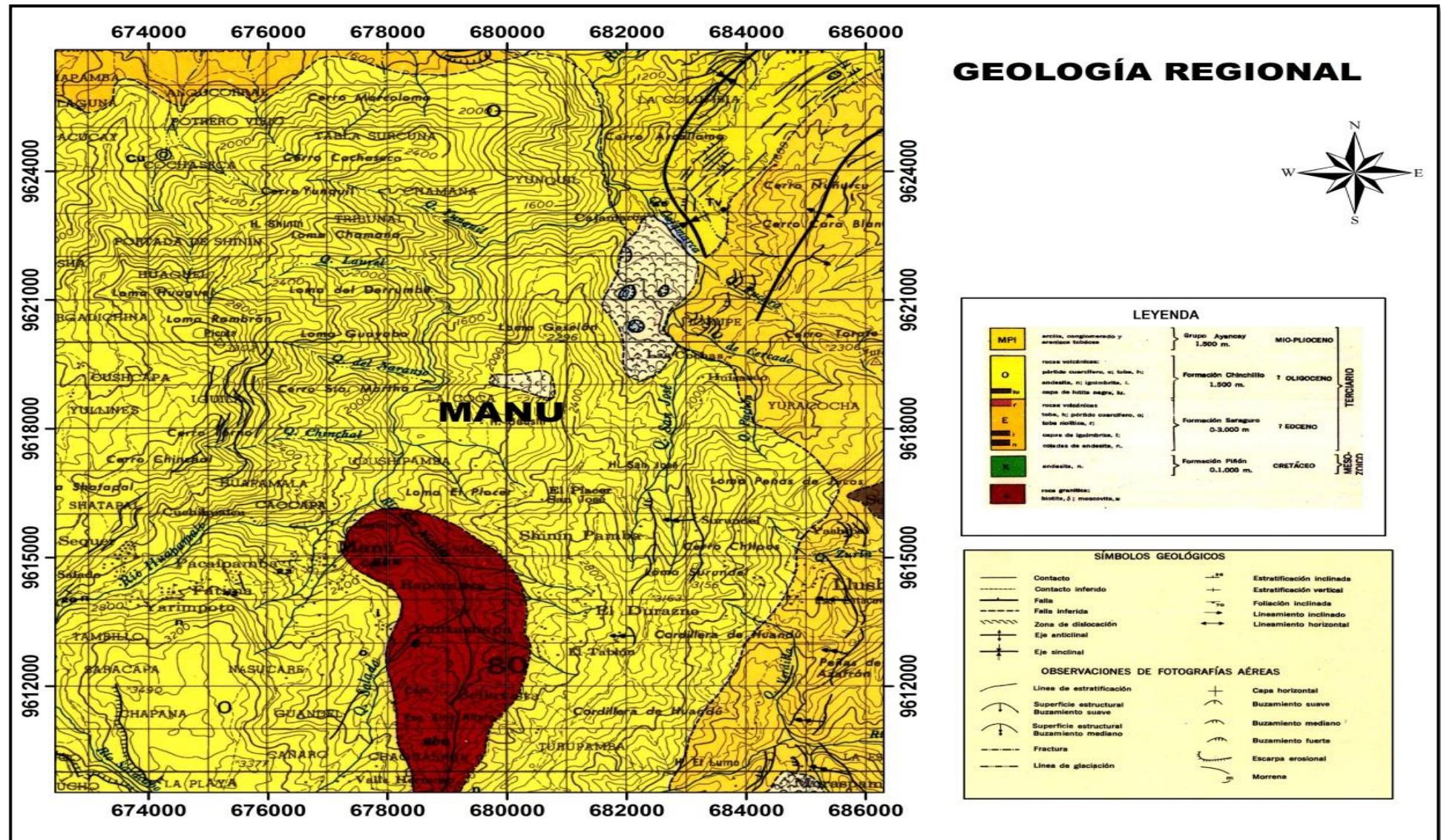


Figura 8.- Mapa Geológico Regional del área de Estudio

Fuente: Instituto Geográfico Militar

### 6.2.2. Geología Local

Los materiales para la parroquia Manú consisten principalmente de origen ígneo como los son las lavas con algunos estratos de piroclastos, entre las lavas son riolitas y andesitas porfíricas con abundantes fenocristales de cuarzo en las primeras. Entre los piroclásticos predominan las tobas, pertenecientes a la Formación Chinchillo que conforma la cordillera alta de Chilla, la cual data de edad Oligoceno perteneciente al periodo Terciario con un espesor estimado de 1.500 m., descansa concordantemente al este sobre la Formación Saraguro y a lo largo de su borde occidental yace discordantemente sobre la Formación Piñón.

La estratificación se presenta a escala masiva; en Cerro Negro se midieron pendientes de 25° hacia el oeste, pero generalmente los buzamientos son menores de 19° a 23° y el afloramiento en su totalidad adopta la forma de un amplio sinclinal con eje N-S.

A lo largo del área de estudio se encontró cinco afloramientos que se observan en el anexo 1 descritos indistintamente cada uno, los cuales servirán para la obtención de la geología actual del sector de emplazamiento encontrándose principalmente materiales de origen sedimentario como son los depósitos coluviales y limos y de origen ígneo como son tobas piroclásticas, cuyos puntos han sido geo-referenciados en el mapa topográfico como se observa en el anexo 6.

**Tabla 3.-** Ubicación de puntos de afloramientos.

Nº	COOR. X	COOR. Y	ALTITUD. Z	DESCRIPCIÓN
1	676572	9614704	2181	Depósito Coluvial
2	676493	9614735	2176	Limo
3	676586	9614754	2170	Lava Volcánica
4	676501	9614782	2169	Piroclastos
5	676587	9614713	2172	Limo

Fuente: El Autor.

**Formación Chinchillo.-** Los piroclastos en el sector de estudio se encuentran ubicados en la parte este con respecto al mapa topográfico realizado, el cual se caracteriza por la presencia de tobas riolíticas con coloración crema y tobas andesíticas de coloración gris verdosa ambas

de textura porfirítica, sus fenocristales presentan diámetros de 1cm., en su máximo tamaño, los bloques varían de 2,5 m., a 1m., de diámetro, se encuentran expuestos a la erosión y meteorización por ello es muy común encontrarlos de coloración rojiza por oxidación de sus componentes y de coloración gris negruzco a la presencia de material orgánico, los bloques se encuentran en su mayoría de forma sub-angulosa a redondeada en pocos casos.

**Depósitos coluviales.-** El material coluvial yace sobre la capa del material limoso, contenida de matriz limo arenoso con clastos de forma subangulosa, posee color café claro lo cual data de materiales pertenecientes al Plioceno del Cuaternario, los clastos se encuentran conformados por rocas volcánicas propias del lugar como son las tobas de andesita o riolita, los clastos varían de 1.6 a 14 cm., de diámetro;

La consistencia del material es medianamente firme debido a que son depósitos jóvenes y no han sufrido aun procesos de compactación, esto debido a que se puede tomar fácilmente las muestras con un leve toque de piqueta, los clastos están mal seleccionados representando un 80% de material grueso, posee matriz limo – arenosa se encuentran poco consolidados pero no tienen cementante ya que se puede disgregar con facilidad.

**Material Sedimentario.-** Limo, se encuentra en todo el área de estudio y en base a los afloramientos encontrados se puede decir que es el material base del sector de estudio, el material limoso presenta un color amarillento perteneciente al Plioceno, en algunas partes presenta colores grisáceos debido a material orgánico presente en la zona.

El material limoso incluye presencia de clastos de las tobas andesíticas del lugar de un 5% aproximadamente los clastos se presentan dispersos de forma subangulosa; posee una potencia de 6.8 m, su grado de cohesión es muy bajo debido a que se lo puede disgregar fácilmente al tomarlo con las manos, lo cual nos conlleva a decir que posee una resistencia medianamente firme. Toda la información descrita se la puede evidenciar en las fichas de afloramientos en el anexo 1., y en el mapa geológico a detalle ubicado en el anexo 8.

### 6.2.3. Geomorfología



**Figura 9.-** Geomorfología del Área de Estudio

**Fuente:** El Autor.

El sector de estudio se caracteriza por poseer relieve de colina con pendientes suaves, cuya elevación máxima oscila entre los de 2185 a 2150 m.s.n.m., en su alrededor es característico ver relieve montañoso en las cuales sus altitudes mínimas varían de 1.500 m.s.n.m., mientras que los más altos se encuentran a 4.200 m.s.n.m., en base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia.

En base a la topografía se obtiene diferentes formas del relieve dentro del área como son las laderas con pendientes suaves, ya que como se puede observar las curvas de nivel se encuentran un poco separadas que son características de zonas de mínima pendiente que de igual forma curvas más unidas significa que tendrá mayor inclinación en el terreno, otra forma que se puede apreciar en la parte sur-este del plano denotando el área de mayor pendiente denominándolo como cima, debido a que se encuentra dentro de un relieve conformado por colinas y finalmente las denominadas crestas que se forman en el terreno por acciones del agua.

A continuación se representa en forma gráfica el relieve natural del área de estudio mediante la utilización de la herramienta de análisis Hillshade en la cual por medio de sombras puede representar la geomorfología del suelo y su elevación, se la clasificó en tres partes debido a la extensión del área clasificada como relieve bajo, medio y alto respectivamente como se observa en la figura 10.

El área cuenta en su mayoría con relieves bajos y medios clasificados mediante la elaboración de Hillshade tomando en cuenta la variación de sus cotas, lo cual contribuye al terreno para su cimentación ya que si se observa la figura 10., las cotas no presentan diferencia de alturas extremadamente altas favoreciendo de esta forma a la construcción de la planta debido a que los problemas con deslizamientos no serán perceptibles en la zona por su baja inclinación en el terreno.

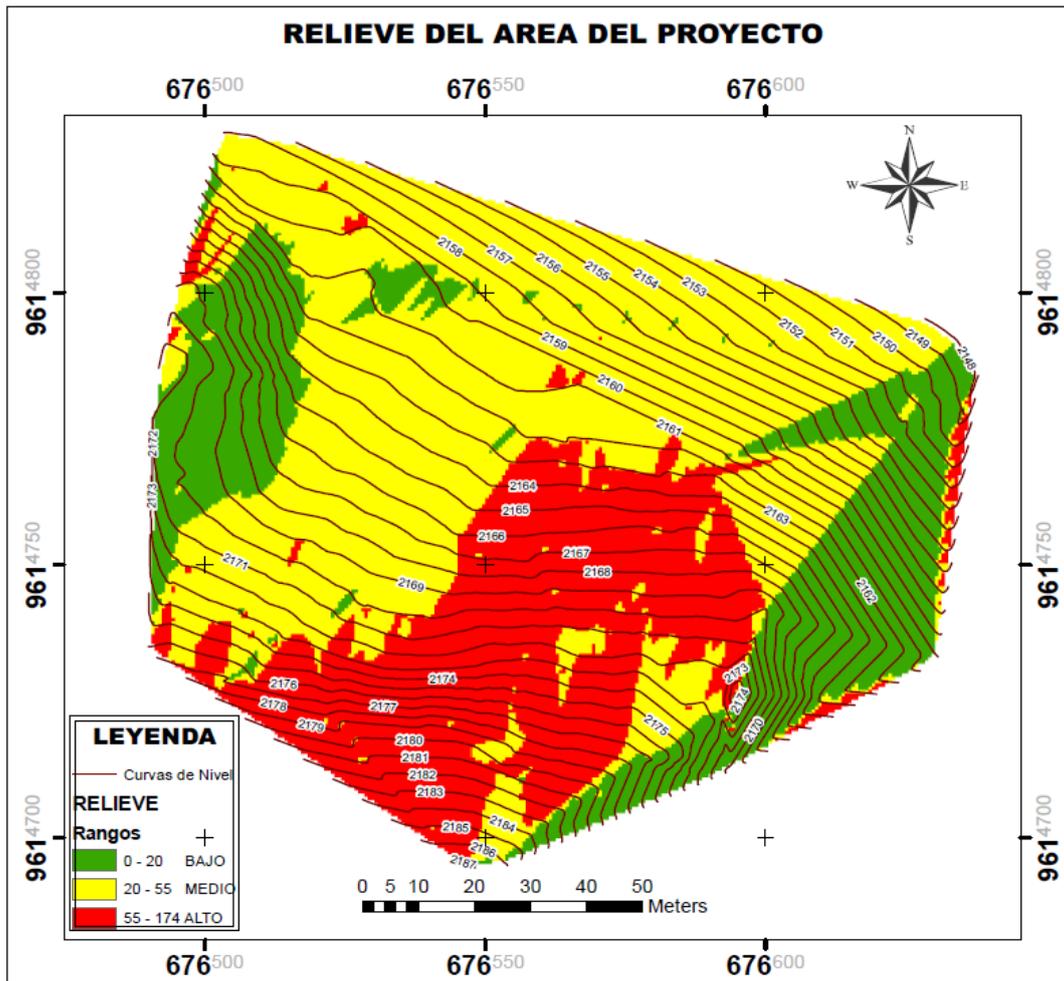


Figura 10.- Utilización de la herramienta Hillshade del ArcGIS 10.1 para obtener el relieve natural del terreno.

Fuente: El Autor

## **6.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO**

### **6.3.1. Mecánica de suelos**

Debido al área y dimensión que abarca el proyecto se consideró necesaria la realización de la extracción de una sola muestra con lo cual se realizara los ensayos de mecánica de suelos y con ello la capacidad soportante del suelo para la construcción e implementación de la planta a continuación se detalla el procedimiento para cada ensayo realizado.

#### **6.3.1.1. Técnica de Muestreo**

La extracción de la muestra se realizó utilizando los sondajes mediante la prueba de SPT que permiten la observación directa del subsuelo, permitiendo a su vez la obtención de las muestras “in situ”, para tomar una muestra que posteriormente será llevada al laboratorio para poder realizar los ensayos correspondientes para la obtención de los parámetros fundamentales del terreno.

La toma u obtención de las muestras se las recoge de acuerdo al procedimiento estandarizado, es decir que se recogen en partes o porciones representativos del terreno mediante la utilización de un toma muestras adecuado que consta de un tubo cilíndrico de pared gruesa dotado de una zapata separable, el resto del tubo es bipartido para la extracción posterior de la muestra que se ha tomado, las cuales son colocadas en fundas plásticas para conservar su humedad y propiedades físicas para posteriormente llevarlas a ser analizadas en el laboratorio de manera que la muestra conserve las mismas propiedades que posee el terreno “in situ”.

#### **6.3.1.2. Contenido de Humedad**

Para la determinación del contenido de humedad del suelo en laboratorio, se realiza en base al secado al horno, primeramente se toma la muestra obtenida del campo se pesa y luego es ubicada en el horno a 100°C, para su posterior secado lo cual nos da como resultado el contenido de humedad que se expresa en porcentaje en base a la relación del agua existente en una determinada cantidad de masa de suelo y el peso del esqueleto o las partículas sólidas expresadas así:

$$w = (W_w / W_s) * 100 \quad (\%)$$

Dónde:

$w$  = contenido de humedad expresado en %

$W_w$  = peso del agua existente en la masa de suelo

$W_s$  = peso de las partículas sólidas

**Tabla 4.-** Resultados del contenido de humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD	RESULTADO
1 – 2 m.	19.94 %
1 – 4 m.	19.20 %

Fuente: El Autor

En base a lo anteriormente expuesto el porcentaje de humedad del suelo obtenido mediante los ensayos realizados en el terreno a profundidad de 1-2 metros es de 19.94 % de humedad, en una profundidad de 1-4 metros la humedad es de 19.20 % lo que significa que a mayor profundidad se obtendrá menor porcentaje de humedad.

### 6.3.1.3. Límites de Atterberg

- **Límite Líquido**

Para la realización de este ensayo se pulveriza una muestra que pese aproximadamente 100 gramos que pase por el tamiz No. 40. Se coloca la muestra de suelo en la vasija y se le agrega una pequeña cantidad de agua hasta que mezclándola con una espátula se logre obtener una pasta homogénea de consistencia dura.

Una vez obtenida la muestra lista se procede a calibrar el instrumento de casa grande a utilizar, luego se coloca una cantidad adecuada de esta mezcla en la cazuela y se extiende con la espátula y se enraza. Se divide la muestra en la cazuela de bronce con una firme pasada del ranurador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo, se levanta y golpea la cazuela girando la manija, a una velocidad de dos golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura a lo largo de una distancia de 13mm (0.5"), inmediatamente se toma nota del número de golpes requeridos para cerrar la ranura, utilizando los rangos requeridos para efectuar los golpes de mayor a menor siendo en este caso 35 golpes el mayor rango y 15

golpes el menor, para efectos del presente ensayo este procedimiento se repite durante cuatro ocasiones dos en rangos mayores y dos en menores; se retira una pequeña muestra y se coloca en un recipiente adecuado previamente pesado y se vuelve a pesar el conjunto, para luego ser llevado al horno por un periodo de 24 horas. Pasada las 24 horas, se sacan los recipientes con las muestras, se pesan y se registran los datos.

- **Límite Plástico**

Para el análisis del límite plástico primeramente se tiende a tomar los pesos de los recipientes a utilizar para poder colocar las muestras y se toma una muestra del material anteriormente preparado para el límite líquido seccionando una cantidad aproximada a 1.5 a 2 gramos se enrolla con las manos sobre una placa de vidrio para evitar que se pegue el material, dándole forma a una plastilina armamos rollos de 3 milímetros aproximadamente o hasta que se empiecen a observar los agrietamientos del suelo, se recoge un pedazo de esta muestra para ubicarlos en los 3 recipientes anteriormente pesados y se los coloca en el horno para ser secados por 24 horas, pasadas el tiempo estimado se procede a retirar los recipientes del horno y se los vuelve a pesar para determinar su humedad.

**Tabla 5.-** Resultado de los Límites de Atterberg.

PARÁMETROS		PROFUNDIDAD	
		2 m	4 m
Granulometría	Grava	6%	10%
	Arena	43%	43%
	Finos	51%	47%
Contenido de Humedad		39,25 %	41.27%
Límite Líquido		39,13	41.22%
Límite Plástico		16,53	19.07%
Índice de Plasticidad		22%	22%

Fuente: El Autor

Según Atterberg cuando el suelo tiene un índice de plasticidad mayor a 17 % se dice que el suelo analizado es altamente plástico es decir que acepta deformaciones sin romperse hasta el 22 %.

### 6.3.1.4. Granulometría

Para la determinación de la granulometría se procedió a tomar una cierta cantidad que puede ir de 500 a 200 gramos y colocarla en el horno hasta que pierda humedad, molerla tan fino como sea posible y luego lavarla a través del tamiz No. 200, secar al horno el residuo y mediante el agitador mecánico tamizar en una serie constituida por 5 o 6 tamices cada una con diámetros ligeramente menores a la anterior por un lapso de 5 minutos y finalmente se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de todos los tamices.

**Tabla 6.-** Resultados del análisis granulométrico

GRANULOMETRÍA 1-2 M					
PESO IN=	140.9	(H/S)	H	CLASIFICACIÓN	
PESO INICIAL DE CÁLCULO			117.4		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA		
1 1/2"	0	0	100		
1 "	0	0	100	GRAVA=	6%
3/4 "	0	0	100		
1/2 "	0	0	100	ARENA=	43%
3/8 "	2.56	2.2	98		
No. 4	4.42	5.9	94	FINOS=	51%
No. 10	5.95	11	89		
No. 40	19.61	27.7	72	COLOR=	CAFÉ
No. 200	24.49	48.6	51		

Fuente: El Autor

### 6.3.1.5. Ensayos de permeabilidad

Se lo realizó mediante el ensayo de sondeo, dejando en el fondo sin entubación lateral y se agrega una cantidad de agua para que el borde del tubo rebase por completo hasta mantener el nivel de agua en el sondeo por un periodo de 30 minutos en este lapso se fue adicionando una proporción suficiente como para mantener un nivel de agua constante cercano al borde del agujero, se tomaron las anotaciones del gasto de agua a los 5 minutos de haberse iniciado

el ensayo y por intervalos de 5 minutos hasta que la cantidad de agua ingresada sea constante, el caudal que se filtra depende de la permeabilidad del suelo.

**Tabla 7.-** Resultados del ensayo de permeabilidad

ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU							
<b>PROFUNDIDAD:</b>	1m						
DIMENSIONES							
<b>Diámetro (cm) =</b>	10		<b>ALTURA (cm):</b>		165		
<b>Volumen =</b>	12959.07 cm <sup>3</sup>						
<b>Área =</b>	78.53982 cm <sup>2</sup>						
<b>ALTURA cm</b>	<b>TIEMPO</b>		t (s)	$\Delta t$ s	$\Delta h$ cm	Vol. cm <sup>3</sup>	T °C
	min	s					
<b>165</b>	0	0	0	1800	1.3	102	20
<b>163.7</b>	30	0	1800				
<b>PROMEDIO</b>				1800	1.3	102	20
			$k_T =$	Vol. / (5.5 * r * H * t)			
			$\eta_T / \eta_{20}$	1			
			$k_T$	0.0016 cm / s			
			$k_{20}$	0.00159 cm / s			
<b>ÍNDICE DE PERMEABILIDAD :</b>			1.4 m / día				

Fuente: El Autor

### 6.3.1.6. Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T)

El ensayo de penetración estándar o SPT, se lo realizó en las coordenadas (X= 676577, Y= 9614744, Z= 2169), debido a la complejidad para su acceso y realización del mismo no se realizó calicata para su mejor análisis y el ensayo se lo ejecuto a una profundidad de cuatro metros ya que existen conflictos entre el propietario de los terrenos y el encargado del proyecto, pero a continuación se detalla paso a paso el procedimiento del ensayo.

**Procedimiento:**

- ▮ Se desciende el tomamuestras de paredes divisibles SPT unido al varillaje hasta apoyar en el fondo con suavidad.
- ▮ Se marca en el tubo 3 divisiones, cada una de 15 cm y se anota el número de golpes necesarios para hincar la cuchara y se realiza la prueba en si para la hinca de cada intervalo de 15 cm de penetración (N15 – N30 y N45).
- ▮ Con la pesa de (63.5 Kg.) por caída libre, se procede al hincado del tubo muestreador.
- ▮ Las lecturas de la segunda y tercera penetración se suman y son éstos valores los que se toman en cuenta para determinar la capacidad soporte del subsuelo.
- ▮ Una vez terminado los primeros dos metros se saca el tubo de penetración y se abre el tomamuestras de paredes divisibles.
- ▮ Se realiza la descripción visual y se guarda una cierta cantidad de la muestra en fundas plásticas para conservar la humedad y se registra para su envío hacia el laboratorio.

En Laboratorio se realizarán los siguientes ensayos:

- ▮ Contenido de Humedad Natural.
- ▮ Análisis Granulométrico.
- ▮ Límites de Atterberg o de consistencia.
- ▮ Clasificación de suelos.
- ▮ Capacidad Soportante del Suelo.

**Cuadro 3.- Resultado del SPT**

Profundidad	Color	Composición		Descripción
0 - 2		C.H.=	19,9%	Arcilla limosa de baja plasticidad
		L.L.=	39%	
		L.P.=	17%	
		I.P.=	22%	
2 - 4		C.H.=	19,2%	Arena arcillosa de baja plasticidad
		L.L.=	41%	
		L.P.=	19%	
		I.P.=	22%	

**Fuente:** El Autor

De los resultados obtenidos se puede determinar que los suelos encontrados en la excavación pertenecen a suelos finos correspondientes a arcillas limosas de baja plasticidad que de acuerdo al sistema unificado de clasificación corresponde a (CL) y arenas arcillosas de baja plasticidad (SC), presentando coloración crema y en algunas partes presentándose amarillenta debido a los óxidos de hierro con un valor promedio de humedad de 19 %.



**Figura 11.-** Material Arcillo limoso resultados del SPT a los 2 m.

**Fuente:** El Autor.

En la figura 11, se muestra el material resultante del sondeo que es una arcilla limosa de baja plasticidad la cual presenta poca resistencia debido a que se disgrega con facilidad al manipularlo con las manos.

### 6.3.1.7. Compresión Simple de Suelos.

Para realizar el ensayo de compresión simple del suelo se obtuvo la muestra mediante el ensayo del SPT a una profundidad de 2m., cuyas muestras fueron llevadas hacia el laboratorio para su respectivo análisis en el cual se determina la capacidad de carga mediante el esfuerzo de compresión dados.

El espécimen para la realización del ensayo consta de un tubo cilíndrico que posee un diámetro de 4,5 cm con una altura de 9,01 cm, considerando como se muestra la relación de esbeltez 2:1, la cual es ubicada en el equipo de compresión y se le aplica una carga axial a medida que la muestra se deforme crecientemente obteniendo así las cargas correspondientes, se registran las cargas de “falla” y deformación cuyos datos serán utilizados para calcular las áreas corregidas y la resistencia a la compresión inconfiada.



Figura 12.- Compresión Simple del suelo.

Fuente: El Autor.

Finalmente se obtiene una gráfica en la cual se relaciona el esfuerzo con la deformación unitaria para obtener un valor promedio de la compresión inconfiada mayor, para tomar simplemente el valor máximo de esfuerzo, como se puede observar en la figura 13.

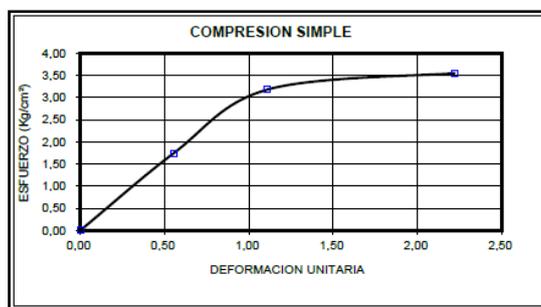


Figura 13.- Curva Esfuerzo vs Deformación.

Fuente: El Autor.

### 6.3.1.8. Resumen de Resultados

Cada uno de los ensayos están realizados bajo normas estandarizadas que el Laboratorio ESTUELSECOM utiliza de acuerdo a cada ensayo realizado de tal forma que a continuación se muestra el resumen de los resultados de cada ensayo efectuado.

**Tabla 8.-** Resumen de Datos de Campo, de Laboratorio y Resistencias obtenidas.

OBRA	PROF	C.H	L.L	L.P	I.P	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIF	CLASIF	GOLPES N			N 30	qa	PERM
											15 cm	30 cm	45 cm			
	m.	%	%		%	%	%	%	SUCS	AASHTO				golpes	Kg/m <sup>2</sup>	m/día
Cimentación	1	19.94	39	17	22	6	43	51	CL	A-6	17	15	16	31	5	1.4
Cimentación	2								CL	A-6	10	7	9	16	3.5	
Cimentación	3	19.2	41	19	22	10	43	47	SC	A-7-6	12	16	17	33	5.2	
Cimentación	4								SC	A-7-6	R	R	R	100	>6	

Fuente: El Autor.

Dónde:

C.H. %: Contenido de Humedad.

L.L. %: Límite Líquido.

L.P. %: Límite Plástico.

I.P. %: Índice de Plasticidad.

R: Rechazo del material al ser excavado.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

### 6.3.1.9. Interpretación Geológica – Geotécnica

#### 📍 Características generales de las unidades geotécnicas

Se resumen a continuación las principales características geotécnicas de la formación geológica encontrada en el sector de emplazamiento.

#### Unidad Geotécnica 1. Formación Chinchillo y Depósitos Cuaternarios

Litología. Formación Chinchillo (O), de edad Oligoceno; consiste principalmente de lavas con algunos estratos de piroclásticos. Entre los piroclastos encontramos tobas riolíticas de coloración beige y andesíticas presentando color gris verdoso poseen textura porfiríticas, con diámetros que varían de 1 a 2,5 m., en toda el área de estudio se encuentran expuestas a erosión y meteorización es así que atendiendo al grado de meteorización se clasifica como grado III propuesto por la Sociedad de Mecánica de Rocas en el Código Técnico de la Edificación (CTE, 1997).

**Cuadro 4.-** Grado de meteorización de las rocas (ISRM) Sociedad Internacional de Mecánica de rocas.

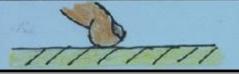
Grado	Denominación	Criterio de reconocimiento
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. La roca puede estar decolorada en la pared de las juntas pero no es notorio que la pared sea más débil que la roca sana
III	Roca moderadamente meteorizada	La roca está decolorada en la pared. La meteorización empieza a penetrar hacia el interior de la roca desde las discontinuidades. El material es notablemente más débil en la pared que en la roca sana. Material débil <50% del total
IV	Roca meteorizada o muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocer-se ni la textura ni la estructura original. El material permanece "in situ" y existe un cambio de volumen importante

**Fuente:** Técnicas de investigación del Suelo (CTE): Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera.

El material analizado mediante el ensayo SPT se basa en depósitos cuaternarios del Plioceno conformados por depósitos coluviales (Dc) y estratos de limos con arcillas en baja cantidad presentan coloración café claro. Los depósitos coluviales se presentan sobreyaciendo los estratos de limo con una potencia visible de 1.7 m con clastos angulosos con matriz limo arcillosa. Los limos se encuentran con una potencia de 6.8 m, en la parte nor-este del área se presentan incrustados clastos subangulosos de andesita.

El material limoso y deposito coluvial perteneciente al Plioceno, se presentan asociados a material residual así como capas de materia vegetal, ocupando pendientes bajas, poseen una consistencia, grado de resistencia o compacidad en la que se encuentra el suelo de medianamente firme en base a los valores obtenidos en el ensayo de penetración SPT propuestos en el cuadro que se presenta a continuación:

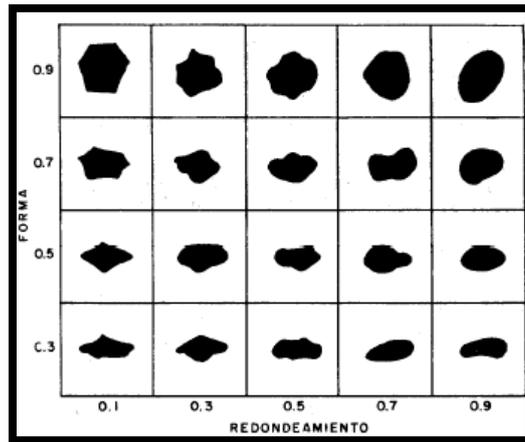
**Cuadro 5.-** Valores de Consistencia de los materiales con respecto a los valores SPT.

<b>CONSISTENCIA</b>	<b>PENETRACIÓN (DEDO)</b>	<b>GOLPEO SPT (30 cm)</b>	<b>GOLPEO MI (30 cm)</b>
MUY BLANDO		1-8	1-4
BLANDO		10-20	4-8
MEDIANAMENTE FIRME		22-60	8-16
FIRME		62-100	16-30
MUY FIRME		>100	30-60
DURO		>30	>60

**Fuente:** Técnicas de investigación del Suelo (CTE): Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera.

### 📍 Interpretación SPT.

Los suelos arcillosos hasta los 4m., presentan densidades de  $2,29 \text{ gr/cm}^3$ . Según Krumbrein y Sloss (1995), las partículas de la muestra son 0.7/0.3 (forma/redondeamiento) y son preferentemente finos (51 – 47%).

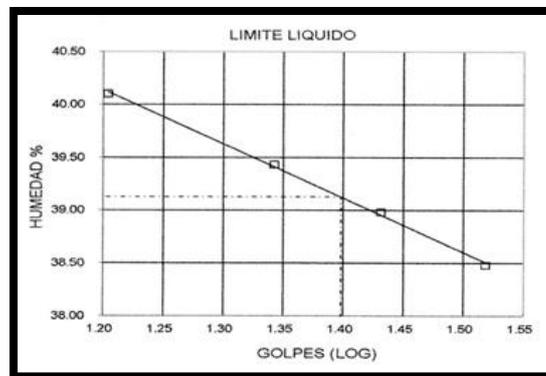


**Figura 14.-** Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento (según Krumbrein y Sloss, 1955).

**Fuente:** Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera

Los materiales corresponden a un porcentaje medio de finos mayor 51% en los primeros 4 metros de profundidad y plasticidad media, con 39 - 41% de límite líquido (L.L.), el límite plástico (L.P.) varía entre los 17 a 19 %. Su índice de plasticidad (I.P.) oscila en 22%, lo que permite clasificar al material como arcilla limosa (CL) correspondiente a la nomenclatura SUCS y suelos arcillosos (A-7-6) a la optada por la clasificación de suelos AASHTO; reconocidas como arcillas limosas de baja plasticidad.

El límite líquido nos permite comprender que cantidad de agua posee el terreno es así como en la figura 15, nos indica que a 1,40 metros de profundidad tenemos una humedad de 39 %, y en el caso del límite plástico nos da a conocer su grado de plasticidad del terreno y hasta qué punto es capaz de deformarse o romperse dando como resultado que solo obtenemos un 17 % del material esto debido a que son limos.



**Figura 15.-** Gráfica de resultados del Límite Líquido

**Fuente.-** El Autor

La resistencia a la compresión simple a los 2 m es de 3,55 Kg/cm<sup>2</sup> que se observa en la figura 16, lo cual representa el valor máximo del esfuerzo del terreno es decir su carga máxima soportante; expresa que el terreno puede soportar una carga de 3,55 kg por cada cm<sup>2</sup> o 35,5 Ton., en cada m<sup>2</sup> y si se le aplica una carga elevada a la correspondiente este provendrá a fracturarse. La humedad varía en un 33,44 % a los 2 m de profundidad con una densidad de 2,29 gr/cm<sup>3</sup>.



**Figura 16.-** Resultados de la Compresión Simple.

**Fuente.-** El Autor

En base a los datos del SPT a los 3m, el número de golpes en 30 cm (N<sub>30</sub>) varía entre 16 – 33 golpes, así como la capacidad de los materiales para unirse entre sí como lo es la cohesión que es de 180 KN/m<sup>2</sup> lo cual permite considerarlos como suelos medios atendiendo a la interpretación de la resistencia de los suelos en base a ensayo SPT relacionado con el número de golpes.

**Cuadro 6.-** Valores orientativos de NSPT, resistencia a la compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada).

Tipo de suelo	N <sub>SPT</sub>	q <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	E (MN/m <sup>2</sup> )	E (kp/cm <sup>2</sup> )/F=2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0- 80	0- 0.82	< 8	40.77
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	0.82 – 1.53	8 – 40	40.77-203.87
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	1.53 – 3.06	40 – 100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50 – Rechazo	300 - 500	3.06 – 5.10	100 – 500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500 – 5.000	5.10– 50.97	500 – 8.000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5.000 – 40.000	50.97 – 407.75	8.000 – 15.000	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 407.75	>15.000	>76452.59

**Fuente:** Técnicas de Investigación del suelo según CTE, 2008.

Una de las formas de interpretar los valores obtenidos de las muestras, es entender la apreciación de J. M. Ortiz (2006), el cual, en su trabajo denominado “Las arcillas expansivas: su estudio y tratamiento” hace una recopilación de los criterios de los distintos autores de temáticas de mecánica de suelos, de manera que elabora la siguiente tabla:

**Tabla 9.-** Criterios para la determinación y posible catalogación de Arcillas Expansivas

<b>Limite Liquido, LL</b>	<b>&gt;30</b>	<b>30-40</b>	<b>40-60</b>	<b>&gt;60</b>
<b>Índice de plasticidad, IP</b>	0-18	15-28	25-40	>35
<b>Presión de Hinchamiento (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<0.3	0.3-1.2	1.2-3.0	>3.0
<b>Hinchamiento probable (cm)</b>	<0.8	1-3	3.0-7.0	>7.0
<b>Peligro de Hinchamiento</b>	<b>BAJO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>ALTO</b>	<b>MUY ALTO</b>
		<b>SI</b>		

Fuente: El Autor

El grado de hinchamiento en este caso correspondiente a medio se lo dedujo relacionando con los datos obtenidos en el ensayo de los límites de Atterberg.

Condiciones de Estabilidad. El ángulo de talud recomendado para secciones en terraplén para suelos limosos, arcillosos o con características similares es de 2.5 H: 1V.

Dadas las características de los materiales existentes en la zona se recomienda efectuar la excavación de desmonte por medios mecánicos convencionales (Retroexcavadora o Pala y Excavadora) ya que los terrenos sueltos o suelos con granulometría fina poseen mejor excavabilidad de aquellos formados por materiales conglomerados o rocas, de igual forma se puede apreciar en el cuadro 7 que clasifica a los materiales y su comportamiento a la excavabilidad.

**Cuadro 7.-** Clasificación de materiales por su naturaleza y su comportamiento al ser excavados

Clasificación I Suelos sueltos o Semicompactados	Arenas, gravas, limos, tierra vegetal, arcillas medias con más o menos agua, escombros de rocas. Estos terrenos no necesitan preparación preliminar para ser excavados por las máquinas. Pueden ser extraídos o excavados con relativa facilidad por Tapadores Frontales, Excavadora Universal (frente de pala) y otras excavadoras en general, de baja o media potencia.
Clasificación II Suelos Compactos o roca blanda	Arcillas duras, arcillas esquistosa, roca marga, roca blanda calizo-arcillosa, masas de roca altamente fisuradas o estratificadas y roca fragmentadas producto de explosivos. Estos suelos necesitan con frecuencia una disgregación previa mediante escarificador o arado. Pueden ser excavados por equipos y medios mecánicos de medias o grandes potencias (más de 80 Hp)
Clasificación III Roca de Dureza Media	Roca caliza, pizarra, conglomerados, masa de roca medianamente estratificada, rocas muy alteradas y minerales blandos. Pueden ser excavados por equipos o máquinas de potencia intermedia (más de 140 Hp) para los trabajos convencionales necesitarían siempre de una disgregación previa mediante escarificadores pesados o el uso de explosivos de débil potencia.
Clasificación IV Roca Dura	Rocas calizas o silíceas, rocas ígneas y metamórficas y masas de rocas poco alteradas, cuarcita y la mayoría de los minerales (los de poca densidad). Solo pueden ser excavadas por procedimientos mecánicos con máquinas especialmente diseñadas para cada caso. Los explosivos que se usen deben ser de potencia media.
Clasificación V Roca muy Dura	Rocas ígneas no alteradas como granito, la diorita, diabasa, rocas metamórficas duras, minerales densos y silíceos, magnetita, etc. Solo pueden ser extraídos por procedimientos mecánicos altamente especializados y máquinas especialmente diseñadas. Hay necesidad de empleo de explosivos de alta potencia y métodos especiales de trabajo.

Fuente: Navarro S.J. (2008) Tablas de referencia

El grado de permeabilidad se eligió en base a los resultados obtenidos de los ensayos así como el tipo de material presente en la zona relacionando la tabla de los valores relativos de permeabilidad propuestos por Terzaghi K. y Peck R., 1980., en este caso da como resultado  $1.6 \times 10^{-3}$  cm/seg., y el material es limo que relacionando con la tabla indica que el terreno en el que se realizó el ensayo posee poca permeabilidad. Esto se simplifica en que si la permeabilidad es la capacidad de dejar pasar un fluido en el suelo, en el área de estudio de acuerdo al índice de permeabilidad este será capaz de dejar pasar fluidos a tan solo 1,4 m en el tiempo de un día, lo que significa que mientras más fina sea la textura del suelo más lenta será la permeabilidad, en este caso el material es limo arenoso por ende sus partículas no son tan finas como en el caso de las arcillas y su cohesión no es tan significativa como para retener el fluido sumado a que los espacios intersticiales entre cada partículas son un poco más distanciados de aquellos materiales finos.

**Tabla 10.-** Valores relativos de permeabilidad (K).

Permeabilidad relativa	Valores de K ( cm/seg )	Suelo típico
<b>Muy permeable</b>	$> 1 * 10^{-1}$	Grava gruesa
<b>Moderadamente</b>	$1 * 10^{-1}$ a $1 * 10^{-3}$	Arena, arena fina
<b>Poco permeable</b>	$1 * 10^{-3}$ a $1 * 10^{-5}$	Arena limosa, arena sucia
<b>Muy poco permeable</b>	$1 * 10^{-5}$ a $1 * 10^{-7}$	Limo y arenisca fina
<b>Impermeable</b>	$< 1 * 10^{-7}$	Arcilla

Fuente: Terzaghi K. y Peck R., 1980.

## **6.4. CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO RESIDUAL**

### **6.4.1. Muestreo del Agua Residual.**

Para determinar el análisis de las características del agua residual se procedió a tomar dos muestras simples de agua en el punto final de la descarga o desembocadura final de la red de alcantarillado ya que es el lugar en el cual la muestra será representativa realizándolos en dos meses consecutivos, de igual forma se recolectara la segunda muestra en la quebrada Jorupe que es hacia donde se descarga el agua residual de la población esto para constatar que está siendo contaminada y con ello justificar la construcción de la planta de tratamiento para la desinfección del agua residual.

La obtención de la muestra estará basada en el procedimiento utilizado por el laboratorio CIESSA el cual nos provee de la información cuantitativa con exactitud de la concentración de las sustancias contenidas de la muestra obtenida en el campo, en laboratorio se realizará el análisis de las características que en la metodología se enunciaron ya que son las características físico, químicas y biológicas más importantes para caracterizar el agua residual en especial los parámetros necesarios para la preservación de la flora y fauna, para con ello obtener el grado de contaminación y se establezca el sistema más factible para su tratamiento ya que actualmente se está desembocando de manera directa hacia la quebrada Jorupe que es una de los efluentes naturales muy necesarios para los pobladores debido a que ellos utilizan para sus actividades productivas.

En el cuadro 8 se presentan los datos de la toma de muestras en el sector de estudio detallando algunos puntos de interés para su mayor entendimiento.

**Cuadro 8.-** Ficha para la recolección de la muestra de agua

<b>Nombre del Punto</b>	<b>Descarga Final</b>
Muestra	M-1 y M-2
Nombre del Muestreador	Katty Guamán
Hora	10:30am
Coordenadas UTM	
<b>X</b>	676898
<b>Y</b>	9615156
<b>Z</b>	2167
Dirección de la quebrada	S 15° E
Clima	Cálido
Mediciones de Campo	
<b>Color</b>	Gris
<b>Olor</b>	Pestilente
<b>Temperatura Ambiente</b>	16°C
Descripción del sector	

La muestra 1 fue recolectada en el punto final de la descarga de la red de alcantarillado, se encuentra dentro de un área de sembrío la cual es llevada hacia la quebrada por medio de una zanja realizada por los mismos moradores, es de fácil acceso ya que se encuentra a unos 80 m., aproximadamente de la vía, dentro del lugar de la toma de muestra no existe vegetación exuberante solo pastizales. Para la toma de la muestra 2 se recolecto en la quebrada Jorupe mas o menos a 100 m del punto final de descarga su acceso fue un poco complicado debido a la vegetación presente que es de tipo arbustiva.

**Croquis**

	<b>Simbología</b>	
	Vía	
	Vegetación	
	M-1	
	Sendero	

Fuente: El autor

**6.4.2. Comparación de los resultados obtenidos con el Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes al Recurso Agua.**

Actualmente el agua residual es vertida directamente hacia la quebrada Jorupe, lo que significa que sus parámetros se encuentran alterados debido al sin número de contaminantes que conllevan las aguas grises, radicando su afectación en las poblaciones ubicadas aguas abajo ya que este es contribuyente a la microcuenca del Río Huapamala el cual forma parte de la Cuenca del Río Jubones. Los barrios ubicados a lo largo de este trayecto son el Progreso, Prado, Uduzhe, Paraíso poblaciones afectadas de forma directa por la necesidad que tienen de utilizar el agua de estos efluentes naturales para el riego de sus plantaciones.

El análisis de los parámetros tanto físicos, químicos y microbiológicos se ve necesario en base a que el agua es un recurso de gran importancia para las actividades diarias de los pobladores situadas aguas abajo, por ello la necesidad de preservar el agua y mantenerla en óptimas condiciones para el uso que se le pretenda dar, permitiendo de esta manera contribuir con el mejoramiento del ambiente de la flora, la fauna y primordialmente de la calidad de vida de los pobladores

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados para cada muestra, con los límites máximos requeridos por la Norma TULSMA, con la finalidad de analizar los parámetros físicos, químicos, microbiológicos que se encuentran en mayor grado de contaminación con respecto a la calidad de agua para fines agrícolas o de riego y poner énfasis al momento de realizar el tratamiento respectivo en los parámetros altamente contaminados.

La terminología de las Normas usada para establecer los límites permisibles así como para determinar su calidad es la usada por el laboratorio al cual se enviaron las muestras para los respectivos análisis siendo en este caso los detallados a continuación:

- ✓ TULSMA: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.
- ✓ MSP: Ministerio de Salud Pública
- ✓ USPHS: Unidad Sanitaria Pública de Higiene y Salud.

La terminología de algunas unidades expuestas en las tablas posteriores se presenta en los resultados ubicados en el anexo 4.

**Tabla 11.-** Resultados obtenidos de los parámetros físicos de la muestra 1 y 2.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARÁMETROS	RESULTADOS		UNIDADES	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE	NORMA
	M-1	M-2				
Temperatura	19,5	19,6	°C	Menor a 35		TULSMA
Aceites y Grasas	Presencia	Presencia	PELICULAVISIBLE	0,3 mg/l		MSP-TULSMA
Materia Flotante	Ausencia	Ausencia	MATERIAVISIBLE	-	Ausencia	TULSMA
Color Real	30	0,0	U,Pt-Co	Inapreciable	dilución 1/20	TULSMA
<b>*Color Aparente</b>	<b>380</b>	<b>79</b>	<b>U,Pt-Co</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>USPHS-OMS</b>
Turbiedad	40	10	N,T,U, o F,T,U	-	100	TULSMA
Sólidos Totales	223	39	mg/l	-	1600	TULSMA
Sólidos Disueltos Totales	192	29,7	mg/l	-	1000	TULSMA
Sólidos Disueltos Fijos	44	-	mg/l	-	-	-
Sólidos Disueltos Volátiles	148	-	mg/l	-	-	-
Sólidos Suspendidos	30	9,0	mg/l	-	100	TULSMA
Sólidos Suspendidos Fijos	6,8	-	mg/l	-	-	-
Sólidos Suspendidos Volátiles	23,2	-	mg/l	-	-	-
Sólidos Sedimentables	4	0,0	ml/l	-	1.0	MSP-TULSMA

Fuente: El autor

\*Parámetros que se encuentran fuera del límite máximo permisible.

**Tabla 12.-** Resultados obtenidos de los parámetros químicos de la muestra 1 y 2.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

PARÁMETROS	RESULTADOS		UNIDADES	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE	NORMA
	M-1	M-2				
Potencial de Hidrógeno	7,1	6,10	pH	5,0	9,0	TULSMA
<b>*Nitratos+Nitritos</b>	<b>12,0</b>	<b>4,87</b>	<b>mg/l</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>TULSMA</b>
Manganeso Total	0,2	0,00	mg/l	-	2,0	TULSMA
Hierro Total	3,9	0,11	mg/l	-	10,0	TULSMA
Cianuro Total	0,00	0,00	mg/l	-	0,1	TULSMA
Fósforo Total	2,1	0,08	mg/l	-	10	TULSMA
Cloro	0,0	0,00	mg/l	-	0,5	TULSMA
Nitrógeno Total	8,4	1,10	mg/l	-	15,0	TULSMA
Sulfatos	180	0,00	mg/l	-	1000	TULSMA
Aluminio	0,002	0,002	mg/l	-	5,0	TULSMA
Níquel	0,004	0,0035	mg/l	-	2,0	TULSMA
Zinc	0,002	0,001	mg/l	-	5,0	TULSMA
<b>*D B O5</b>	<b>140</b>	<b>0,00</b>	<b>mg/l</b>	<b>-</b>	<b>100</b>	<b>TULSMA</b>
D Q O	30	10	mg/l	-	250	TULSMA
Coliformes Fecales	3,1E+03	10	NMP/100ml	=Remoción > al 99,9 % **		TULSMA

Fuente: El autor

\*Parámetros que se encuentran fuera del límite máximo permisible.

**Tabla 13.-** Límite máximo permisible para la preservación de flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Superficiales muestra 1 y 2.

REFERENCIA ANALÍTICA

PARÁMETROS	RESULTADOS		UNIDADES	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MÁX. PERMISIBLE	NORMA
	M-1	M-2				
Temperatura	19,5	19,6	°C	Condiciones	Natural+3°C-20	TULSMA
Sólidos Disueltos Totales	192	29,7	mg/l	-	3000	TULSMA
Potencial de Hidrógeno	7,1	6,10	pH	6,0	9,0	TULSMA
<b>*Coliformes Totales</b>	<b>3.60E+03</b>	<b>9.80E+02</b>	<b>NMP/10ml</b>	<b>-</b>	<b>1000</b>	<b>TULSMA</b>
Materia Flotante	Ausencia	Ausencia	MATERIAVISIBLE	-	Ausencia	TULSMA
<b>*Coliformes Fecales</b>	<b>3.10E+03</b>	<b>1.00E+01</b>	<b>NMP/100ml</b>	<b>-</b>	<b>200</b>	<b>TULSMA</b>
Ácido Sulhídrico	0,0001	0,00	mg/l	-	0,0002	TULSMA
Aceites y Grasas	Presencia	Presencia	PELICULAVISIBLE	Ausencia	0,3mg/l	M S P-TULSMA
<b>*Amoniaco</b>	<b>3,00</b>	<b>0,09</b>	<b>mg/l</b>	<b>-</b>	<b>0,02</b>	<b>TULSMA</b>
Cianuro Total	0,00	0,00	mg/l	-	0,01	TULSMA
Cloro Libre	0,00	0,00	mg/l	-	0,01	TULSMA
<b>*Hierro Total</b>	<b>3,90</b>	<b>0,11</b>	<b>mg/l</b>	<b>-</b>	<b>0,30</b>	<b>TULSMA</b>
Manganeso Total	0,20	0,00	mg/l	-	0,10	TULSMA
Fluoruro Total	0,00	0,00	ug/l	-	4,0	TULSMA
Aluminio	0,002	0,002	mg/l	-	0,10	TULSMA
Níquel	0,004	0,0035	mg/l	-	0,025	TULSMA
Zinc	0,002	0,001	mg/l	-	0,18	TULSMA
Boro	0,78	0,45	mg/l	-	0,75	TULSMA

Fuente: El autor

\*Parámetros que se encuentran fuera del límite máximo permisible

En base a los resultados obtenidos se evidencia muy claramente que los parámetros con mayor grado de contaminación son: Coliformes fecales y totales, sólidos disueltos totales aceites y grasas, y en algunos parámetros sobrepasan los límites máximos permisibles los cuales necesitan inexistencia total de estos valores para que el agua pueda ser utilizado con fines agrícolas necesarios para la población de esta parroquia debido a sus actividades diarias.

Tanto en los parámetros físicos como químicos denotan claramente que los parámetros con alto valor son los que se alteran por las actividades diarias de la población como es el caso de la utilización de detergentes, aceites, y muchos productos de limpieza utilizados por las actividades domésticas.

Los sólidos presentes en el análisis de las muestras son aquellos que se sedimentan por decantación del agua residual y que por contener materia orgánica e inorgánica cambian notablemente su condición física y por la presencia de sulfuro de hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por efecto y acción de microorganismos anaerobios el desprendimiento de olores fétidos en el sector.

La coloración de las muestras que al igual excede los límites es otro factor que se debe controlar ya que debe ser incolora, coloración características de las aguas residuales debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias de los metales presentes en el mismo.

La turbiedad conocida como la propiedad de transmisión de luz a través del agua es un parámetro muy conocido que se emplea como indicador sobre la calidad del agua, que en este caso tratándose de aguas residuales la calidad del agua se reduce a altamente contaminada no obstante en la muestra 2 debido al recorrido que este realiza este valor baja significativamente debido a que la materia orgánica y sólida se sedimentan en su transcurso lo cual difiere totalmente su apariencia.

Los parámetros químicos que más relevancia en cuanto a contaminación son principalmente a aquellos que se encuentran inmersos dentro de materia orgánica e inorgánica así como los gases presentes en el agua residual, los mismos que junto a ellos relacionan presencia de elementos como los nitratos, azufre, fosforo o hierro.

El DBO5 en las muestras es uno de los parámetros que se encuentran sobre la norma permitida con 140 mg/l siendo el límite máximo permisible 100, es de fundamental importancia ya que está relacionado con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica, este parámetro es fundamental para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requiere para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.

Las muestras analizadas anteriormente corresponden a las muestras tomadas en el primer periodo, las posteriores se muestran en el anexo 4 de los resultados de análisis del agua.

### 6.4.3. Cálculo del Índice de Calidad Agua

El cálculo del Índice de Calidad del Agua será basado mediante el criterio de Martínez de Bascaran (1979), el cual proporciona un valor global de la calidad del agua, incorporando los valores individuales de una serie de parámetros que se detallan a en las tablas del anexo 2, utilizando la siguiente fórmula para su cálculo.

$$ICA = K \frac{\sum C_i P_i}{\sum P_i}$$

Dónde:

$C_i$  = valor porcentual asignado a los parámetros (Véase anexo 2)

$P_i$  = peso asignado a cada parámetro

$K$  = constante que toma los siguientes valores

- 1,00 para aguas claras sin aparente contaminación
- 0,75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural.
- 0,50 para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.
- 0,25 para aguas negras que presenten fermentaciones y olores.

Para realizar el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) se requiere nueve parámetros básicos que se detallan a continuación, podremos realizar la ponderación de cada valor porcentual propuesto para cada parámetro y con ello la asignación del peso establecido según la expresión matemática anteriormente expuesta, en las tablas presentes a continuación se muestran los valores finales de la ponderación.

Los nueve parámetros son:

- ✓ Sulfatos
- ✓ DBO5
- ✓ Temperatura
- ✓ Solidos Disueltos Totales
- ✓ Potencial Hidrógeno
- ✓ Coliformes Totales
- ✓ Aceites y Grasas
- ✓ Cianuro Total
- ✓ Aspecto

**Tabla 14.-** Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 1

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)				
MUESTRA 1		AGUA DE DESCARGA		
27/02/2013				
PARÁMETROS	RESULTADOS	VALOR	PESO (Pi)	Ci x Pi
		PORCENTUAL (Ci)		
Sulfatos	180	50	2	100
DBO5	140	0	3	0
Temperatura	19.5	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	192	100	2	200
Potencial de Hidrógeno	7.10	100	1	100
Coliformes Totales	3.6E+03	50	3	150
Aceites y Grasas	Presencia	90	2	180
Cianuro Total	0,00	100	2	200
Aspecto	Desagradable	30	1	30
		SUMATORIA	17	1060
		k	0.25	
			$ICA = K \frac{\sum Ci \times Pi}{\sum Pi}$	62.3529
			ICA=	15.588 %

Fuente: El Autor

**Tabla 15.-** Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 1.1

CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)				
MUESTRA 1.1		AGUA DE DESCARGA		
27/03/2013				
PARAMETROS	RESULTADOS	VALOR PORCENTUAL (Ci)	PESO (Pi)	Ci x Pi
Sulfatos	210	50	2	100
DBO5	133	0	3	0
Temperatura	19.8	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	199	100	2	200
Potencial de Hidrógeno	7.14	100	1	100
Coliformes Totales	3.8E+03	50	3	150
Aceites y Grasas	Presencia	90	2	180
Cianuro Total	0,00	100	2	200
Aspecto	Desagradable	30	1	30
Sumatoria=			17	1060
K			0.25	
$ICA = K \frac{\sum Ci \times Pi}{\sum Pi}$				62.3529
ICA=				15.588 %

Fuente: El Autor

**Tabla 16.-** Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 2.

CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)				
MUESTRA 2		AGUA DE DESCARGA		
27/02/2013				
PARAMETROS	RESULTADOS	VALOR PORCENTUAL (Ci)	PESO (Pi)	Ci x Pi
Sulfatos	0,00	100	2	200
DBO5	0,00	100	3	300
Temperatura	19,6	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	29,7	100	2	200
Potencial de Hidrógeno	6,10	100	1	100
Coliformes Totales	980	80	3	240
Aceites y Grasas	Presencia	90	2	180
Cianuro Total	0,00	100	2	200
Aspecto	Pésimo	0	1	0
Sumatoria=			17	1520
K			0.50	
$ICA = K \frac{\sum Ci \times Pi}{\sum Pi}$				89,4117
ICA=				44,705 %

Fuente: El Autor

**Tabla 17.-** Cálculo del Índice de Calidad del Agua Muestra 2.1.

CALCULO DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)				
MUESTRA 2.1		AGUA DE DESCARGA		
27/02/2013				
PARAMETROS	RESULTADOS	VALOR PORCENTUAL (Ci)	PESO (Pi)	Ci x Pi
Sulfatos	0,00	100	2	200
DBO5	0,00	100	3	300
Temperatura	20	100	1	100
Solidos Disueltos Totales	35,4	100	2	200
Potencial de Hidrógeno	6,19	50	1	50
Coliformes Totales	970	80	3	240
Aceites y Grasas	Ausencia	100	2	200
Cianuro Total	0,00	100	2	200
Aspecto	Pésimo	0	1	0
Sumatoria=			17	1490
K			0.50	
$ICA = K \frac{\sum Ci \times Pi}{\sum Pi}$				87,6470
ICA=				43.823 %

Fuente: El Autor

Las tablas muestran los valores obtenidos de la ponderación del ICA de las cuatro muestras tomadas en el campo, como se dijo anteriormente dos en diferentes lugares en dos meses consecutivos para obtener la existencia de variaciones o no en el agua residual.

El ICA adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, el cual va disminuyendo en base al grado de contaminación que puede llegar hasta 0 cuando se

encuentra altamente contaminado. Posteriormente el cálculo del índice de calidad del agua de forma general se clasifica en base a la siguiente tabla propuesta por Bascaran.

**Cuadro 9.-** Clasificación del ICA propuesto por Bascaran.

Escala de Clasificación del Índice de Calidad de Agua en función del uso					
ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
100	NO CONTAMINADO	NO REQUIERE PURIFICACION	ACEPTABLE PARA CUALQUIER DEPORTE ACUATICO	ACEPTABLE PARA TODOS LOS ORGANISMOS	NO REQUIERE PURIFICACION
95					
90					
85	ACEPTABLE	LIGERA PURIFICACION			LIGERA PURIFICACION PARA ALGUNOS PROCESOS
80					
75					
70	POCO CONTAMINADO	MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO	ACEPTABLE PERO NO RECOMENDABLE	ACEPTABLE EXCEPTO PARA ESPECIES SENSIBLES	SIN TRATAMIENTO PARA LA INDUSTRIA NORMAL
65					
60					
55	CONTAMINADO		DUDOSO PARA EL CONTACTO DIRECTO	DUDOSO PARA ESPECIES SENSIBLES	
50					
45					
40	ALTAMENTE CONTAMINADO	NO ACEPTABLE	SIN CONTACTO CON EL AGUA	SOLO ORGANISMOS RESISTENTES	TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA
35					
30					
25			SEÑAL DE CONTAMINACION	NO ACEPTABLE	USO RESTRINGIDO
20					
15					
10			NO ACEPTABLE		NO ACEPTABLE
5					
0					

En base al resultado obtenido del cálculo del ICA que es 15.6 % en las dos primeras muestras las cuales fueron tomadas en la descarga final de la red de alcantarillado arrojan valores que en base a la clasificación propuesta por Bascaran ingresan dentro de los rangos de calidad de agua altamente contaminada, criterio utilizado para designar en base a su función de uso en no aceptable en ningún tipo de actividad sin antes haber tenido un previo tratamiento; lo que significa que el agua está altamente contaminada, ya que son aguas residuales y que requiere de tratamiento para que pueda ser utilizada en este caso para las actividades de los pobladores como lo es la agricultura y ganadería antes de ser arrojada hacia la quebrada cercana que en este caso es la quebrada Jorupe el cual desemboca el agua residual.

Los resultados de las dos muestras recogidas en la quebrada Jorupe arrojan 44,7 % y 43,8 % correspondiente al criterio de clasificación de agua contaminado cuyo uso no se puede realizar sin un tratamiento previo.

El Índice de Calidad del Agua es de vital importancia ya que su ponderación final puede ser usada para mejorar la calidad del agua de un determinado lugar y que a su vez este sea difundido para que se tomen las medidas correspondientes para su recuperación o tratamiento así como también para mantener una óptima calidad de los efluentes naturales ya que actualmente hacemos caso omiso de dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales producto de nuestra actividad diaria antes de ser desembocada en estos efluentes que en algunos sectores son de vital importancia para el desarrollo del mismo.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Partiendo de información obtenida de documentación anterior plasmada oficialmente como es el Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Manú elaborado en el año 2012, el cual tiene como propósito la preservación del ambiente dando el uso adecuado a sus recursos y con ello favorecer las necesidades y fortalecer la calidad de vida de los pobladores para el desarrollo de la parroquia. En relación a ello se hace posible la realización del Estudio Geológico, Geotécnico, Ambiental para el área de emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas residuales con el fin de coadyuvar a la preservación y conservación de sus recursos orientados al mejoramiento de la calidad de vida como principal objetivo, de forma que exista una armonía entre ambiente y desarrollo sustentable de la población.

A partir de lo anteriormente expuesto y de la investigación y análisis realizado como base principal se procedió la realización del levantamiento topográfico a escala 1: 1000, cuyo polígono abarca un área de 1,38 Ha., representando relieves de colina ligeramente ondulado con cotas que varían de 2185 a 2150 m.s.n.m., cuyas zonas de denudación sumado escasa vegetación y procesos de erosión y meteorización hacen posible que la geomorfología del área se modifique. En base a la topografía de la parroquia Manú se describen elevaciones o cotas que van de 1.500 a 4.200 m.s.n.m., lo cual caracteriza a la parroquia desde zonas montañosas caracterizado por el conocido Cerro de Arcos hasta pendientes onduladas que se consideran casi planas como lo demuestra la topografía del sector de estudio.

Del análisis geológico desarrollado en el campo el área de estudio se ubica dentro de la Formación Chinchillo en el cual predominan piroclastos pertenecientes al periodo Terciario, constituidas principalmente por tobas riolíticas de coloración rosa y tobas andesíticas de coloración gris verdosa con textura porfirítica. También se puede observar depósitos Cuaternarios de material fino constituidos por material limoso que incluyen bajas cantidades de arcilla y arenas y por ende su baja cantidad de consistencia, los depósitos coluviales se encuentran sobreyaciendo el material limoso, compuestos por tobas riolíticas y andesíticas producto de la meteorización del material predominante, sus clastos subangulosos varían de 3,6 a 14 cm de diámetro poseen matriz de material limo – arenoso, estos depósitos han dado lugar a las diferentes geoformas en el terreno que sin duda son de vital importancia debido a que pueden constituirse como factores de posibles deslizamientos en la zona, es así que se han identificado formas de relieve como: ladera, cima, laderas convexas o zonas con

depresiones, cuya identificación se hizo posible en base al desnivel relativo del plano topográfico y su análisis en el software Arcgis mediante la herramienta del Hillshade clasificando al relieve en tres formas diferentes bajo, medio, alto.

El área de emplazamiento geotécnicamente se encuentra constituida por un 51% de material fino, 43% de arenas y 6% de gravas, clasificando al material de acuerdo a la SUCS como suelos arcillo limosos (CL) y arenas arcillosas (SC) correspondientes; con contenido de humedad promedio de 19% un índice de permeabilidad de 1,4 m/día el cual dentro de los rangos establecidos para cimentación este valor se designa como drenaje bajo o baja capacidad para dejar pasar fluidos, factor importante a la hora de construir porque significa que el terreno no presenta mucha absorción y por ende el suelo no se colapsara debido al factor agua. La capacidad portante de suelo a una profundidad de 3m, con zapatas analizadas de 1, 1,5 y 2 m con respecto a su base es de 52 Ton/m<sup>2</sup>., y en base al cálculo de asentamiento mientras más profundidad alcance más capacidad de soporte presenta, este valor nos indica que el terreno mediante medidas de mejoramiento es apto para la implementación de la planta, la medida sería de compactación superficial ya que existe cohesión entre sus partículas y al momento de compactar su densidad aumenta así como su capacidad soportante.

El clima sin duda es un factor importante al momento de realizar obras de ingeniería así como sin duda puede ayudar a que la contaminación se propague por colapso o derrame del agua residual hacia otras áreas en el caso de existencia de precipitaciones, que de acuerdo al análisis realizado en 10 años el clima de la parroquia y en especial a los valores obtenidos en el mapa de isoyetas se deduce que de forma general este factor no se encuentra favoreciendo a la contaminación de las aguas, ni de los suelos por infiltraciones hacia efluentes cercanos o hacia acuíferos o aguas subterráneas si fuera el caso, pero de acuerdo a los valores de la INAMHI de las estaciones hay que tener cuidado en el mes de marzo que expresa el mayor promedio de precipitaciones en el sector ya que puede influir en la contaminación de las aguas y suelos por rebose y acarreo de mismo.

Con respecto a los resultados de las muestras de agua dados por el laboratorio CIESSA nos da un indicativo de los factores a los que hay que tomar más cuidado en el momento del proceso de purificación del agua ya que de acuerdo a las Normas establecidas por el TULSMA existen un límite máximo permisibles para que el agua reciba el tratamiento

siendo en este caso los parámetros de Coliformes totales, Coliformes fecales, potencial hidrógeno, sólidos totales, grasas y aceites los que necesitan mayor énfasis para su desinfección lo que implica lograr desaparecer esta cantidad de contaminantes del agua y consecuentemente ser desembocado hacia el efluente natural de manera que no exista ningún riesgo para los habitantes del sector y puedan desarrollar sus actividades sin ninguna complicación.

Con relación a los resultados obtenidos mediante la ponderación del cálculo matemático del Índice de calidad del Agua ICA propuesto por Bascaran se obtuvo como resultado una expresión matemática que representa el grado de contaminación del agua que en este caso es alta, debido a que son aguas que han tenido un uso anterior y son desechadas de manera directa hacia efluentes cercanos de forma residual y como era de esperarse el valor de ponderación en el punto 1 es de 15 % que pertenece a un índice de calidad altamente contaminado y en el punto 2 aproximadamente a 100m de la descarga es de 43 % que de igual forma representa la existencia de contaminación que de acuerdo a la tabla de clasificación de Bascaran no se considera aceptable para actividades que involucren el contacto directo con el agua sin antes haber tenido algún tipo de tratamiento.

## 8. CONCLUSIONES

- ▀ El levantamiento topográfico se lo realizó a escala 1:1000 generando curvas de nivel principales a 5 metros y secundarias a 1 metro y las el área resultante es un polígono de 1.38 hectáreas, en la cual la cota más baja es 2150 y la más alta 2185 m.s.n.m.
- ▀ Geológicamente el área de estudio se encuentra dentro de la Formación Chinchillo constituida básicamente por piroclastos que corresponden a tobas riolíticas y andesíticas de textura porfirítica pertenecientes al Periodo Terciario (Oligoceno), presentan bloques con dimensiones de 1 a 2.5 m., se puede evidenciar formaciones del Cuaternario como lo es depósito sobresaliente de limo arcillo-arenosos que cubre toda el área de emplazamiento de la planta, depósitos coluviales producto de la meteorización de la misma roca predominante ya que en sus clastos se evidencian en las tobas con forma subangulosa.
- ▀ En base a su geomorfología el sector de estudio se encuentra ubicado dentro de relieves conformado por colinas onduladas presentándose como un terreno más o menos plano.
- ▀ Del análisis geotécnico el sector se caracteriza por estar constituido en un 51% de material fino, 43% de material arenoso, 6% de gravas clasificándolo de acuerdo a la SUSC como arcilla limosa (CL) y arena arcillosa (SC) cuyos materiales poseen baja plasticidad.
- ▀ Del ensayo SPT realizado y de acuerdo al cálculo de asentamiento realizado en el terreno nos indica que este puede llegar a soportar una carga promedio mayor a 6 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de 4m., superior a este incrementa su capacidad.
- ▀ El ensayo de la compresión simple refleja que el terreno presenta una cohesión de 1,8 kg por cada m<sup>2</sup> es decir que existe sin duda una cantidad apreciable de arcilla en el material analizado lo cual sirve como cementante entre las partículas.
- ▀ La capacidad soportante para el terreno es de 52 Ton/m<sup>2</sup>, analizadas para zapatas de 1, 1,5 y 2 m con respecto a su base, en una profundidad de 3m., que generalmente se establece para cimentaciones de acuerdo al Código Técnico de Edificación.

- ▀ De acuerdo al resultado del ensayo de permeabilidad el terreno contiene poca permeabilidad con 1,4 m de absorción de agua al día, un grado medio de hinchamiento del material debido a las partículas de arcilla presentes en el terreno.
- ▀ Los resultados proporcionados por el laboratorio CIESSA permitió reconocer los principales parámetros que se encuentran en mayores rangos de contaminación como lo son Coliformes totales, Coliformes fecales, potencial Hidrogeno, grasas y aceites que de acuerdo a la norma estandarizada TULSMA presenta los límites máximos permisibles para el uso de agua de riego en el cual estos valores deben ser inapreciables para su posterior uso.
- ▀ El ICA es una herramienta muy útil para dar información sobre la calidad del agua ya que de forma general esta nos puede indicar el estado actual de ese recurso pero no se lo puede tomar como único criterio para la toma de decisión sobre el manejo de los recursos hídricos.
- ▀ De la ponderación realizada a los 9 parámetros, se obtiene como resultado 15 a 43%, revelando matemáticamente que la calidad del agua en el sector de estudio se encuentra altamente contaminada, es decir que no es aceptable para ningún uso que se le quiera proporcionar.
- ▀ El ICA proporciona una mejor interpretación de la información ya que de acuerdo a la clasificación propuesta por Bascaran confirma de forma directa si existe o no contaminación con un criterio más simplificado para el entendimiento del público en general.

## 9. RECOMENDACIONES

- ▀ Es de vital importancia mencionar que un solo ensayo SPT, no es suficiente para tomar decisiones sobre construcciones en este sector debido a que como norma se establece como mínimo 3 ensayos, esto no se pudo efectuar debido a la falta de fondos económicos.
- ▀ Se debe realizar un mejoramiento del suelo para su cimentación que para este caso sería la utilización de compactadores de rodillo debido a que con ello aumentaría su densidad y su capacidad portante.
- ▀ Otra forma de controlar la estabilización de suelos expansivos es realizar la compactación del material con niveles de humedad más altos, es decir mayor contenido de humedad que el óptimo estimado en la prueba Proctor, ya que se obtienen mejores densidades lo cual condiciona también su resistencia y estabilidad.
- ▀ Realizar medidas para drenaje dentro del área de construcción ya que de acuerdo al estudio climático realizado en el PDOT existe más predominio del periodo invernal lo cual podría provocar problemas en la construcción por el exceso de humedad.
- ▀ Es de vital importancia realizar el respectivo tratamiento del agua residual antes de desembocar hacia cauces naturales con el fin de evitar contaminación de los mismos y con ello contaminación hacia otros elementos.
- ▀ Se debe evitar el uso del recurso agua en cualquier tipo de actividades ya que se encuentra altamente contaminado y puede producir afectaciones tanto en la flora, fauna e inclusive afectaciones de salud en el ser humano.
- ▀ Se debe promover acciones enfocadas a la desinfección del agua en las zonas rurales ya que como en este caso en varios sectores utilizan de forma directa el agua de los efluentes naturales contaminados para sus actividades así como el manejo apropiado de este recurso en sus diferentes usos.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- ▶ ALBOUIN, Jean; BROUSSE, Robert; PIERRE L., Jean. 1981. Petrología. Ediciones Omega, S.A. 325, pp.
- ▶ ANGELONE, Silvia; GARIBAY, Teresa y CAUHAPÉ, Casaux. 2006. Geología y Geotecnia. Permeabilidad de suelos. 39 pp.
- ▶ ANTÓN, D. y DÍAZ, C. 2002. Sequía en un mundo de agua, ediciones Piri Guazú, México.
- ▶ BALL, R., y CHURCH, R., 1980. Water quality indexing and scoring. Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers, 106 pp.
- ▶ BERRY P., REID D. 1993. Mecánica de Suelos. (B. Caicedo, Trad.) Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL Latinoamérica, S.A. 284, pp.
- ▶ BOWLES, J. 1980. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. (A. Arrieta, Trad.) Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL Latinoamericana, S.A.
- ▶ BRISTOW, C.R. 1973. Guide to the Geology of the Cuenca Basin, southern Ecuador, Ec. Geol. and Geophys. Soc., Quito.
- ▶ BRISTOW, C.R., HOFFSTETIER, R. 1977. Léxico Estratigráfico. América Latina fase 5, a2, Ecuador 2da. edición. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 410 p.
- ▶ CAMPOS S., Antonio, VÁSQUEZ, Oscar Ing. 1992. Manual de Ensayo de Penetración Estándar (SPT). 53, pp.
- ▶ DAS, B. 2001. Fundamentos de ingeniería geotécnica. (I. Bernal Carreño, Trad.) D.F., México: Thomson Learning. Modificado del texto Mecánica de suelos de Gonzalo Duque Escobar 2002 y del Manual de Carreteras de Luis Bañón Blázquez de 1999).
- ▶ DERCOURT, J. PAQUET, J. 1984. Geología. Barcelona-España. Editorial REVERTÉ, S. A. 427, pp.
- ▶ GOMELLA, Cyril; GUERRÉE, Henri. 1977. Tratamiento de Aguas para Abastecimiento Público. España. Editorial REVERTÉ, S. A. 240, pp.
- ▶ GRIEM W. y GRIEM KLEE S., 1999. Geología General; geovirtual.cl.
- ▶ HERRERA RODRIGUEZ, Fernando. 2000. Cimentaciones Superficiales. Guía de cálculo y diseño de cimentaciones superficiales. Madrid-España. 28 pp.

- ▶ JUÁRES BADILLO, E.; RICO RODRÍGUEZ, A. 2005. Mecánica de suelos. Fundamentos de la Mecánica de Suelos. D.F., México: EDITORIAL LIMUSA, S.A. 526, pp.
- ▶ KRUMBEIN, W.C.; SLOSS, L.L. 1995. Estratigrafía y Sedimentación. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, 778 p. México.
- ▶ MARTÍNEZ de BASCARAN, G. 197., Establecimiento de una metodología para conocer la calidad del agua, Bol. Inf. Medio Ambiente, 9, 30 – 51.
- ▶ MARTÍNEZ, Guaiquire; PEREIRA G., Gloria; YERIMAR, Josefina. 2010. “Importancia del Estudio del Suelo para la Determinación de Fundaciones en Obras Civiles”. UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Departamento de Ingeniería Civil. 58, pp.
- ▶ MÉLENDEZ, B. y FUSTER J., M. 1991. Geología. Madrid, Editorial PARANINFO. 156 pp.
- ▶ METCALF & EDDY, INC., 1985. Ingeniería Sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. 2da Edición. Barcelona. Editorial Labor, S.A. 969p.
- ▶ MORENO, Manuel. 2002. Geología y Geomorfología. Instituto de Investigaciones Ambientales Universidad de Colombia. 123, pp.
- ▶ MUSY, A. 2001. Cours "Hydrologie générale". Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie Aménagement. 150 pp.
- ▶ NORIEGA RIVERA, José M. 2008. Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos. 83 pp.
- ▶ RAMALHO, Rubens. 1996. Tratamiento de Aguas Residuales. España. Editorial REVERTÉ, S. A. 697, pp.
- ▶ RODRIGUEZ O., José María; SERRA G., Jesús; OTEO, Carlos. 1984. Curso Aplicado de Cimentaciones. Edición GRAFICINCO S.A. 266, pp.
- ▶ ROSTRO R., Ernesto, 2011. Ensayos de Compresión. 123, pp.
- ▶ SALAZAR CONTRERAS Jennifer Consuelo. 2013. Cálculo y diseño de cimentaciones para equipos y maquinaria presentes en una facilidad de producción petrolera. 184 pp.
- ▶ SANCHEZ VIZCAINO, Jesús. 2012. Magmatismo y Rocas Ígneas. 101, pp.

- ▶ TARBUCK Edward J. y LUTGENS Frederick K. (2005). Ciencias de la Tierra Introducción a la geología física. Pearson Educación S. A., Madrid. Octava Edición. 677 pp.
- ▶ TERZAGHI Karl y PECK Rv., 1980. Mecánica Teórica de Suelos en la Ingeniería Practica, 663 pp.
- ▶ TERZAGHI, Karl., 1882-1963. Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage, Vienna, Deuticke, 399 pp.
- ▶ TORRES S. Mario Camilo., 2002. “Seminario técnico sobre Estudios Geotécnicos” dictado en las universidades Minuto de Dios, Piloto de Colombia, La Gran Colombia y Distrital (D.R.A.). Bogotá.
- ▶ TUCKER M. E., 1981. Sedimentary Petrology. Blackwell Sci. Public., Oxford, 252 pp.
- ▶ VISION GLOBAL VGCONSULT CIA. LTDA. 2012. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Loja- Ecuador. 305 pp.

#### **Páginas Web.**

- ▶ [www.uned.es/dptoicf/](http://www.uned.es/dptoicf/) Mecánica del Suelo y Cimentaciones.
- ▶ [www.geovirtual.cl/Geología General cap11](http://www.geovirtual.cl/Geología%20General%20cap11).
- ▶ [www.sisman.utm.edu.ec/libros/Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas/Ingeniería Civil/Geología/Geologia-Estructural.pdf](http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/Facultad%20de%20Ciencias%20Matemáticas%20Físicas%20y%20Químicas/Ingeniería%20Civil/Geología/Geologia-Estructural.pdf)
- ▶ [www.slideshare.net/segundosanchez/geologia y geomorfología](http://www.slideshare.net/segundosanchez/geologia%20y%20geomorfología)
- ▶ [www.consolider-tragua.com/documentos/Protocolo de Técnicas de Muestreo y análisis.](http://www.consolider-tragua.com/documentos/Protocolo%20de%20Técnicas%20de%20Muestreo%20y%20análisis)
- ▶ [www.slideshare.net/farnebar/Principios de Ingeniería de Cimentaciones BRAJADAS.](http://www.slideshare.net/farnebar/Principios%20de%20Ingeniería%20de%20Cimentaciones%20BRAJADAS)
- ▶ [www.geotecnia2000.com/Capacidad Portante del Terreno.pdf](http://www.geotecnia2000.com/Capacidad%20Portante%20del%20Terreno.pdf)
- ▶ [www.sigtierras.gob.ec/Ortofotos](http://www.sigtierras.gob.ec/Ortofotos)

## **11. ANEXOS.**

### **ANEXO 1. Descripción de Afloramientos**

### AFLORAMIENTO N°1

<b>UBICACIÓN:</b>	X=676572; Y= 9614704, Z= 2181
<b>DATUM:</b>	WGS 84 Zona 17 S
<b>TIPO DE ROCA</b>	Sedimentaria
<b>CONTEXTO GEOMORFOLOGICO:</b>	Pendiente ondulada

#### DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

Depósitos Coluviales.- En este afloramiento se puede encontrar depósitos coluviales de coloración café claro características de materiales jóvenes pertenecientes al Plioceno del Cuaternario, conformados por clastos de rocas volcánicas de andesita y riolitas porfiríticas propias del lugar los cuales presentan diámetros que varían desde 1.6 a 14 cm.

Según la clasificación de Krumbrein y Sloss (1995) las partículas de acuerdo a su forma y su redondeamiento son 0.7 - 0.1, 0.3 - 0.1, 0.7 - 0.3 es decir que las partículas poseen formas angulosas a subangulosas.

La consistencia del material es medianamente firme debido a que son depósitos jóvenes y no han sufrido aun procesos de compactación ya que se puede tomar fácilmente las muestras con un leve toque de piqueta, los clastos están mal seleccionados representando un 80% de material grueso, posee matriz limo – arenosa se encuentran poco consolidados pero no tienen cementante ya que se puede disgregar con facilidad.



La potencia del depósito coluvial presenta una altura de 1.7 m de espesor, cubriéndose por la cobertura vegetal de 20 cm de coloración gris negruzco característico de suelos orgánicos ya que en el sector son utilizados para la agricultura.

Fuente: El Autor.

## AFLORAMIENTO N° 2

<b>UBICACIÓN:</b>	X= 676493, Y= 9614735, Z= 2176
<b>DATUM:</b>	WGS 84 Zona 17 S
<b>TIPO DE ROCA:</b>	Sedimentaria
<b>CONTEXTO GEOMORFOLOGICO:</b>	Colina

### DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

Limo.- material sedimentario se encuentra ubicado al extremo sur-oeste del área de emplazamiento, el material limoso presenta un color café claro lo cual data del periodo Cuaternario perteneciente al Plioceno, en algunas partes presenta colores grisáceos debido a material orgánico presente en la zona, y amarillentos debido a que se encuentra expuesto a la erosión lo que produce oxidación de los materiales.



El material limoso incluye presencia de clastos de las tobas andesíticas del lugar de un 5% aproximadamente los clastos se presentan dispersos de forma subangulosa; posee una potencia de 6.8 m, su grado de cohesión es muy bajo debido a que se lo puede disgregar fácilmente al tomarlo con las manos, lo cual nos conlleva a decir que posee una resistencia medianamente firme.

Fuente: El Autor.

### AFLORAMIENTO N° 3

<b>UBICACIÓN:</b>	X=676586; Y= 9614754, Z=2170
<b>DATUM:</b>	WGS 84 Zona 17 S
<b>TIPO DE ROCA</b>	Ígnea
<b>CONTEXTO GEOMORFOLOGICO:</b>	Colinoso

#### DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

Lava Volcánica.- En la parte Oeste del área de emplazamiento se puede evidenciar el afloramiento de masa rocosa de origen ígneo Toba Riolíticas de coloración crema presentando una textura porfirítica ya que se pueden observar sus fenocristales muy visibles con diámetros de 1cm en su máximo valor, debido a la presencia de material orgánico se presenta con una coloración oscura.



Posee una altura de 11.28 m. la cual se encuentra expuesta a la erosión y meteorización casi en su totalidad ya que carece de materia vegetal posee fracturamiento en casi su totalidad, debido a esto fue posible obtener un poco de muestra para determinar el tipo de material.

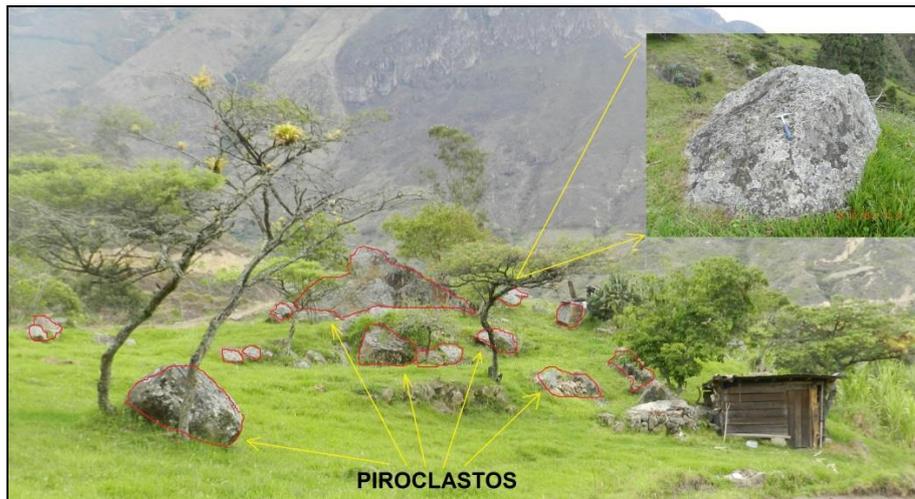
Fuente: El Autor.

#### AFLORAMIENTO N° 4

<b>UBICACIÓN:</b>	X= 676501, Y= 9614782, Z= 2169
<b>DATUM:</b>	WGS 84 Zona 17 S
<b>TIPO DE ROCA</b>	Ígnea
<b>CONTEXTO GEOMORFOLOGICO:</b>	Relieve ondulado

#### DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

Piroclastos.- están dispuestos en la parte este del área de emplazamiento de acuerdo al mapa topográfico levantado, en este sector se concentra la mayor cantidad de piroclastos ya que alrededor del área de estudio es muy común observarlos, presentan diámetros que varían de 2.5m los bloques de mayor tamaño y 1m los bloques más pequeños, se encuentran expuestos a la erosión y meteorización por ello es muy común encontrarlos de coloración rojiza debido a la presencia de óxidos en su composición y otros de color gris negruzco debido a la presencia de material orgánico entre ellos, los bloques en su totalidad se presentan sub-angulosos a redondeados en algunos casos.



Los bloques piroclastos están conformados por lavas tobas andesíticas de coloración gris-verdosa, pero debido a su exposición presentan colores rojizos debido a la presencia de óxidos de hierro en su composición y por ende se encuentran expuestos a los procesos de erosión y meteorización, también podemos encontrar bloques de tobas riolíticas de coloración rosa y en otros presenta color marrón y como se puede observar en la fotografía están cubiertas por material orgánico que le dan su aspecto oscuro.

Fuente: El Autor.

### AFLORAMIENTO N° 5

<b>UBICACIÓN:</b>	X=676587; Y=9614713, Z=2172
<b>DATUM:</b>	WGS 84 Zona 17 S
<b>TIPO DE ROCA</b>	Sedimentaria
<b>CONTEXTO GEOMORFOLOGICO:</b>	Colina

#### DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

Limo.- El material sedimentario se encuentra depositado en la parte oeste del área de emplazamiento encontrando material limoso con baja cantidad de material arcilloso de color amarillento meteorizado ya que se puede disgregar con facilidad al tomarlo con las manos, según la clasificación de Krumbrein y Sloss (1995) las partículas de acuerdo a su forma y redondeamiento son 0.9/0.9 característicos de material fino, presenta un la coloración negra se debe al humus ya que es un área utilizada para la agricultura lo cual sería la capa de material orgánico. Posee un grado de consistencia medianamente firme a suelo blando, pertenece a depósitos Cuaternarios de origen eólico.



El material sedimentario se encuentra meteorizado debido a la acción de la vegetación que existen en la zona y también de algunos pastizales ya que sus raíces atraviesan por todo el material dejándolo frágil y fracturado.

Fuente: El Autor.

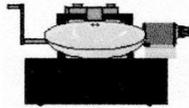
**ANEXO 2.** Tablas de los valor porcentuales asignados a los 9 parámetros para obtención del ICA propuestos por Bascaran.

Parámetro	pH	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Reducción del permanganato	Coliformes	Nitrógeno amoniacal	Cloruros	Temperatura	Detergentes	Aspecto	Valoración Porcentual
<b>VALOR ANALÍTICO</b>	1/14	>16.000	0	>15	>14.000	>1,25	>1.500	>50/>-8	>3,00	Pésimo	0
	2/12	12.000	1	12	10.000	1,00	1.000	45/-6	2,00	Muy malo	10
	3/12	8.000	2	10	7.000	0,75	700	40/-4	1,50	Malo	20
	4/11	5.000	3	8	5.000	0,50	500	36/-2	1,00	Desagradable	30
	5/10	3.000	3,5	6	4.000	0,40	300	32/0	0,75	Impropio	40
	6/9,5	2.500	4	5	3.000	0,30	200	30/5	0,50	Normal	50
	6,5	2.000	5	4	2.000	0,20	150	28/10	0,25	Aceptable	60
	9	1.500	6	3	1.500	0,10	100	26/12	0,10	Agradable	70
	8,5	1.250	6,5	2	1.000	0,05	50	24/14	0,06	Bueno	80
	8	1.000	7	1	500	0,03	25	22/15	0,02	Muy bueno	90
7	<750	7,5	<0,5	<50	0	0	21 a 16	0	Excelente	100	
<b>Unidad de medida</b>	Udad.	µmhos/cm	mg/l	mg/l	nº/100 ml	p.p.m.	p.p.m.	°C	mg/l	Subjetiva	%
<b>Peso</b>	1	4	4	3	3	3	1	1	4	1	---
<b>Los valores analíticos que corresponden a un valor porcentual menor que 50, se entienden como no permisibles. Se precisaran medidas correctoras.</b>											

Unidades porcentuales de otros parámetros que intervienen en la calidad del agua.

Parámetro	Dureza	Sólidos disueltos	Plaguicidas	Grasas y aceites (percloroformo)	Sulfatos	Nitratos	Cianuros	Sodio	Calcio	Magnesio	Fosfatos	Nitritos	DBO <sub>5</sub>	Valor porcentual
<b>VALOR ANALÍTICO</b>	>1.500	>20.000	>2	>3	>1.500	>100	>1	>500	>1.000	>500	>500	>1	>15	0
	1.000	10.000	1	2	1.000	50	0,6	300	600	300	300	0,50	12	10
	800	5.000	0,4	1	600	20	0,5	250	500	250	200	0,25	10	20
	600	3.000	0,2	0,60	400	15	0,4	200	400	200	100	0,20	8	30
	500	2.000	0,1	0,30	250	10	0,3	150	300	150	50	0,15	6	40
	400	1.500	0,05	0,15	150	8	0,2	100	200	100	30	0,10	5	50
	300	1.000	0,025	0,08	100	6	0,1	75	150	75	20	0,05	4	60
	200	750	0,01	0,04	75	4	0,05	50	100	50	10	0,025	3	70
	100	500	0,005	0,02	50	2	0,02	25	50	25	5	0,010	2	80
	50	250	0,001	0,01	25	1	0,01	15	25	15	1	0,005	1	90
<25	<100	0	0	0	0	0	0	<10	<10	<10	0	0	<0,5	100
<b>Unidad de medida</b>	mgCO <sub>3</sub> Ca/l	mg/l	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
<b>Peso</b>	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	----

**ANEXO 3.** Resultados de los ensayos geotécnicos.



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

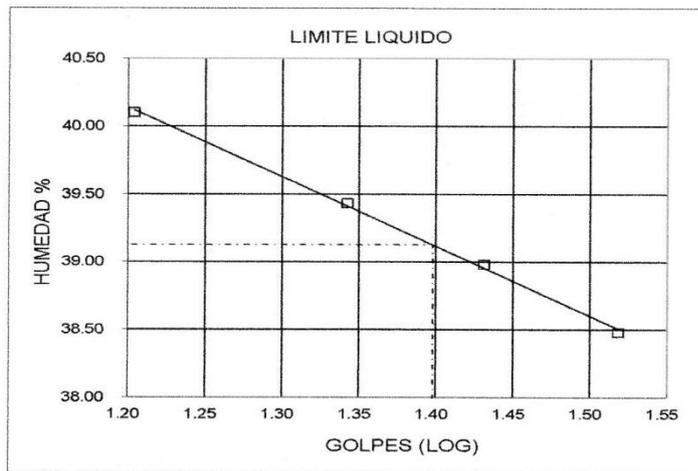
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

.-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

## ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE UNA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : MANÚ						
FECHA : OCTUBRE-2013						
OPERADOR: O.V			MUESTRA 1			
			PROFUND. 2.00 m.			
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		73.73	65.00	20.29	19.53	
		74.97	65.53	19.15	20.35	19.94
2.- LÍM. LIQUIDO	33	38.20	34.96	26.54	38.48	
	27	38.70	35.64	27.79	38.98	
	22	34.67	31.89	24.84	39.43	
	16	31.03	27.79	19.71	40.10	39.13
3.- LÍM. PLASTICO		30.05	29.63	27.08	16.47	
		23.09	22.71	20.42	16.59	16.53
4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN.-					
PESO IN= 140.9 (H/S) H				GRAVA=	6 %	
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 117.4				ARENA=	43 %	
				FINOS=	51 %	
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA			
1 1/2"	0.00	0.0	100	LL = 39.00 %		
1"	0.00	0.0	100	LP = 17.00 %		
3/4"	0.00	0.0	100	IP = 22.00 %		
1/2"	0.00	0.0	100			
3/8"	2.56	2.2	98	CLASIFICACIÓN:		
No. 4	4.42	5.9	94	SUCS = CL		
No. 10	5.95	11.0	89	AASHTO= A-6		
No. 40	19.61	27.7	72	IG(86)= 8		
No. 200	24.49	48.6	51	IG(45)= 8		
COLOR= CAFÉ						



  
 Ing. Diego A. Castillo  
 LABORATORIO  
**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
 Estudios de Suelos. Laboratorio



# ESTSUELCON CIA. LTDA.

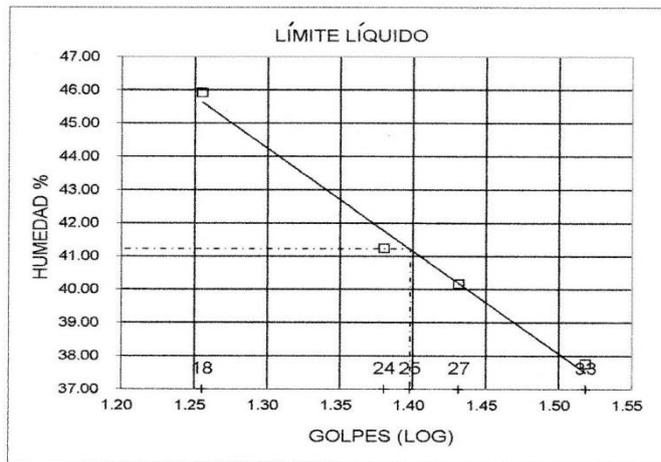
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Telefax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

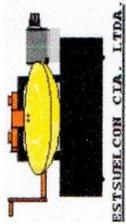
## ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE UNA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : MANÚ						
FECHA : OCTUBRE-2013		OPERADOR: O.V		MUESTRA 1		
				PROFUND. 4.00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		39.05	35.95	19.78	19.17	
		37.69	34.72	19.27	19.22	19.20
2.- LÍM. LÍQUIDO	33	36.39	33.92	27.38	37.77	
	27	35.10	30.53	19.15	40.16	
	24	41.31	37.38	27.85	41.24	
	18	30.28	26.74	19.03	45.91	41.22
3.- LÍM. PLÁSTICO		25.53	24.71	20.39	18.98	
		26.90	25.73	19.62	19.15	19.07
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACIÓN.-		
PESO IN= 46.2 (H/S) H				GRAVA= 10 %		
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 38.7				ARENA= 43 %		
				FINOS= 47 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 41.00 %		
1 1/2"	0.00	0.0	100	LP = 19.00 %		
1"	0.00	0.0	100	IP = 22.00 %		
3/4"	0.00	0.0	100			
1/2"	0.00	0.0	100			
3/8"	1.61	4.2	96	CLASIFICACIÓN:		
No. 4	2.34	10.2	90	SUCS = SC		
No. 10	2.50	16.7	83	AASHTO= A-7-6		
No. 40	7.03	34.8	65	IG(86)= 6		
No. 200	6.95	52.7	47	IG(45)= 6		
COLOR= CAFÉ						



  
 Ing. Diego I. Castillo  
 LABORATORIO  
**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

PERFIL ESTRATOGRAFICO DEL SUELO



PROYECTO:  
 OBRA:  
 SOLICITADO POR:  
 REALIZADO POR:  
 POZO: 1

EMPLAZAMIENTO DE UNA PLANTA DE AGUAS  
 ESTUDIO DE SUELOS  
 Srta. Katty Guamán  
 Ing. Diego I. Castillo

PROFUNDIDAD D (M)	COLOR	COMPOSICION	DESCRIPCION
0-1	CL	C. H.= 19.9 % L.L.= 39 % L.P.= 17 % I.P.= 22 %	Arcilla limosa de baja plasticidad
1-2	CL	C. H.= 19.9 % L.L.= 39 % L.P.= 17 % I.P.= 22 %	Arcilla limosa de baja plasticidad
2-3	SC	C. H.= 19.2 % L.L.= 41 % L.P.= 19 % I.P.= 22 %	Arena arcillosa de baja plasticidad
3-4	SC	C. H.= 19.2 % L.L.= 41 % L.P.= 19 % I.P.= 22 %	Arena arcillosa de baja plasticidad

Ind. Diego I. Castillo

CONSULTOR  
 ESTSUELCON CIA. LTDA.  
 Estudios de Suelos, Laboratorio,  
 Construcción y Consultoría  
 Loja-Ecuador



## ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

### PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS

PROYEC:	ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE UNA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES	
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS	
LOCALZ.:	MANÚ	MUESTRA: 1
FECHA:	OCTUBRE-2013	

MUESTRA: Insitu - Manú

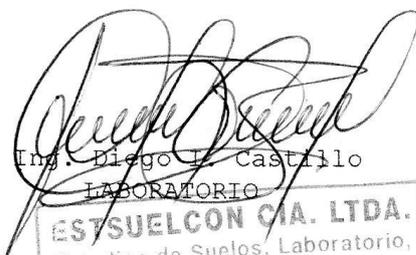
### PESO ESPECÍFICO SUELO

NORMA DE ENSAYO: ASTM D854-58

DATOS:		
VOLUMEN PICNÓMETRO:	500.00	ml
PESO PICNOMETRO+AGUA+SUELO=Wbws	746.37	gr
TEMPERATURA	20.00	°C
PESO PICNÓMETRO+AGUA=Wbw	693.11	gr
PESO PLATO EVAPORADOR	247.97	gr
PESO PLATO EVAP.+SUELO SECO	331.62	gr
PESO SUELO SECO=Ws	83.65	gr
$Ww=Ws+Wbw-Wbws$	30.39	gr
$Gs=\alpha Ws/Ww$	2.75	

Gravedad Específica de los sólidos del suelo (G:

2.75

  
Ing. Diego L. Castillo  
LABORATORIO  
ESTSUELCON CIA. LTDA.  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Construcción y Consultoría  
Loja-Ecuador





**ESTSUELCON CIA. LTDA.**

# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.c

## ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

HOJA 1

PROYECTO:	<b>ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA DE LA PARROQUIA MANÚ</b>		
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS		
LOCALIZ.:	LOJA	POZO No. :	1,00
FECHA:	OCT.-2013	OPERADOR:	C.F.G.C. PROFUND. (m) 4,00

DATOS DE LA MUESTRA:		CONTENIDO DE HUMEDAD:	
DIÁMETRO:	4,50 cm.	Peso Hum. :	88,09
ALTURA :	9,01 cm.	Peso Seco :	83,96
AREA :	15,90 cm <sup>2</sup> .	Peso Cap. :	33,44
VOLUMEN :	143,30 cm <sup>3</sup> .	w ( % ) :	8,17
PESO :	327,80 gr.		
DENSIDAD:	2,29 gr/cm <sup>3</sup>	CONSTANTE DE CARGA	
		K =	0,1075

**DATOS DE LA PRUEBA:**

Dial de Deform. mm	Dial Carga	Deform. Unit. ( % )	Carga (kg)	Área Corrg. (cm <sup>2</sup> )	Tensión Desviante (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0	0,00	0,00	15,90	0,00
0,5	2,55	0,55	27,94	15,99	1,75
1,0	4,67	1,11	51,17	16,08	3,18
2,0	5,27	2,22	57,75	16,27	3,55
3,0					
4,0					
5,0					
6,0					
7,0					
8,0					

**RESULTADOS :** COMPRESION SIMPLE: ( Kg/cm<sup>2</sup> ) = 3,55

**ESTSUELCON CIA. LTDA.**  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Construcción y Consultoría



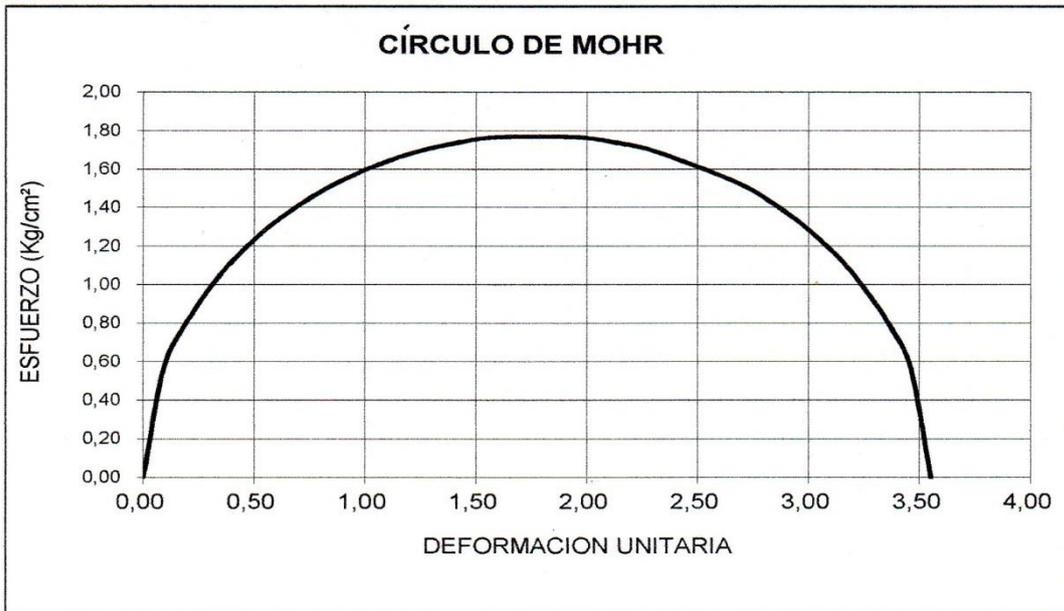
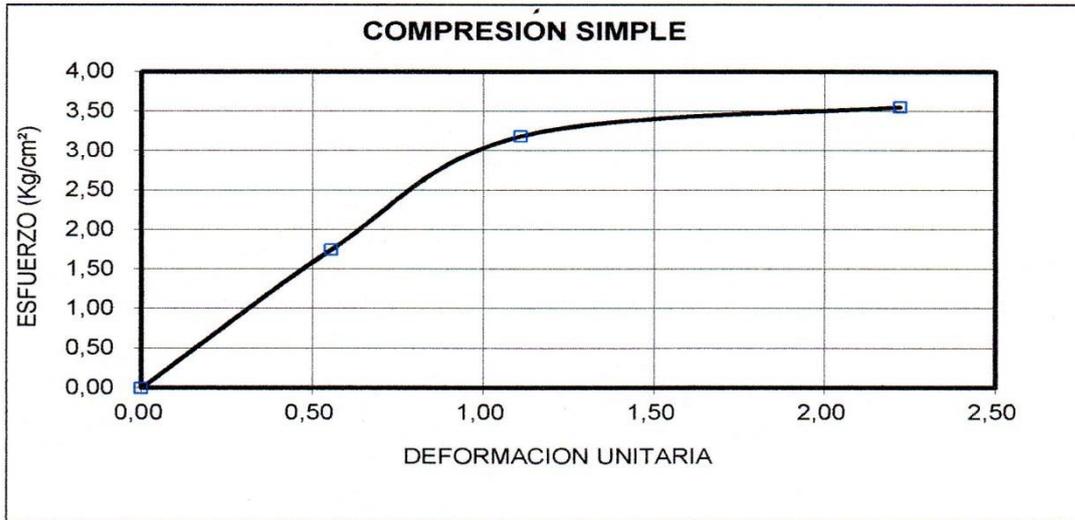
# ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA  
e-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.c

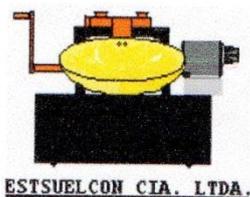
## ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

HOJA 2

PROYECTO:	ESTUDIO GEOLOGICO AMBIENTAL PARA EL EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA DE LA PARROQUIA MANU		
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS		
LOCALIZ.:	LOJA	MUESTRA No. :	1,00
FECHA:	OCT.-2013	OPERADOR:	C.F.G.C. PROFUND. (m) 4,00



Claudio F. Guerrero C.  
ESTSUELCON CIA. LTDA.  
Estudios de Suelos, Laboratorio,  
Construcción y Consultoría

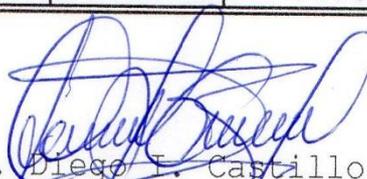


## CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

### PROYECTO ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE EMPLAZAMIENTO DE UNA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES

**OBRA:** ESTUDIO DE SUELOS  
**SOLICITADO POR:** Srta. Katty Guamán  
**REALIZADO POR:** Ing. Diego I. Castillo  
**POZO:** 1

POZO	PROFUNDIDAD	N30	B	qa	d
	M	golpes	m	T/m <sup>2</sup>	mm
1	1	31	1	50.0	25
	1	31	1.5	50.0	30
	1	31	2.0	50.0	33
	2	16	1.0	35.0	34
	2	16	1.5	35.0	41
	2	16	2.0	35.0	45
	3	33	1.0	52.0	25
	3	33	1.5	52.0	29
	3	33	2.0	52.0	32

Ing.  Diego I. Castillo



**ANEXO 4.** Resultado de los análisis del agua residual.

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-13 - 049	SOLICITANTE: Egda. Katty Guamán
PROYECTO: Estudio geológico ambiental a detalle del área de emplazamiento de un Sistema de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Manú del Cantón Saraguro.	DIRECCIÓN: Cdla Pío Jaramillo
	TELEFAX: 072 - 582782

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO: 27 - 02 - 2013	MUESTRA: Agua Servida, descarga a la Quebrada Jorupe.
FECHA DE INGRESO: 27 - 02 - 2013	CODIGO: MA: 01 CANTIDAD: 2 500 ml
FECHA DE ANÁLISIS: 27 - 02 - 2013	PRESENTACIÓN: Envase plástico y Estéril
FECHA DE REPORTE: 08 - 03 - 2013	CANTON: Saraguro PROVINCIA: Loja
FECHA DE ENTREGA: 08 - 03 - 2013	PARROQUIA: Manú BARRIO: Manú

I. REFERENCIA ANALITICA:

*-Límite Máx. Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según TULAS*

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	19,5	Menor	a 35	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia		0,3 mg/l	ETAS	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Color Real	U.Pt- Co	30	Inapreciable	dilución 1/20	APHA	TULAS
Color Aparente	U.Pt- Co	380	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	40	-	100	AWWA	-TULAS
Sólidos Totales	mg/l	223	-	1 600	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	192	-	1000	AOAC 920.193	-TULAS
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	44	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	148	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	30	-	100	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	6,8	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	23,2	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	4	-	1,0	IMHOFF	M S P-TULAS

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	7,10	5,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Nitratos+Nitritos	mg/L	12,0	-	10	AWWA	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,20	-	2,0	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	3,90	-	10,0	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,1	pyridine - pyrazolone	TULAS
Fósforo Total	mg/l	2,10	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	TULAS
Cloro	mg/l	0,00	-	0,5	AWWA	TULAS
Nitrógeno Total	mg/l	8,40	-	15,0	NESSLER	TULAS
Sulfatos	mg/l	180	-	1000	TUBIDIMETRO	TULAS
Aluminio	mg/l	0,002	-	5,0	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,004	-	2,0	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,002	-	5,0	Zincon	TULAS
D B O <sub>5</sub>	mg/l	140	-	100	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	30	-	250	AOAC973 - 46	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.1E+03	= Remoción	> al 99,9% **	INEN 1 529-8	=TULAS

**II. REFERENCIA ANALITICA:**

Límite Máx. Permissible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Sup.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	19,5	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	192	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+Potencial de Hidrógeno	pH	7,10	6,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	3,6E+03	-	1000	APHA 9221 B	TULAS
Materia Flotante	MATERIA VISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	ETAS-TULAS	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3,1 E+03	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
Ácido Sulhídrico	mg/l	0,0001	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia	Ausencia	0,3mg/l	ETAS-M S P	M S P-TULAS
Amoniaco	mg/l	3,00	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine - pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	3,90	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,20	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Aluminio	mg/l	0,002	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,004	-	0,025	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,002	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,78	-	0,75	Carmine	TULAS

**Nota 1:**

+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego"; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>LEA</sub> PCCA.

=TULAS Aquellos regulados con descargas de Coliformes Fecales menores o iguales a 3000 quedan exentos de tratamiento, contempla sobre el criterio de calidad en descarga a un cuerpo de agua dulce.

**Nota 2:**

-TULAS Dentro de la Norma del Límite Deseable Permissible marcados con el signo contempla sobre el criterio de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Doméstico u otros usos.

INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permissible para Agua Potable de Consumo Humano.

- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

**NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:**

- NTU (Unidades de Turbiedad Nefelométrica) / - µmhos/cm. (Micromhos por centímetro)
- FTU (Unidades de Formazin Turbidimétrica) / - °C (No exceda de 3 grados de la Ta. Media de la Región)
- U. Pt. Co. (Unidad de Platino Cobalto) / - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro)
- U F C/ml (Unidad Formadora de Colonias por mililitro) / - m. (Profundidad mínima, en metros)
- (Gérmenes Totales o Aerobios Mesófilos) / - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros) / - D Q O / O2 (Demanda Química de Oxígeno y Oxígeno Disuelto)



**CIESSA** Cta. Ltda.  
**ONEA Test Lab**  
 CENTRO DE INVESTIGACION,  
 ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS

RUC: 1191731766001

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO  
 Manuel A. Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina, La Pradera, Loja  
 Telf: 091549877 2589913 Cel. 091549877 2589913 LOJA

Edgar S. Ojeda Riascos, BIOQUIMICO  
**ONEA Test Lab**  
**HIDRO SANITARIO**      **MICROBIOLOGIA**

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telf: 072-589 913-577 70-584 594/Telefax:072-589 913/577 707/Celular:091549877/E.mail: ciessa1@hotmail.com / eaguasysuelos1@yahoo.com

**1. INFORMACIÓN GENERAL:**

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-13 - 050	SOLICITANTE: Egda. Katty Guamán
PROYECTO: Estudio geológico ambiental a detalle del área de emplazamiento de un Sistema de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Manú del Cantón Saraguro.	DIRECCIÓN: Cda Pío Jaramillo
	TELEFAX: 072 - 582782

**2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

FECHA DE MUESTREO: 27 - 02 - 2013	MUESTRA: Agua de la Quebrada Jorupe.	CANTIDAD: 2 500 ml
FECHA DE INGRESO: 27 - 02 - 2013	CODIGO: MA: 02	
FECHA DE ANÁLISIS: 27 - 02 - 2013	PRESENTACIÓN: Envase plástico y Estéril	
FECHA DE REPORTE: 08 - 03 - 2013	CANTON: Saraguro	PROVINCIA: Loja
FECHA DE ENTREGA: 08 - 03 - 2013	PARROQUIA: Manú	BARRIO: Manú

**I. REFERENCIA ANALITICA:**

*Límites Permisibles para agua Potable y, Consumo Humano o Uso Doméstico que requiere Tratamiento Convencional*

**3. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO:**

**3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	AWWA	USPHS
Sabor	-	Inobjetable	Inobjetable	Inobjetable	AWWA	USPHS
Color Real	U.Pt- Co	0	-	100	APHA	TULAS
Color Aparente	U.Pt- Co	79	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	10	-	100	AWWA	TULAS
Temperatura	°C	19,6	Condición	Natural+0-3°C	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Sólidos Totales	mg/l	39,0	-	-	AOAC 920.193	M S P
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	29,7	-	1000	AOAC 920.193	TULAS
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	59	-	1250	AOAC 973.40	IEOS
Sólidos Suspendidos	mg/l	9,0	Ausencia	Ausencia	AOAC 920.193	MS P
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,0	Ausencia	Ausencia	C. IMHOFF	MS P

**3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,10	6,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Acidez Libre	mg/l	0,00	-	-	AOAC 973.42	-
Acidez Total	mg/l	0,00	-	-	AOAC 973.42	-
Alcalinidad a la Fenolftaleina	mg/l	0,00	-	-	AOAC 973.43	-
Alcalinidad Total	mg/l	25,0	-	-	AWWA	-
Bicarbonatos	mg/l	25,0	-	250	AWWA	IEOS
Carbonatos	mg/L	0,00	-	120	AWWA	IEOS

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Cianuro Total	mg/l	0,00	0,00	0.10	pyridine - pyrazolone	TULAS
Ácido Sulhídrico	mg/l	0,00	0,0	0.05	SULFURO DE PLOMO	IEOS
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,07	-	1.0	NESSLER	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,09	-	0.5	NESSLER	IEOS
Amonio	mg/l	0,09	-	0.05	NESSLER	TULAS
Calcio	mg/l	6,01	30	70	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Cálctica	mg/l	14,9	150	500	AWWA - ETAS	OMS-IEOS
Dureza Total	mg/l	20,0	-	500	AWWA - ETAS	TULAS
Dureza Magnésica	mg/l	5,10	-	-	AWWA - ETAS	-
Magnesio	mg/l	1,24	12	30	AWWA - ETAS	INEN
Cloruros	mg/l	15,0	-	250	DE MOHR	TULAS
Sodio	mg/l	9,75	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
Potasio	mg/l	4,20	10	500	ARGENTOMÉTRICO	IEOS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0.1	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,11	-	1.0	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Hierro Soluble	mg/l	0,14	0.3	0.8	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro Coloidal	mg/l	0,16	-	-	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro + Manganeso	mg/l	0,11	-	0.3	ETAS-COMB.	USPHS
Sílice	mg/l	11,0	-	5	MOLIBDATO DE SILICE	IEOS
Sulfatos	mg/l	0,00	-	400	TUBIDIMETRO	TULAS
Fosfatos	mg/l	0,25	-	0.3	ÁCIDO ASCÓRBICO	IEOS
Fósforo	mg/l	0,08	-	-	ÁCIDO ASCÓRBICO	-
Pentóxido Fósforo	mg/l	0,19	-	-	ÁCIDO ASCÓRBICO	-
Fluoruro Total	mg/l	0,00	-	1.5	SPADNS	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	0.5	0.3 - 1	AWWA	INEN
Cloro Total	mg/l	0,00	-	-	AWWA	-
Nitrógeno Nitrate	mg/l	1,10	-	10	REDUCCIÓN DE CADMIO	TULAS
Nitrato	mg/l	4,84	10	45	REDUCCIÓN DE CADMIO	INEN - USPHS
Nitrógeno Nitrito	mg/l	0,01	-	1.0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
Nitrito	mg/l	0,03	Cero	Cero	DIAZOTIZACIÓN	INEN
Nitratos + Nitritos	mg/l	4,87	-	10	ETAS-COMB.	OMS - IEOS
Anhídrido Carbónico Libre	mg/l	2,50	-	5	AWWA	IEOS
D B Os	mg/l	0,00	-	No > 2	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	10,0	-	-	AOAC973 - 46	IEOS
OD	mg/l	14,0	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

#### 4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Gérmenes Totales	UFC/ml	128 000	Ausencia	30	AOAC 966.23 C	INEN
Coliformes Totales	NMP/100ml	980	-	3000	APHA 9221 B	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	10	-	600	INEN 1 529-8	TULAS
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	FDA Cap. 18 1992	IEOS

-Límite Máx. Permissible para el Agua de Consumo Humano y Uso Doméstico, que requiere Tratamiento Convencional, según TULAS

-Límite Máx. Permissible para Agua Potable de Consumo Humano, Según Normas: INEN, OMS, USPHS e IEOS.

-Dentro de la Norma de referencia del Límite Deseable Permissible marcadas con el signo ( - ) no contempla fuente alguna sobre criterios de Calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Uso Doméstico.

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telf: 072-589 913-577 70-584 594/Telefax:072-589 913/577 707/Celular:091549877/E.mail: ciessa1@hotmail.com / eaguasysuelos1@yahoo.com

## II. REFERENCIA ANALITICA:

Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Calidas en Cuerpos de Agua Superficial

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,10	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Temperatura	°C	19,6	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P - TULAS	TULAS
Ácido Sulhídrico	mg/l	0,00	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,09	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine - pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,11	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Nitrito	µg/l	30,0	-	60,0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
OD	mg/l	14,0	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	10	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	980	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
+Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,07	-	30,0	NESSLER	TULAS
+Bicarbonatos	meq/l	0,41	-	8,50	M S P - AWWA	TULAS
+Cloruros	meq/l	0,42	-	250	DE MOHR	TULAS
+Sodio	meq/l	0,42	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
+Transparencia de las Agua	m (visual)	Visible	-	2,00	Disco Secchi	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	29,7	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+R A S	meq/l	0,94	-	15	M S P	TULAS
+Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,06	-	3,00	AOAC 973.40	TULAS
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	10	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
*Coliformes Totales	NMP/100ml	980	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
*Temperatura	°C	19,6	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
*Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P - TULAS	TULAS
*Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
*Potencial de Hidrógeno	pH	6,10	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
*OD	mg/l	14,0	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

### NOTA:

+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego"; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>LEA</sub> PCCA.

\* "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Recreativo"; correspondiente a la Tabla 9, literal a)... de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>LEA</sub> PCCA.

### NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGÍA:

- NTU	(Unidades de Turbiedad Nefelométrica)	/ - µmhos/cm.	(Micromhos por centímetro)
- FTU	(Unidades de Formazin Turbidimétrica)	/ - mmhos/cm.	(Milimhos por centímetro)
- U. Pt. Co.	(Unidad de Platino Cobalto)	/ - mg/l y ml/l	(Miligramos por litro y Mililitros por litro)
- °C	(No exceda de 3 grados de la T <sub>a</sub> /Medio de la Región)	/ - meq/l	(Miliequivalente por litro)
- U F C/ml	(Unidad Formadora de Colonias por mililitro) (Gérmenes Totales o Aeróbios Mesófilos)	/ - m.	(Profundidad mínima, en metros)
- N M P	(Número más probable de bacterias por 100 mililitros)	/ - D B O <sub>5</sub>	(Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- R A S	(Relación de Adsorción de Sodio)	/ - DQO	(Demanda Química de Oxígeno) (Oxígeno Disuelto)



CIESSA  
ONEA Test Lab  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN,  
ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS

RUC. 1191731766001  
Av. Manuel A. Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina  
Telf: 072-577 707 Cel. 091549877 2589913-10-10

**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**

ONEA Test Lab  
**HIDRO SANITARIO**

**Edgar S. Ojeda Riascos, BIOQUIMICO**

ONEA Test Lab  
**MICROBIOLOGIA**

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telf: 072-589 913-577 70-584 594/Telefax:072-589 913/577 707/Celular:091549877/E.mail: ciessa1@hotmail.com / eaguasysuelos1@yahoo.com

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-13 - 096	SOLICITANTE: Egda. Katty Guamán
PROYECTO: Estudio geológico ambiental del área de emplazamiento de un Sistema de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Manú del Cantón Saraguro.	DIRECCIÓN: Cda Pío Jaramillo TELEFAX: 072 - 582782

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO: 27 - 03 - 2013	MUESTRA: Agua Servida, descarga a la Quebrada Jorupe.
FECHA DE INGRESO: 27 - 03 - 2013	CODIGO: MA: 01 CANTIDAD: 2 500 ml
FECHA DE ANÁLISIS: 27 - 03 - 2013	PRESENTACIÓN: Envase plástico y Estéril
FECHA DE REPORTE: 08 - 04 - 2013	CANTON: Saraguro PROVINCIA: Loja
FECHA DE ENTREGA: 08 - 04 - 2013	PARROQUIA: Manú BARRIO: Manú

I. REFERENCIA ANALÍTICA:

*-Límite Máx. Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según TULAS*

3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	19,8	Menor	a 35	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia	-	0,3 mg/l	ETAS	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Color Real	U.Pt- Co	31	Inapreciable	dilución 1/20	APHA	TULAS
Color Aparente	U.Pt- Co	389	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	42	-	100	AWWA	-TULAS
Sólidos Totales	mg/l	236	-	1 600	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	199	-	1000	AOAC 920.193	-TULAS
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	46	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	153	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	36	-	100	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	7,1	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	28,9	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	4,5	-	1,0	IMHOFF	M S P-TULAS

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	7,14	5,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Nitratos+Nitritos	mg/L	13,0	-	10	AWWA	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,19	-	2,0	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	3,98	-	10,0	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,1	pyridine - pyrazolone	TULAS
Fósforo Total	mg/l	2,30	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	TULAS
Cloro	mg/l	0,00	-	0,5	AWWA	TULAS
Nitrógeno Total	mg/l	8,90	-	15,0	NESSLER	TULAS
Sulfatos	mg/l	210	-	1000	TUBIDIMIETRO	TULAS
Aluminio	mg/l	0,002	-	5,0	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,004	-	2,0	1-(2-Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,002	-	5,0	Zincon	TULAS
D B O <sub>5</sub>	mg/l	145	-	100	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	33	-	250	AOAC973 - 46	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3.2E+03	= Remoción	> al 99,9% **	INEN 1 529-8	=TULAS

**II. REFERENCIA ANALITICA:**

Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Sup.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	19,8	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	199	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+Potencial de Hidrógeno	pH	7,14	6,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	3,8E+03	-	1000	APHA 9221 B	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	ETAS-TULAS	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	3,2 E+03	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
Ácido Sulfhídrico	mg/l	0,0001	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia	Ausencia	0,3mg/l	ETAS-M S P	M S P-TULAS
Amoniaco	mg/l	3,80	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine - pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	3,98	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,19	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Aluminio	mg/l	0,002	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,004	-	0,025	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,002	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,80	-	0,75	Carmine	TULAS

**Nota 1:**

+ \*Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego\*: correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>LEA</sub> PCCA.

=TULAS Aquellos regulados con descargas de Coliformes Fecales menores o iguales a 3000 quedan exentos de tratamiento, contempla sobre el criterio de calidad en descarga a un cuerpo de agua dulce.

**Nota 2:**

-TULAS Dentro de la Norma del Límite Deseable Permisible marcados con el signo contempla sobre el criterio de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Doméstico u otros usos.

INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano.

- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

**NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:**

- NTU (Unidades de Turbiedad Nefelométrica) / - µmhos/cm. (Micromhos por centímetro)
- FTU (Unidades de Formazin Turbidimétrica) / - °C (No exceda de 3 grados de la Ta. Media de la Región)
- U. Pt. Co. (Unidad de Platino Cobalto) / - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro)
- U F C/ml (Unidad Formadora de Colonias por mililitro) / - m. (Profundidad mínima, en metros)
- (Gérmes Totales o Aerobios Mesófilos) / - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros) / - D Q O / O D (Demanda Química de Oxígeno y Oxígeno Disuelto)



**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**  
**ONEA Test Lab**  
**HIDRO SANITARIO**

**Edgar S. Ojeda Riascos, BIOQUIMICO**  
**ONEA Test Lab**  
**MICROBIOLOGIA**

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telf: 072-589 913-577 70-584 594/Telefax:072-589 913/577 707/Celular:091549877/E. mail: ciessa1@hotmail.com / eaguasysuelos1@yahoo.com

1. INFORMACIÓN GENERAL:

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-13 - 097	SOLICITANTE: Egda. Katty Guamán
PROYECTO: Estudio geológico ambiental del área de emplazamiento de un Sistema de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Manú del Cantón Saraguro.	DIRECCIÓN: Cda Pío Jaramillo
	TELEFAX: 072 - 582782

2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:

FECHA DE MUESTREO: 27 - 03 - 2013	MUESTRA: Agua de la Quebrada Jorupe.
FECHA DE INGRESO: 27 - 03 - 2013	CODIGO: MA: 02 CANTIDAD: 2 500 ml
FECHA DE ANÁLISIS: 27 - 03 - 2013	PRESENTACIÓN: Envase plástico y Estéril
FECHA DE REPORTE: 08 - 04 - 2013	CANTON: Saraguro PROVINCIA: Loja
FECHA DE ENTREGA: 08 - 04 - 2013	PARROQUIA: Manú BARRIO: Manú

I. REFERENCIA ANALITICA:

*Límites Permisibles para agua Potable y, Consumo Humano o Uso Doméstico que requiere Tratamiento Convencional*

3. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO:

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Olor	-	Ausencia	Ausencia	Ausencia	AWWA	USPHS
Sabor	-	Inobjetable	Inobjetable	Inobjetable	AWWA	USPHS
Color Real	U.Pt- Co	0	-	100	APHA	TULAS
Color aparente	U.Pt- Co	38	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	4	-	100	AWWA	TULAS
Temperatura	°C	20,0	Condición	Natural+0-3°C	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Sólidos Totales	mg/l	42,2	-	-	AOAC 920.193	M S P
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	35,4	-	1000	AOAC 920.193	TULAS
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	70,8	-	1250	AOAC 973.40	IEOS
Sólidos Suspendidos	mg/l	6,0	Ausencia	Ausencia	AOAC 920.193	MS P
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,0	Ausencia	Ausencia	C. IMHOFF	MS P

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,19	6,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Acidez Libre	mg/l	0,00	-	-	AOAC 973.42	-
Acidez Total	mg/l	0,00	-	-	AOAC 973.42	-
Alcalinidad a la Fenolftaleína	mg/l	0,00	-	-	AOAC 973.43	-
Alcalinidad Total	mg/l	26,0	-	-	AWWA	-
Bicarbonatos	mg/l	26,0	-	250	AWWA	IEOS
Carbonatos	mg/L	0,00	-	120	AWWA	IEOS

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Cianuro Total	mg/l	0,00	0,00	0.10	pyridine - pyrazolone	TULAS
Ácido Sulhídrico	mg/l	0,00	0,0	0.05	SULFURO DE PLOMO	IEOS
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,06	-	1.0	NESSLER	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,07	-	0.5	NESSLER	IEOS
Amonio	mg/l	0,08	-	0.05	NESSLER	TULAS
Calcio	mg/l	6,08	30	70	AWWA - ETAS	INEN
Dureza Cálctica	mg/l	15,2	150	500	AWWA - ETAS	OMS-IEOS
Dureza Total	mg/l	21,0	-	500	AWWA - ETAS	TULAS
Dureza Magnésica	mg/l	5,83	-	-	AWWA - ETAS	-
Magnesio	mg/l	1,42	12	30	AWWA - ETAS	INEN
Cloruros	mg/l	15,0	-	250	DE MOHR	TULAS
Sodio	mg/l	9,75	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
Potasio	mg/l	4,70	10	500	ARGENTOMÉTRICO	IEOS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0.1	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,12	-	1.0	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Hierro Soluble	mg/l	0,15	0.3	0.8	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro Coloidal	mg/l	0,17	-	-	1,10-PHENANTHROLINE	OMS-IEOS
Hierro + Manganeso	mg/l	0,12	-	0.3	ETAS-COMB.	USPHS
Sílice	mg/l	11,0	-	5	MOLIBDATO DE SILICE	IEOS
Sulfatos	mg/l	0,00	-	400	TUBIDIMETRO	TULAS
Fosfatos	mg/l	0,24	-	0.3	ÁCIDO ASCÓRBICO	IEOS
Fósforo	mg/l	0,08	-	-	ÁCIDO ASCÓRBICO	-
Pentóxido Fósforo	mg/l	0,18	-	-	ÁCIDO ASCÓRBICO	-
Fluoruro Total	mg/l	0,00	-	1.5	SPADNS	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	0.5	0.3 - 1	AWWA	INEN
Cloro Total	mg/l	0,00	-	-	AWWA	-
Nitrógeno Nitrato	mg/l	1,10	-	10	REDUCCIÓN DE CADMIO	TULAS
Nitrato	mg/l	4,84	10	45	REDUCCIÓN DE CADMIO	INEN - USPHS
Nitrógeno Nitrito	mg/l	0,01	-	1.0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
Nitrito	mg/l	0,03	Cero	Cero	DIAZOTIZACIÓN	INEN
Nitratos + Nitritos	mg/l	4,87	-	10	ETAS-COMB.	OMS - IEOS
Anhídrido Carbónico Libre	mg/l	2,50	-	5	AWWA	IEOS
D B O <sub>5</sub>	mg/l	0,00	-	No > 2	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	10,0	-	-	AOAC973 - 46	IEOS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

#### 4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS:

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Gérmenes Totales	UFC/ml	126 000	Ausencia	30	AOAC 966.23 C	INEN
Coliformes Totales	NMP/100ml	970	-	3000	APHA 9221 B	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	9	-	600	INEN 1 529-8	TULAS
Hongos - Levaduras	UFC/ml	0	0	0	FDA Cap. 18 1992	IEOS

-Límite Máx. Permissible para el Agua de Consumo Humano y Uso Doméstico, que requiere Tratamiento Convencional, según TULAS

-Límite Máx. Permissible para Agua Potable de Consumo Humano, Según Normas: INEN, OMS, USPHS e IEOS.

-Dentro de la Norma de referencia del Límite Deseable Permissible marcadas con el signo ( - ) no contempla fuente alguna sobre criterios de Calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Uso Doméstico.

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telf: 072-589 913-577 70-584 594/Telefax:072-589 913/577 707/Celular:091549877/E.mail: ciessa1@hotmail.com / eaguasy suelos1@yahoo.com

**II. REFERENCIA ANALITICA:**

*Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Calidas en Cuerpos de Agua Superficial*

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,19	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Temperatura	°C	20,0	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P - TULAS	TULAS
Ácido Sulhídrico	mg/l	0,00	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
Amoniaco	mg/l	0,07	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine - pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,12	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,00	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Nitrito	µg/l	30,0	-	60,0	DIAZOTIZACIÓN	TULAS
OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	9	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	970	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
+Nitrógeno Amoniacal	mg/l	0,06	-	30,0	NESSLER	TULAS
+Bicarbonatos	meq/l	0,43	-	8,50	M S P - AWWA	TULAS
+Cloruros	meq/l	0,42	-	250	DE MOHR	TULAS
+Sodio	meq/l	0,42	-	200	ARGENTOMÉTRICO	TULAS
+Transparencia de las Agua	m (visual)	Visible	-	2,00	Disco Secchi	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	35,4	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+R A S	meq/l	0,92	-	15	M S P	TULAS
+Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,07	-	3,00	AOAC 973.40	TULAS
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	19	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
*Coliformes Totales	NMP/100ml	970	-	1 000	APHA 9221 B	TULAS
*Temperatura	°C	20,0	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
*Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	M S P - TULAS	TULAS
*Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	M S P - TULAS	TULAS
*Potencial de Hidrógeno	pH	6,19	6,5	9,0	AOAC 973.41	TULAS
*OD	mg/l	14,5	-	No < 6	AOAC 973 - 45	TULAS

**NOTA:**

+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego": correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>LEA</sub> PCCA.

\* "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Recreativo": correspondiente a la Tabla 9, literal a)... de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>LEA</sub> PCCA.

**NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:**

- NTU	(Unidades de Turbiedad Nefelométrica)	/ - µmhos/cm.	(Micromhos por centímetro)
- FTU	(Unidades de Formazin Turbidimétrica)	/ - mmhos/cm.	(Milimhos por centímetro)
- U. Pt. Co.	(Unidad de Platino Cobalto)	/ - mg/l y ml/l	(Miligramos por litro y Mililitros por litro)
- °C	(No exceda de 3 grados de la T <sub>a</sub> -Media de la Región)	/ - meq/l	(Miliequivalente por litro)
- U F C/ml	(Unidad Formadora de Colonias por mililitro)	/ - m.	(Profundidad mínima, en metros)
	(Gémenes Totales o Aerobios Mesófilos)	/ - D B O5	(Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- N M P	(Número más probable de bacterias por 100 mililitros)	/ - DQO	(Demanda Química de Oxígeno)
- R A S	(Relación de Adsorción de Sodio)	/ - OD	(Oxígeno Disuelto)

Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO  
ONEA Test Lab  
HIDRO SANITARIO



Edgar S. Ojeda Riascos, BIOQUIMICO  
ONEA Test Lab  
MICROBIOLOGIA

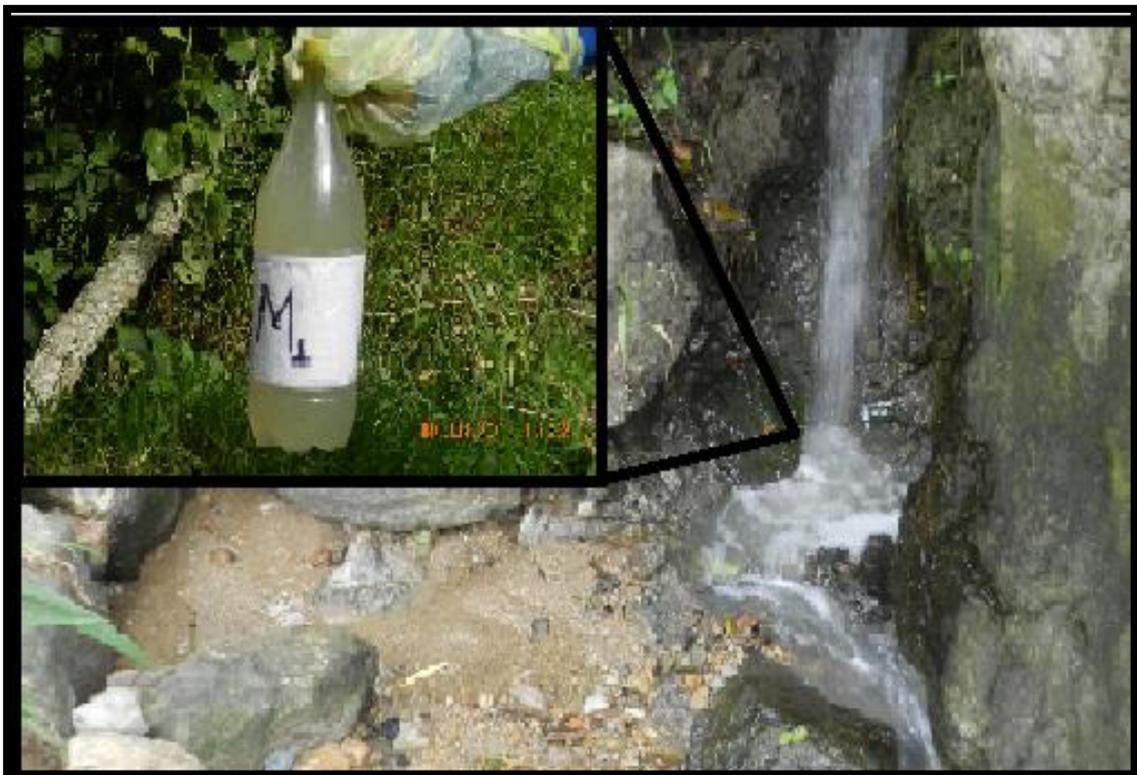
Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles/Telf: 072-589 913-577 70-584 594/Telefax:072-589 913/577 707/Celular:091549877/E. mail: ciessa1@hotmail.com / eaguasysuelos@yahoo.com

## **ANEXO 5. Registro Fotográfico**









**ANEXO 6.** Mapa topográfico del área de estudio

## **ANEXO 7. Perfiles Topográficos**

**ANEXO 8.** Mapa geológico del área de estudio