



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PARA LA CENTRAL ECUATORIANA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS -  
RIOBAMBA 2013”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA  
AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR**

**KAREN VIVIANA FONSECA SILVA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por ser el pilar fundamental en mi vida, a mis 3 madres; Rosa, María Natividad y Mariana; las cuales con su infinito amor me han apoyado incondicionalmente en el transcurso de mi carrera gracias a su motivación diaria, consejos e ideas que han servido de gran ayuda para alcanzar mis objetivos, metas planteadas y a todos quienes me brindaron su apoyo de manera sincera.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco principalmente a Dios, por brindarme, paciencia, fortaleza y valentía para poder seguir día a día.*

*A mis padres y familiares por estar pendientes de mí en todo momento, darme su amor y comprensión.*

*A mis amigos que han permanecido en los momentos más difíciles de mi vida dándome su mano para poder salir adelante.*

*A mis maestros que han proporcionado su conocimiento y me han ayudado en el trayecto de mi carrera universitaria. Principalmente a la Dra. Magdy Echeverría y al Dr. Gerardo León por ser los docentes que sobre todas las cosas no me han dejado sola en este camino.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CENTRAL ECUATORIANA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS - RIOBAMBA 2013.”**, de responsabilidad de la señorita egresada: Karen Viviana Fonseca Silva ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Silvio Álvarez <b>DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS</b>	_____	_____
Dra. Nancy Veloz <b>DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b>	_____	_____
Dra. Magdy Echeverría <b>DIRECTORA DE TESIS</b>	_____	_____
Dr. Gerardo León <b>ASESOR DE TESIS</b>	_____	_____
Dr. Robert Cazar <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
Lic. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	_____	_____
<b>NOTA DE TESIS ESCRITA</b>	_____	

Yo, Karen Viviana Fonseca Silva, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

---

KAREN VIVIANA FONSECA SILVA

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>H</b>	Altura.
<b>Q</b>	Caudal.
<b>cm</b>	Centímetro
<b>CEPIS</b>	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno.
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días.
<b>ρ</b>	Densidad.
<b>ESPOCH</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<b>FAFA</b>	Filtro anaerobio de flujo ascendente.
<b>°C</b>	Grados Celsius.
<b>g</b>	Gramos.
<b>H</b>	Horas.
<b>INEN</b>	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
<b>Kg</b>	Kilogramo.
<b>L</b>	Litros.
<b>m</b>	Metro.
<b>m/s</b>	Metro por segundo.
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrados.
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbicos.
<b>mg</b>	Miligramos
<b>mg/L</b>	Miligramo por cada litro.
<b>mL</b>	Mililitros.
<b>mm</b>	Milímetros.
<b>min</b>	Minutos.
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud.
<b>ppm</b>	Partes por millón.
<b>%</b>	Porcentaje.
<b>pH</b>	Potencial hidrógeno.
<b>s</b>	Segundo.
<b>SS</b>	Sólidos Suspendidos.

<b>TULAS</b>	Texto unificado de legislación secundaria.
<b>Tr</b>	Tiempo de retención hidráulica.
<b>UFC/100mL</b>	Unidades formadoras de colonias por 100mL
<b>v</b>	Velocidad
<b>V</b>	Volumen

## ÍNDICE GENERAL

ANTECEDENTES.....	- 1 -
JUSTIFICACIÓN.....	- 2 -
OBJETIVOS.....	- 3 -
General.....	- 3 -
Específicos.....	- 3 -
1. MARCO TEÓRICO.....	- 4 -
1.1. Agua residual.....	- 4 -
1.2. Composición de las aguas residuales.....	- 5 -
1.3. Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales. ...	- 5 -
1.3.1. Características físicas.....	- 5 -
1.3.2. Características químicas.....	- 10 -
1.3.3. Características microbiológicas.....	- 13 -
1.4. Clasificación de las aguas residuales.....	- 16 -
1.5. Aguas residuales domésticas.....	- 16 -
1.6. Caudal.....	- 17 -
1.6.1. Caudales de las aguas residuales urbanas.....	- 17 -
1.6.2. Caudales de diseño.....	- 18 -
1.7. Medición de caudales.....	- 18 -
1.7.1. Método volumétrico.....	- 19 -
1.8. Muestreo de aguas residuales.....	- 19 -
1.8.1. Muestreo.....	- 19 -
1.9. Métodos de tratamiento de aguas residuales.....	- 23 -
1.9.1. Tratamiento primario.....	- 23 -
1.9.2. Tratamiento secundario.....	- 23 -
1.9.3. Tratamiento terciario.....	- 24 -
1.10. Plantas de tratamiento.....	- 26 -
1.10.1. Parámetros para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.....	- 26 -
1.10.2. Selección de un tratamiento.....	- 26 -
1.11. Reutilización del agua residual.....	- 27 -
1.12. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.....	- 29 -
1.12.1. Rejas o rejillas.....	- 29 -
1.12.2. Criterios de diseño.....	- 30 -

1.12.3.	Dimensionamiento de Rejillas.....	- 31 -
1.12.4.	Trampa de aceites y grasas. ....	- 34 -
1.12.5.	Criterios de diseño. ....	- 34 -
1.12.6.	Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas. ....	- 35 -
1.12.7.	Tanque séptico. ....	- 37 -
1.12.8.	Criterios de diseño. ....	- 37 -
1.12.9.	Dimensionamiento del tanque séptico. ....	- 38 -
1.12.10.	Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA). ....	- 41 -
1.12.11.	Criterios de diseño. ....	- 42 -
1.12.12.	Dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente. ....	- 42 -
1.12.13.	Eras de secado. ....	- 44 -
1.12.14.	Criterios de diseño. ....	- 44 -
1.12.15.	Dimensionamiento de las eras de secado. ....	- 45 -
1.12.16.	Desinfección. ....	- 47 -
1.12.17.	Criterios de diseño. ....	- 48 -
1.12.18.	Dimensionamiento del tanque de desinfección. ....	- 48 -
1.13.	Normativa ambiental. ....	- 50 -
2.	PARTE EXPERIMENTAL.....	- 52 -
2.1.	Lugar de investigación. ....	- 52 -
2.2.	Materiales y equipos. ....	- 54 -
2.2.1.	Materiales topográficos. ....	- 54 -
2.2.2.	Equipos topográficos. ....	- 55 -
2.2.3.	Materiales de medición del caudal. ....	- 55 -
2.2.4.	Equipos de medición del caudal. ....	- 55 -
2.2.5.	Materiales de muestreo. ....	- 55 -
2.2.6.	Equipos de muestreo. ....	- 56 -
2.3.	Métodos. ....	- 56 -
2.3.1.	Levantamiento de la línea base ambiental. ....	- 56 -
2.3.2.	Levantamiento topográfico. ....	- 57 -
2.3.3.	Medición de caudal. ....	- 57 -
2.3.4.	Muestreo del agua residual. ....	- 58 -

2.3.5.	Caracterización física, química y microbiológica del agua residual. ....	- 59 -
2.3.6.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento. ....	- 59 -
2.3.7.	Elaboración de planos.....	- 60 -
2.3.8.	Identificación y evaluación de impactos ambientales. ....	- 60 -
3.	CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	- 62 -
3.1.	Cálculos. ....	- 62 -
3.1.1.	Población de diseño. ....	- 62 -
3.1.2.	Caudal de diseño.....	- 62 -
3.1.3.	Caracterización del agua residual. ....	- 63 -
3.1.4.	Esquema Propuesto. ....	- 64 -
3.1.5.	Dimensionado de la planta de tratamiento. ....	- 65 -
3.2.	Eficiencia de la planta.....	- 80 -
3.3.	Resultados.....	- 82 -
3.3.1.	Encuestas. ....	- 82 -
3.3.3.	Levantamiento topográfico.....	- 83 -
3.3.4.	Medición de caudal.....	- 83 -
3.3.5.	Caracterización del agua residual. ....	- 84 -
3.3.6.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento. ....	- 86 -
4.	Verificación del cumplimiento con de la normativa ambiental vigente.....	- 91 -
5.	Costos. ....	- 91 -
4.	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO. ....	- 93 -
4.1.	Plan de mantenimiento preventivo. ....	- 93 -
4.1.1.	Verificación periódica: ....	- 93 -
4.1.2.	Mantenimiento periódico: ....	- 94 -
4.2.	Plan de mantenimiento correctivo. ....	- 94 -
4.3.	Descripción de los componentes.....	- 94 -
4.3.1.	Afluente. ....	- 94 -
4.3.2.	Rejillas.....	- 95 -
4.3.3.	Trampa de aceites y grasas. ....	- 95 -
4.3.4.	Tanque séptico.....	- 95 -
4.3.5.	Filtro anaeróbico de flujo ascendente.....	- 95 -

4.3.6.	Eras de secado. ....	- 96 -
4.3.7.	Tanque de desinfección. ....	- 96 -
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 97 -
5.1.	Conclusiones.....	- 97 -
5.2.	Recomendaciones. ....	- 98 -
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	- 99 -
	RESUMEN.....	- - 105 - -
	SUMMARY. ....	- - 106 - -
	ANEXOS.....	- - 107 - -

### ÍNDICE DE TABLAS

TABLA No. 1	Distribución de sólidos presentes en aguas residuales.....	- 6 -
TABLA No. 2	Umbral de olor asociado con aguas residuales crudas.....	- 8 -
TABLA No. 3	Clasificación de los microorganismos.....	- 14 -
TABLA No. 4	Posibles reutilizaciones de aguas urbanas y principales inconvenientes a considerar. ....	- 28 -
TABLA No. 5	Criterios de diseño para rejillas de limpieza manual.....	- 30 -
TABLA No. 6	Coefficiente de pérdida para rejillas.....	- 33 -
TABLA No. 7	Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.....	- 34 -
TABLA No. 8	Criterios de diseño para tanque séptico.....	- 37 -
TABLA No. 9	Criterios de diseño para filtro anaeróbico de flujo ascendente.....	- 42 -
TABLA No. 10	Ventajas y desventajas de las eras de secado.....	- 44 -
TABLA No. 11	Criterios de diseño para eras de secado.....	- 44 -
TABLA No. 12	Criterios de diseño para desinfección.....	- 48 -
TABLA No. 13	Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola.....	- 50 -
TABLA No. 14	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	- 50 -
TABLA No. 15	Métodos utilizados para el análisis del agua residual.....	- 59 -
TABLA No. 16	Criterios cuantitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.....	- 60 -
TABLA No. 17	Criterios cualitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.	- 61 -
TABLA No. 18	Población servida.....	- 62 -

TABLA No. 19	Caudal promedio diario.....	- 83 -
TABLA No. 20	Resultados de laboratorio.....	- 85 -
TABLA No. 21	Resultados del dimensionado de rejillas.....	- 86 -
TABLA No. 22	Resultados del dimensionado de la trampa de aceites y grasas.....	- 87 -
TABLA No. 23	Resultados del dimensionado del tanque séptico.....	- 88 -
TABLA No. 24	Resultados del dimensionado del filtro anaeróbico de flujo ascendente.....	- 89 -
TABLA No. 25	Resultados del dimensionado de eras de secado.....	- 89 -
TABLA No. 26	Resultados del dimensionado del tanque de desinfección.....	- 90 -
TABLA No. 27	Cumplimiento de la norma ambiental.....	- 91 -
TABLA No. 28	Costos de implementación de la planta de tratamiento.....	- 91 -
TABLA No. 29	Cálculo del caudal monitoreado día Lunes.....	-109-
TABLA No. 30	Cálculo del caudal monitoreado día Miércoles.....	-112-
TABLA No. 31	Cálculo del caudal monitoreado día Viernes.....	-116-
TABLA No. 32	Cálculo del caudal monitoreado día Martes.....	-120-
TABLA No. 33	Cálculo del caudal monitoreado día Jueves.....	-123-
TABLA No. 34	Cálculo del caudal monitoreado día Sábado.....	-127-
TABLA No. 35	Cálculo del caudal monitoreado día Domingo.....	-130-
TABLA No. 36	Aspectos climatológicos del lugar.....	-136-
TABLA No. 37	Temperatura anual (°C).....	-137-
TABLA No. 38	Precipitación anual (mm).....	-137-
TABLA No. 39	Punto de rocío anual (°C).....	-138-
TABLA No. 40	Tensión del vapor anual (mlb).....	-138-
TABLA No. 41	Velocidad del viento anual (m/s).....	-139-
TABLA No. 42	Humedad atmosférica anual (%).....	-139-
TABLA No. 43	Presión atmosférica anual (mmhg).....	-140-
TABLA No. 44	Caracterización de la flora del sector.....	-142-
TABLA No. 45	Caracterización de las aves del sector.....	-147-
TABLA No. 46	Caracterización de los mamíferos del sector.....	-147-
TABLA No. 47	Ubicación de la captación.....	-153-
TABLA No. 48	Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.....	-157-
TABLA No. 49	Matriz de cuantificación de impactos ambientales.....	-158-

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No. 1	Vista planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras.....	- 30 -
FIGURA No. 2	Formas de las rejillas.....	- 33 -
FIGURA No. 3	Localización del área de estudio.....	- 52 -
FIGURA No. 4	Área de estudio.....	- 53 -
FIGURA No. 5	Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.....	- 64 -
FIGURA No. 6	Inclinación de barras.....	- 66 -
FIGURA No. 7	Variación semanal del caudal.....	- 84 -
FIGURA No. 8	Variación horaria del caudal día Lunes.....	-112-
FIGURA No. 9	Variación horaria del caudal día Miércoles.....	-116-
FIGURA No.10	Variación horaria del caudal día Viernes.....	-119-
FIGURA No.11	Variación horaria del caudal día Martes.....	-123-
FIGURA No.12	Variación horaria del caudal día Jueves.....	-126-
FIGURA No.13	Variación horaria del caudal día Sábado.....	-130-
FIGURA No.14	Variación horaria del caudal día Domingo.....	-133-
FIGURA No.15	Población.....	-149-
FIGURA No.16	Viviendas.....	-150-
FIGURA No.17	Habitantes en viviendas de 1 piso.....	-150-
FIGURA No. 18	Habitantes en viviendas de 2 pisos.....	-151-
FIGURA No. 19	Habitantes en viviendas de 3 pisos.....	-151-
FIGURA No. 20	Nivel de estudio.....	-152-
FIGURA No. 21	Energía eléctrica.....	-154-
FIGURA No. 22	Telefonía convencional.....	-154-
FIGURA No. 23	Telefonía móvil.....	-155-

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFIA No. 1	Sitio de estudio.....	-135-
FOTOGRAFIA No. 2	Equipo Topográfico.....	-159-
FOTOGRAFIA No. 3	Nivelación del jalón.....	-159-
FOTOGRAFIA No. 4	Área de estudio.....	-160-
FOTOGRAFIA No. 5	Levantamiento Topográfico.....	-160-
FOTOGRAFIA No. 6	Encuesta socioeconómica en el área de influencia.....	-161-

FOTOGRAFIA No. 7	Encuesta para la cuantificación del caudal en el sitio de estudio.....	-161-
FOTOGRAFIA No. 8	Medición de parámetros meteorológicos.....	-162-
FOTOGRAFIA No. 9	Descarga de agua residual.....	-162-
FOTOGRAFIA No. 10	Medición de caudales mínimos.....	-163-
FOTOGRAFIA No. 11	Medición de caudales máximos.....	-163-
FOTOGRAFIA No. 12	Medición de PH y T (in situ).....	-164-
FOTOGRAFIA No. 13	Toma de muestras.....	-164-
FOTOGRAFIA No. 14	Muestra compuesta.....	-165-

### ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO No. 1	Modelo de la encuesta .....	-107-
ANEXO No. 2	Cálculo del caudal monitoreado en siete días.....	-109-
ANEXO No. 3	Línea base de la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas.....	-134-
ANEXO No. 4	Fotografías del trabajo de campo .....	-159-
ANEXO No. 5	Resultado del análisis físico, químico y microbiológicos... ..	-166-
ANEXO No. 6	Plano topográfico.....	-174-
ANEXO No. 7	Plano del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	-175-

## **ANTECEDENTES.**

Diversos procesos, tales como: físicos, químicos y biológicos se suscitan en los sistemas naturales acuáticos debido a esto se han sido incorporados a los sistemas actuales de tratamiento de aguas residuales; en éstos se controlan las variables del sistema y se aumenta la rapidez de ocurrencia de los procesos, disminuyendo el tiempo necesario para la depuración. Por razones estéticas y de salud humana es sumamente importante mantener la calidad del agua, aunque hay que tener en consideración que es afectada por varios factores como las descargas de aguas residuales y otras actividades antrópicas.

En México en el año de 1994 a 1995 docentes investigadores del Instituto de Hidrología y Diseño de la UTM, desarrollaron un proyecto de tratamiento de aguas residuales, que tiene por objetivo disminuir la contaminación generada, Este proyecto se basa en el sistemas biológicos de tratamiento que utilizan bacterias anaeróbicas formado por: dos trampas de aceites y grasas, dos biodigestores anaeróbicos, 6 módulos de oxigenación, un campo secundario de arena y grava y un tanque de almacenamiento de agua tratada la misma que se utiliza para riego de jardines. (21)

En Bolivia en La Escuela Oscar Arnulfo Romero la cual está localizada en Santa Cruz, en las afueras del séptimo círculo existe un sistema para tratamiento de aguas negras la cual consta de un sistema séptico, con pozo ciegos, campo de drenaje para el agua, tanque hermético de almacenamiento, un sistema terraplén, sistema de filtrado en desnivel y filtrado de arena. (31)

En Colombia en la ciudad de Cali en 1994 – 1997, se realiza el estudio: Emcali, CVC, Comunidad, Salud Pública, Planeación Municipal, Univalle/Cinara (LAVORAGINE) sobre el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales. En 1997 – 2007 se construye, entra en funcionamiento; esta planta consta con rejillas, 3 tanques sépticos con 2 compartimentos, filtro anaeróbico de flujo ascendente con rosetas plásticas, humedales con plantas macrófilas, eras de secado y finalmente un canal se cemento que posee gradas para su mejor aireación, esta agua se descarga al río que se encuentra adjunto.(32)

En Ecuador en el Termino de GPL OYAMBARO PETROCOMERCIAL se diseñó un sistema de tratamiento secundario de aguas residuales el cual consta de tanque séptico con 2 tapas de revisión y un sistema de ventilación, tanque de conexión, filtro biológico, sedimentador secundario y tanque de contacto. (22)

En la comunidad de Pulingui, en la provincia de Chimborazo, en el kilómetro 18 que inserta en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Allí existe una planta de tratamiento de aguas residuales la cual tiene capacidad para atender a la población existente en esta comunidad principalmente al barrio la Libertad. Esta planta de tratamiento consta de un proceso de tanque séptico con dispositivos de entrada y salida del agua, con dos compartimentos los que poseen losas removibles de limpieza, registros de inspección, ventilación y un filtro anaeróbico.(19)

## **JUSTIFICACIÓN.**

En la actualidad los seres humanos poseen un el estilo de vida consumista y despreocupado del ambiente, consecuentemente existe una disminución de fuentes hídricas para suministro de agua debido a la contaminación causada. El desarrollo científico y técnico conlleva a la aplicación de procesos innovadores para el tratamiento de aguas residuales sabiendo lo indispensable que es para mantener nuestro entorno.

Se ha visto la necesidad de diseñar una planta para tratar aguas residuales en LA CENTRAL ECUATORIANA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS (CESA) ubicada en la Ciudad de Riobamba, Parroquia Lizarzaburu, debido a los vertidos generados en este establecimiento los cuales se dirigen directamente al Rio Chibunga; este es un cuerpo receptor afectado al igual que los cultivos aledaños ya que con esta agua de mala calidad son irrigados y por consiguiente producen enfermedades tanto al ser humano como a los animales de la zona. Hay que recalcar que es de vital importancia que esta investigación

servirá de enseñanza para que otros establecimientos continúen fomentando este tipo de aportaciones.

LA CENTRAL ECUATORIANA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS (CESA) brinda el apoyo al presente estudio debido a que son conscientes que generan residuos y desean reducir la contaminación que provocan a este río; mediante esto estarán cumpliendo con la Normativa Ambiental Vigente.

## **OBJETIVOS.**

### **General.**

- Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para La Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) ubicada en la ciudad de Riobamba Parroquia Lizarzaburu - Período 2013.

### **Específicos.**

- Analizar el espacio físico donde se prevé construir la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Caracterizar las aguas residuales de manera cuanti – cualitativamente.
- Dimensionar la planta de tratamiento de aguas en el software AUTOCAD.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO.

### 1.1. Agua residual.

Las aguas residuales proceden del empleo de un agua natural o de una red de abastecimiento, se consideran como líquidos que se han usado en las diversas actividades diarias del ser humano tales como domésticas, municipales ,agrícolas, pecuarias, comerciales, industriales y de servicios; incluyendo fracciones y mezclas de ellas. (21)

En la antigüedad el entorno absorbía las aguas residuales generadas por el ser humano realizando un proceso de depuración natural; el progreso de la humanidad de manera descontrolada ha ido superando los límites permisibles de absorción. El manejo de las aguas residuales fue netamente inadecuado teniendo consecuencias en la salud y entorno, la práctica de recolectar y tratar las aguas antes de su disposición final es relativamente nueva.

El tratamiento de las aguas residuales es una de las acciones más importantes que el hombre ha tenido para intentar disminuir en ciertas cantidades la contaminación causada. Se inicia por un análisis de todos los vertidos generados y su futura depuración mediante diversos procesos de manera eficaz. Existen distintos tratamiento para mejorar las aguas residuales dependiendo de los componentes que ellas presenten. (10)

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

Es sumamente variada debido a los distintos componentes que posee y factores que lo afectan, influyendo así en su concentración (cantidad) y en su forma de alimentación (calidad) que caracteriza la composición química.

De forma general se puede decir que las aguas residuales poseen una cantidad aproximada del 99.9% de agua y el 0.01% de materia sólida de diversa índole. Estos residuos están compuestos de minerales y material orgánico. El material mineral procede de los subproductos eliminados en el transcurso de la vida del ser humano y de la calidad de agua de abastecimiento. La materia orgánica es generada por las actividades humanas, las cuales contienen materia carbonacea, proteínas y grasas principalmente.

Los residuos secos en las aguas residuales poseen una composición diversa con componentes tales como: minerales 50%, material orgánico 50%, material sedimentable 20%, no sedimentable 80%, material sedimentable orgánico 67%, mineral 33%, material no sedimentable orgánico 50% y mineral 50%.

Por otra parte, contienen elementos contaminantes estén o no diluidas con agua proveniente de la lluvia, estas pueden causar grandes inconvenientes en el ambiente generando impacto ambiental y poniendo en riesgo la salud del ser humano. Teniendo como principales grupos contaminantes: materia orgánica biodegradable, compuestos nitrogenados, compuestos fosforados, microorganismos saprófitos y patógenos. (14) (23)

## **1.3. Características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales.**

### **1.3.1. Características físicas.**

La característica física más importante de las aguas residuales es su contenido total de sólidos, que se compone de la materia flotante, la materia sedimentable, materia coloidal y materia en solución. Incluyendo otras características como turbiedad, color, olor, temperatura, distribución de la partícula por tamaño transmitancia/absorbancia, conductividad, densidad. (7)

**a) Sólidos.**

Las aguas residuales contienen una variedad de materiales sólidos que van desde diminutas partículas hasta grandes materiales. Tanto los sólidos totales como los sólidos suspendidos totales contienen fracciones de sólidos fijos, sólidos volátiles y en forma similar a los sólidos disueltos totales. El resultado de los análisis se usa como medida del desempeño de las unidades de tratamiento y con el propósito de control. (3)

**TABLA No. 1          Distribución de sólidos presentes en aguas residuales.**

<b>Prueba</b>	<b>Descripción</b>
Sólidos totales (ST)	Residuo de las muestras que han sido evaporadas y secadas a un temperatura específica (103 a 105 °C).
Sólidos volátiles totales (SVT)	Residuo que puede ser volatilizado e incinerado cuando los sólidos totales son calcinados a temperaturas entre (500 ±50 °C).
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que perdura después de incinerar los sólidos totales entre (500 ±50 °C).
Sólidos suspendidos totales (SST)	<p>Porción de sólidos totales retenido sobre un filtro con un tamaño específico de poro, medido después que la muestra ha sido secada a cierta temperatura.</p> <p>El filtro más usado para esta determinación es el filtro Whatman, su composición es de fibra de vidrio con un tamaño nominal de poros de 1.58 µm aproximadamente.</p>
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Pueden ser volatilizados e incinerados cuando los sólidos suspendidos totales son calcinados a temperatura (500 ±50 °C).
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo después del calcinamiento de sólidos suspendidos totales a temperatura entre (500 ±50 °C).
Sólidos disueltos totales (SDT)(ST-SST)	<p>Sólidos que atraviesan el filtro; posteriormente son evaporados y secados a una temperatura determinada.</p> <p>La medición de los sólidos disueltos totales comprende coloides y sólidos disueltos.</p> <p>El tamaño de los coloides se encuentra entre</p>

	0.001 a 1 $\mu\text{m}$ .
Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT-SST).	Pueden ser volatilizados e incinerados cuando los sólidos disueltos totales se calcinan a intervalos de temperatura entre (500 $\pm$ 50 $^{\circ}\text{C}$ ).
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo que se obtiene después de calcinar los sólidos disueltos totales a temperatura comprendida entre (500 $\pm$ 50 $^{\circ}\text{C}$ ).
Sólidos sedimentables	Son sólidos suspendidos, expresados como mililitros por litros, que se sedimentan por fuera de la suspensión.

Fuente: Crites T., 2000.

### **b) Turbiedad.**

Es la medida de las propiedades de dispersión de la luz; es uno de los parámetros usados para indicar la calidad de las aguas residuales con relación al material residual en suspensión coloidal. Se las representa en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

### **c) Color.**

En las aguas residuales la presencia de color se debe a diversos componentes como sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. Cuando el color es causado por sólidos suspendidos se lo llama color aparente, mientras que el color debido a sustancias disueltas y coloidales se lo llama color verdadero. Una unidad de color corresponde al color producido por 1.0 mg/L de platino.

Las fuentes de color incluyen infiltraciones, aporte de conexiones erradas, descargas y descomposición de materiales orgánicos. Teniendo sustancias húmicas que dan un color amarillo, aguas residuales recién descargadas un color café claro, aguas con un mayor grado de descomposición color gris claro y un color gris oscuro o negro debido a un agua que ha tenido una fuerte descomposición bacteriana en condiciones anaeróbicas.

### **d) Olor.**

En aguas residuales recientes se caracteriza por contener un olor a queroseno debido a la degradación orgánica en condiciones anaeróbicas. En las aguas residuales el olor

característico es semejante a huevo descompuesto debido al sulfuro de hidrógeno. Diversos compuestos como indol, mercaptano, entre otros; formados en condiciones anaeróbicas pueden causar olores mucho más intensos que el sulfuro de hidrógeno.

La medición del olor se puede realizar por métodos instrumentales y sensoriales. Se expresa en como número umbral de olor (NUO). (3)

**TABLA No. 2 Umbral de olor asociado con aguas residuales crudas.**

<b>COMPUESTOS OLOROSOS</b>	<b>OLOR CARACTERÍSTICO</b>
Amoniaco	Amoniacal
Crotilmercaptano	Zorrillo
Dimetilsulfuro	Vegetales descompuestos
Etilmercaptano	Coles en descomposición
Sulfuro de hidrógeno	Huevo podrido
Metilmercaptano	Coles descompuestas
Eskatol	Materia fecal
Tiocresol	Zorrillo , rancio

Fuente: Crites T., 2000.

**e) Temperatura.**

La medición de la temperatura en aguas residuales es primordial debido a que dependen considerablemente de este parámetro los tratamientos biológicos. En aguas residuales la temperatura es mayor que en aguas de suministro, varía entre 10 - 20 °C esto se debe a que la mayoría de los procesos biológicos se aceleran cuando la temperatura se incrementa, afecta de forma directa en reacciones químicas, velocidad de reacción, vida acuática y la adecuación del agua para fines favorables. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana es (25 - 35°C). (13)

**f) Densidad ( $\rho_w$ ) , gravedad específica ( $S_w$ ) y peso específico ( $\gamma$ ).**

Se conoce como densidad a la masa por unidad de volumen, se expresa en el Sistema Internacional (SI) como g/L o kg/m<sup>3</sup>. En ciertas ocasiones se emplea en lugar de la densidad la gravedad específica del agua denotada como:

$$S_w = \frac{\rho_w}{\rho_o}$$

Ecuación 1.

Dónde:

$\rho_w$  = densidad del agua residual.

$\rho_o$  = densidad del agua.

Se puede decir que tanto la densidad como la gravedad específica dependen de la temperatura y de la concentración de sólidos totales que se encuentran en ellas.

El peso específico se denomina como su peso por unidad de volumen, se expresa en lb/ft<sup>3</sup> en el Sistema Inglés. Existe una relación entre el peso específico, la densidad y gravedad (g) es igual:

$$\gamma = \rho g \cdot A.$$

Ecuación 2.

Dónde:

$\gamma$  = peso específico

$\rho$  = densidad

$g$  = gravedad

A = área

### **g) Conductividad eléctrica.**

Es la medida de la capacidad de una solución para transmitir corriente eléctrica, esta corriente es trasladada por iones en solución. La conductividad eléctrica es un parámetro que determina la posibilidad del uso del agua para riego; se expresa en milisiemens por metro (mS/m) en el Sistema Internacional (SI). Usando la ecuación 3 es posible estimar la concentración de sólidos disueltos totales (SDT) en una muestra de agua.

$$TDS \cong CE \times (550 - 700)$$

Ecuación 3.

Dónde:

TDS = Sólidos disueltos totales (mg/L).

CE = conductividad eléctrica ( $\mu\text{mho/cm}$  o dS/m). (3)

### 1.3.2. Características químicas.

#### a) Materia orgánica.

Representa la parte más importante de la contaminación, aquella que agota el oxígeno disuelto. En las aguas residuales; su composición típica es alrededor del 70% de los sólidos suspendidos y 45-50% de los sólidos fijos. La materia orgánica está compuesta de carbono, hidrógeno, oxígeno, fósforo, hierro, nitrógeno y elementos afines a todos los compuestos orgánicos. Se divide en diferentes grupos como:

- **Proteínas:** Están compuestas del 40 al 60% de las aguas residuales, su peso molecular es muy alto, son el principal constituyente de los organismos animales. Las plantas también contienen proteínas en menor medida. La urea y las proteínas son la principal fuente de nitrógeno produciendo malos olores.
- **Carbohidratos:** Están compuestos de  $\text{CH}_2$  y  $\text{O}_2$ , constituyen del 25 al 50% de las aguas residuales, provenientes de la materia vegetal principalmente, incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra.(9)

#### b) Alcalinidad.

En las aguas residuales la alcalinidad se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, principalmente de elementos tales como: magnesio, calcio, sodio, potasio o amonio. Contribuye en la regulación de los cambios de pH. La alcalinidad en el agua residual se debe a las características propias que posee, también adquiere ciertos atributos de aguas subterráneas y materiales añadidos por el ser humano.

Es muy importante cuando se la usa en tratamientos químicos, en eliminación biológica de nutrientes y cuando se necesite eliminar amoníaco mediante arrastre por aire. (7)

#### c) Aceites y grasas.

En términos químicos los aceites y grasas de origen vegetal o animal son muy similares, debido a que son ésteres compuestos de ácidos grasos, alcohol y glicerol, de estos

triglicéridos se dividen en dos ; los que se encuentran en estado líquido se denominan aceites y los que están en estado sólido se denominan grasas. Los aceites y grasas son elementos muy estables de difícil descomposición por las bacterias.

Debido sus propiedades pueden causar problemas en aguas residuales principalmente en tanques sépticos y sistemas de recolección. Se presenta la formación de natas sobre la superficie, de no ser así, el espacio que se encuentra entre la superficie y la zona de lodos disminuye, ocasionando el arrastre de sólidos que podrá generar colmatación.

Si los aceites y grasas no se remueven antes de la descarga de las aguas, podrían interferir con la vida acuática generando una especie de película que obstruye el desarrollo. (3)

#### **d) Sulfactantes.**

Se los denomina como tensoactivos o agentes de actividad superficial, son moléculas orgánicas grandes que se componen de un grupo hidrofóbico (insolubles en agua) e hidrofílico (solubles en agua). La presencia en aguas residuales se debe al uso de detergentes los cuales causan espuma, se usan en limpieza y tienden a acumularse en la interface aire/agua generando grandes problemas en la aireación de las aguas. Se los puede clasificar en: no iónicos, aniónicos y catiónicos. La biodegradabilidad de estos es variable depende considerablemente de su estructura química. (3) (9) (13)

#### **e) Oxígeno disuelto.**

Es uno de los principales parámetros importantes de las aguas residuales ya que la mayoría de los organismos depende de él para poder realizar y mantener sus procesos metabólicos obteniendo de esta manera energía y efectuando su reproducción. El oxígeno disuelto es el principal indicador del estado de contaminación de un cuerpo de agua.

#### **f) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).**

Es la cantidad de oxígeno necesario para descomponer materia orgánica presente en el agua residual mediante la acción de bacterias en condiciones aeróbicas, es causada por la respiración de las bacterias y cesara al agotarse totalmente la materia orgánica que se

encuentre disponible; se efectúa a 5 días a una temperatura aproximada de 20 °C y se denota como DBO<sub>5</sub>.

El ensayo de la DBO es de tipo biológico, e implican la presencia de oxígeno y nutrientes necesarios, pH, temperatura, bacterias, etc. La Demanda Bioquímica de oxígeno es resultado de tres tipos de materiales: nitrógeno oxidable, materiales carbónicos orgánicos y compuestos químicos reductores. (9)

**g) Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

Es un parámetro analítico que mide el volumen de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en una muestra. Se obtiene por medio de la oxidación del agua residual en una solución ácida de permanganato o dicromato de potasio denotado ( $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ ). La determinación de la DQO es mucho más rápida que la DBO debido a que no está sujeta a tantas variables. (11) (13)

En muestras que prevalece el material químicamente oxidable pero no oxidable biológicamente, el valor de la DQO será mayor que el de la DBO, esto se evidencia en aguas residuales domésticas. El valor de DQO junto con la DBO se emplea para determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas presentes en la muestra, así como la eficiencia de las etapas de tratamiento. (13)

**h) pH.**

Es la medida del grado de acidez o alcalinidad de un agua; es decir la concentración del ión hidrógeno. La escala de unidades de pH va desde 0 (muy ácido) hasta un valor de 14 (muy básico), teniendo como punto medio 7 (neutro). El agua residual ácida es muy agresiva y corrosiva, mientras que el agua residual básica causa incrustaciones. (15)

El pH debe estar entre 6.5 y 8.5 para que exista la mayoría de la vida acuática. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son sumamente difíciles de

tratar con procesos biológicos. Debido a esto el pH del agua residual ya tratada debe ser calibrada antes de ser descargada a un cuerpo de agua para evitar alteraciones. (13)

**i) Nitrógeno.**

Es un elemento esencial para el crecimiento de plantas debido a que es básico para la síntesis de proteínas. Cuando el contenido de nitrógeno supere los límites permisibles se evidencia el crecimiento de algas en los cuerpos de agua. En la naturaleza el nitrógeno se halla primariamente combinado en forma de materia proteínica y urea, no obstante su paso a la forma amoniacal se produce enseguida.

En un agua residual la predominación del nitrógeno en forma de nitratos es un indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. Los nitritos que se encuentran en los efluentes de aguas residuales se oxidan por adición de cloro, lo cual incrementa la cantidad de cloro a dosificar y por lo tanto el coste de la desinfección.

**j) Fósforo.**

Es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, reciben el nombre de nutriente o bioestimulador. El fosforo se presenta en: soluciones acuosas que incluyen ortofosfato, polifosfato y fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos como el  $PO_4$ ,  $HPO_4$ ,  $H_2PO_4$  y  $H_3PO_4$ , se tienen disponible; para el metabolismo biológico. El fósforo orgánico es de importancia en la determinación de fangos en aguas residuales domésticas. (7)

**1.3.3. Características microbiológicas.**

Los microorganismos requieren para su crecimiento diversos componentes como: carbono, nutrientes inorgánicos principalmente (NPK) nitrógeno, fosforo y potasio, energía y poder reductor. Estos microorganismos obtienen su energía y poder reductor de las reacciones de oxidación del sustrato; cuando es mayor la DQO del sustrato mayor es la energía y poder reductor que es capaz de proveer un sustrato. (4)

### 1.3.3.1. Microorganismos patógenos.

Todas las formas de microorganismos patógenos se pueden encontrar en las aguas residuales e incluyen: bacterias, virus, hongos, protozoarios y helmintos. Algunos de estos microorganismos son descargados al ambiente por portadores. (13)

**TABLA No. 3 Clasificación de los microorganismos.**

<b>Grupo</b>	<b>Estructura</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Organismos Representantes</b>
<b>Eucariotas</b>	Eucariota	Diferenciación de células y tejidos (Multicelular).  Escasa o nula diferenciación de tejidos (Unicelular).	Plantas (musgos y helechos). Animales (con vertebras y sin vertebras). Protistas (algas, hongos y protozoos).
<b>Bacterias</b>	Procariota	Parecida a las células eucariotas en su parte química.	La mayoría de las bacterias
<b>Arqueobacterias</b>	Procariota	Distinta química celular.	Metanógenos, halófitos, termoacidófilos.

Fuente: Metcalf & Eddy., 1995.

#### a) **Bacterias.**

Existen bacterias autótrofas (poseen la capacidad de utilizar materiales inorgánicos para la producción de energía y síntesis celular) como heterótrofas (requieren de materia orgánica sintetizada por otros organismos). De acuerdo a su forma se pueden clasificar en 4 grupos: esferoidales o cocos, bastón o bacilos teniendo como principal representante la E. Coli, bastón curvado y filamentosas. Las bacterias desempeñan un papel muy importante en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto de manera natural como en plantas de tratamiento. (4) (7)

**b) Protozoos.**

Son microorganismos heterótrofos eucariotas, formada por una sola célula abierta; la mayor parte viven de forma libre en la naturaleza, teniendo en cuenta que algunas especies son parásitas ya que viven en un organismo huésped. Su medio de alimentación constituye las bacterias u otros organismos, materia orgánica disuelta, etc. (4)

Las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos son de gran importancia tanto en los tratamientos biológicos como en la purificación de causas de agua debido a que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diversos tipos de microorganismos.(7)

**c) Hongos.**

Son multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterótrofos. La mayoría de estos microorganismos son aerobios estrictos, toleran valores de pH relativamente bajos, pueden crecer y desarrollarse en zonas de baja humedad y su requerimiento de nitrógeno es menor que de bacterias. (4) (7)

**d) Helmintos.**

Los principales parásitos presentes en aguas residuales son las lombrices intestinales como por ejemplo la *Ascaris Lumbricoides* , la tenis solitaria *Taenia saginata* y *Taenia solium* , los gusanos intestinales *Trichus trichuria* ,etc. En algunos helmintos la etapa infecciosa es el estado adulto o de larva y en otros es el estado de huevo. (7)

**e) Virus.**

Existe una gran variedad de virus de diversas clases como virus entéricos, los cuales son capaces de transmitir infecciones o enfermedades al ser humano, se reproducen en el tracto intestinal y se expulsan por las heces fecales. Los principales representantes son: entero virus (polio, eco, coxsackie), virus norwalk, rotavirus, reovirus, calcivirus, adenovirus, virus de hepatitis A. (3)

#### 1.4. Clasificación de las aguas residuales.

La clasificación de las aguas residuales está estrechamente ligada a la actividad en la cual se originan y se pueden clasificar en:

- **Aguas residuales domiciliarias:** Son usados con fines diversos (baño, cocina, lavandería, etc.), estos son líquidos provenientes de edificaciones, instituciones, viviendas, etc.
- **Aguas residuales municipales:** Las aguas residuales municipales cuentan con residuos líquidos que son trasladados por el alcantarillado público y seguidamente tratados en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- **Aguas residuales industriales:** Las aguas residuales industriales son efluentes generados en procesos productivos, los mismos que poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- **Aguas pluviales:** Son descargadas por medio de canales, drenajes y colectores de agua de lluvia, los cuales se dirigen al suelo o son drenadas y otras recorren la parte superficial, arrastrando arena, tierra, hojas y diversos residuos existentes en el suelo.
- **Aguas de infiltraciones y aportaciones incontroladas:** Estas aguas ingresan al sistema de alcantarillado a través de las uniones de las tuberías, paredes de las tuberías en mal estado, tuberías de inspección, limpieza, etc. (7) (14)

#### 1.5. Aguas residuales domésticas.

Son aquellas generadas en viviendas, lugares comerciales y en general sitios donde se genere residuos que contengan gran cantidad de materia orgánica (heces fecales) y restos de moléculas producto de actividades de limpieza. , estos residuos reflejan las actividades de la población atendida. A medida que la población se expande, el efecto de estos

residuos se vuelve cada vez más pronunciada tanto en el flujo de masas como en la presencia de contaminantes de las aguas residuales. (17)

En Latinoamérica, alrededor del 6% de los habitantes poseen un sistema de tratamiento de aguas residuales. En nuestro país Ecuador, principalmente el 6,3% de las aguas residuales promedio reciben algún tipo de tratamiento, generando un porcentaje del 7% y 5% a nivel urbano y rural respectivamente.

Generalmente la mayor cantidad de empresas proveedoras de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas colocan plantas prefabricadas compactas diseñadas en países extranjeros, de esta manera se evidencia la pérdida de la eficiencia en estos procesos a medida que pasa el tiempo debido al desconocimiento de parámetros de control. (23)

## **1.6. Caudal.**

Es el volumen de agua residual por unidad de tiempo, este es un parámetro sumamente importante en el tratamiento de aguas residuales, debido a que sin su cuantificación los diseños de plantas de tratamientos tendrían inconvenientes en su funcionamiento.

### **1.6.1. Caudales de las aguas residuales urbanas.**

El caudal que generan las aguas residuales está directamente relacionado con el desarrollo económico y social del ser humano; puesto que un mayor desarrollo conlleva a un incremento en el consumo de agua debido a las actividades cotidianas. Existen diversos factores que influyen en la cantidad de agua residual:

- Consumo de agua para abastecimiento.
- Pérdidas debido a fugas en los colectores.
- Ganancias por vertidos a las redes de alcantarillado o por intrusiones. (24)

### 1.6.2. Caudales de diseño.

Se debe analizar datos preliminares para poder establecer los cambios y tendencias en las variaciones de caudales. Mediante el análisis de los datos se tiene diversos parámetros:

- **Caudal máximo diario:** El caudal máximo diario es el máximo logrado en 24 horas gracias a datos anuales de explotación. Es de gran interés en situaciones que tienen un cierto tiempo de retención, como por ejemplo los tanques de cloración.
- **Caudal medio diario:** Es el caudal medio en 24 horas obtenido gracias a la totalidad de datos anuales. Se usan para determinar la capacidad de una planta de tratamiento, para volumen de carga orgánica y analizar los costos de bombeo, etc.
- **Caudal mínimo diario:** Es el caudal mínimo en 24 horas a partir de los datos de explotación. Este caudal de importancia para el diseño de conducciones en las cuales se puedan producir sedimentación cuando circulan caudales pequeños.
- **Caudal permanente:** Es el cual cuyo valor persiste o es excedido durante un número de días consecutivos, se obtienen de datos anuales, esta información es de gran importancia para el dimensionamiento de elementos hidráulico.(7)

### 1.7. Medición de caudales.

Los caudales deben relacionarse con la población que aporta para determinar la contribución de agua residual per cápita. Se debe efectuar mediciones para conocer la cantidad de agua de infiltración y otros caudales afluentes relacionados con conexiones erradas, encontrar factores para caudales de infiltración de modo que se pueda proyectar el caudal deseado, considerar los periodos de sequía y de lluvia ya que influirá considerablemente en el diseño. (18)

- Las mediciones de caudales se pueden llevar a cabo por diversos métodos:

- Instalaciones de vertederos o canaletas Parshall para canales abiertos o alcantarillados parcialmente llenos.
- Método volumétrico, son adecuados para caudales pequeños.
- Estimación de caudales de bombeo.
- Contabilizando la distancia de un objeto flotante entre dos puntos fijos a lo largo de un recorrido.
- Examen de los registros de uso de agua residual, teniendo en consideración las pérdidas debido a la evaporación. Este método se usa para obtener datos aproximados.
- Cronometrando las variaciones de nivel en tanques, reactores que tengan descargas discontinuas. (11)

### **1.7.1. Método volumétrico.**

El método volumétrico se basa en la medición directa del caudal empleando un recipiente graduado, cuyo tiempo de llenado sea medido o controlado mediante un cronómetro. Este método es muy sencillo y su caudal se obtiene mediante la ecuación 4:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ecuación 4.

Dónde:

Q= caudal (L/s).

V= volumen del recipiente (L).

T = tiempo de llenado (s). (15)

## **1.8. Muestreo de aguas residuales.**

### **1.8.1. Muestreo.**

Las técnicas de muestreo empleadas para la caracterización de aguas residuales se usan para diversos propósitos como:

- Datos de operaciones de rutina sobre el desempeño de la planta de tratamiento.
- Datos que se pueden usar para tener constancia del desempeño de los procesos.
- Datos que se pueden usar para implementar nuevos programas o propuestas.
- Datos para reportar el cumplimiento y seguimiento de las normas vigentes.

Para alcanzar estos requerimientos la recolección de datos debe ser representativa, reproducible, sustentada y útil. Toda la documentación obtenida en el muestro servirá como base para el manejo adecuado de las aguas residuales. Antes de iniciar un muestreo se debe contar con un protocolo detallado para obtener mayor seguridad y eficiencia en el mismo. Se las puede clasificar de forma general en 3 tipos: (3)

**a) Muestra simple:** Se basa en las características del agua en el momento que la muestra es tomada. Se usa generalmente cuando el caudal del agua a analizar posee una composición constante, cuando el flujo de agua es intermitente y cuando las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas (pH, temperatura, etc.). El volumen mínimo de una muestra simple se lo puede considera en un intervalo de 1-2 litros dependiendo de los parámetros que se desee analizar.

**b) Muestra compuesta:** Son aquellas formadas por mezcla de muestras individuales tomadas en momentos distintos. La cantidad que se añade a la mezcla compuesta debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento que la muestra fue tomada. Para el cálculo se tiene a continuación la ecuación 5: (11)

$$V_i = \frac{(Q_i * V)}{(Q_p * n)}$$

Ecuación 5.

Dónde:

$V_i$  = Volumen de cada muestra individual.

$V$  = Volumen total de la muestra compuesta.

$Q_p$  = Caudal promedio.

$Q_i$  = Caudal instantáneo.

$n$  = número de muestras tomadas. (29)

- **Recomendaciones para muestras compuestas:**

- Si la concentración y el gasto no fluctúan repentinamente, con tomar muestras cada hora durante periodos de 12 horas es suficiente.
- Si las variaciones son repentinas, pueden requerirse muestras cada media hora o cuarto de hora aproximadamente.
- La cantidad de agua residual debe medirse al tomar cada muestra ajustando el volumen según el gasto. (16)

c) **Muestra integrada:** Se fundamenta en el análisis de muestras puntuales tomadas en diversos puntos simultáneamente. Esta integración se debe ejecutar de forma proporcional a los caudales obtenidos en el momento de tomar las muestras. Este tipo de muestreo se puede usar en los siguientes casos: en caracterizar el caudal de un río, en tratamientos combinados para distintas corrientes de aguas residuales separadas y en el cálculo de la carga contaminante (kg/d) en corrientes de agua. (18)

Para el análisis de aguas domésticas los parámetros básicos para ser analizados son: DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos disueltos, suspendidos, sedimentables, aceites y grasas, fósforo, nitrógeno Kjeldahl. (29)

Para el muestreo de las aguas residuales se tiene en cuenta diversas definiciones las cuales tenemos:

- **Métodos de muestreo:** Se basan en técnicas y equipos apropiados usados en el momento de realizar el muestreo de aguas.

- **Plan de muestreo:** Cantidad, clase y puntos de muestreo con sus correspondientes periodos de tiempo.
- **Componentes de la muestra:** Inventario de parámetros a ser medidos dependiendo del análisis que se desee realizar. (3)
- **Libreta de campo:** Contiene toda la información pertinente al trabajo de campo. Incluyendo: nombre y dirección del propietario de la muestra tipo de muestra, propósito y localización del muestreo.(18)
- **Rotulado de muestras:** El sellado de las muestras es muy importante, este consta con la identificación con etiquetas; para poder llevar un orden específico en el momento de su trasportación y posterior análisis. (3)
- **Sellado de muestras:** Todas las muestras de aguas deben estar herméticamente cerradas para impedir pérdidas en la cantidad y evitar la falsificación de la muestra.
- **Preservación de la muestra:** La preservación de muestras es el tiempo máximo que una muestra puede permanecer en un lugar determinado para su posterior análisis en un laboratorio. (18)
- **Almacenamiento de la muestra:** Para realizar un correcto almacenamiento se debe prever el tipo de recipiente; el cual va a contener la muestra, puede ser plástico, vidrio, etc.). (3)
- **Transporte de muestras:** Las muestras tienen que ser dirigidas lo más pronto posible al lugar de análisis con su correspondiente cadena de custodia previamente llenada y su etiquetado respectivo.

- **Análisis de la muestra:** El análisis de las muestras de agua se realizan in situ o en un laboratorio calificado, las mismas que debe ser asignadas con sumo cuidado y responsabilidad. (18)

## **1.9. Métodos de tratamiento de aguas residuales.**

Están compuestos por una combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para disminuir ciertos constituyentes que se encuentran presente, las cuales son indeseables en las aguas residuales. Teniendo entre estos los tratamientos preliminares los cuales son muy básicos y eficientes, también los tratamientos primarios en los que se agrupan operaciones de tipo físico, tratamientos secundarios; los mismos que se basan en procesos biológicos de asimilación de materia orgánica biodegradable y los tratamientos terciarios; estos se aplican a los procesos usados para eliminar contaminantes no removidos en los procesos anteriormente mencionados. La elección correcta de los procesos de tratamiento depende del uso que se desee destinar y del efluente que se va a tratar, naturaleza del mismo, compatibilidad entre procesos, medios disponibles, etc. (35)

### **1.9.1. Tratamiento primario.**

El propósito del tratamiento primario es la remoción de materiales sólidos que contiene el agua residual. Los restos grandes pueden retirarse mediante rejillas o usando dispositivos de molienda o desbaste que disminuyen su tamaño. Los sólidos inorgánicos se remueven en desarenadores y una buena parte de los sólidos suspendidos orgánicos por sedimentación. (16)

### **1.9.2. Tratamiento secundario.**

El tratamiento secundario más común es el tratamiento biológico aerobio seguido de una decantación secundaria. En este tipo de tratamiento los microorganismos destruyen y metabolizan materia orgánica soluble y coloidal. La velocidad de degradación de la DQO y DBO depende de los microorganismos que se encuentren presentes. Aunque la mayoría de las sustancias orgánicas se degradan, especialmente las de origen natural, ciertas de

origen sintético son muy resistentes. Existen diversos procesos de tratamientos citando los más importantes: lodos activados, bidiscos, lagunaje, etc. (12) (16) (34)

### **1.9.3. Tratamiento terciario.**

El tratamiento terciario o tratamiento avanzado consiste en una serie de métodos físicos y químicos especiales con los que se puede depurar aguas contaminadas con ciertos materiales como: nitrógeno, fósforo, minerales, metales pesados, compuestos orgánicos, entre otros. Estos tratamientos poseen costos elevados debido a la complejidad de componentes presentes, completando el tratamiento de las aguas residuales cuando se necesita una depuración más eficiente de la adquirida con los tratamientos primario y secundario. Se tiene como opciones más usuales: adsorción en carbón activado, filtración rápida, intercambio iónico, osmosis inversa, electrodiálisis, sistema de coagulación-floculación y desinfección. (11) (12) (34)

- a) **Coagulación:** Proceso de formación de diminutas partículas gelatinosas mediante el adicionamiento de un coagulante al agua y aplicando energía en su mezclado la cual desestabiliza las partículas en suspensión por medio de la neutralización de cargas de los coloides que poseen carga negativa. Teniendo como principales productos coagulantes los siguientes:
  - **Sales metálicas simples:** Tienen como representantes al sulfato de alúmina, el sulfato férrico y cloruro férrico, estas sales se comercializan en costales sólidos secos, como soluciones acuosas concentradas y se las encuentra fácilmente.
  - **Sales metálicas más ácido fuerte:** Ciertos fabricantes de coagulantes preparan soluciones que contienen una sal metálica (p. ej., alúmina) y una cantidad de ácido fuerte, generalmente ácido sulfúrico. También se encuentran disponibles sales de hierro que contienen ácido sulfúrico suplementario.
  - **Sales metálicas más aditivos:** Las soluciones coagulantes de sales metálicas se encuentran disponibles con aditivos especiales, tales como, ácido fosfórico,

silicato de sodio y sales cálcicas. La alúmina como ácido fosfórico posee ciertas características de la alúmina suplementada con ácido, pero genera un precipitado de  $\text{PO}_4$ . Al cuando se le adiciona al agua.

➤ **Aluminato sódico:** Es un producto químico usado como coagulante en tratamiento de aguas, típicamente en combinación con alúmina para tratar aguas de baja alcalinidad. Las propiedades lo hacen más difícil de manejar que la alúmina y otros productos de sales metálicas y su costo han limitado su utilización. Cada uno de estos posee un rango específico de pH donde se consigue la mínima solubilidad, ocurriendo así la máxima precipitación, dependiendo considerablemente de las características del agua a tratar. (6) (25)

➤ **Coagulantes alternativos (PAC`s).**

Los coagulantes alternativos poseen etapas sólidas en las reacciones de hidrólisis, se agrupan en esferas con tamaños menores a 25mm, los flóculos del sulfato de aluminio son generalmente esponjosos y con poros de tamaños aproximados de 25–100 mm. Contienen también una gama de especies hidrolíticas de Al (III) y una estructura estable ante la hidrólisis posterior, la misma que ayuda a obtener mayor eficiencia de coagulación. (25)

Se ha venido usando una gran variedad de estructuras moleculares inorgánicas de elevado peso molecular, que presentan ciertas ventajas sobre las sales simples como: mejor eficiencia y sedimentación de flóculos, amplio rango de pH, baja sensibilidad a la temperatura y concentración de ion metálico residual. (1)

b) **Floculación:** Proceso que junta las partículas desestabilizadas o coaguladas para la formación de un aglomerado mayor llamado flóculo, el cual es por un mecanismo de puentes químicos. La floculación se logra recurriendo a una mezcla que transforma las partículas coaguladas de tamaño microscópico en partículas discretas y visibles. (25)

## **1.10. Plantas de tratamiento.**

Las plantas de tratamiento son sistemas de depuración de aguas, las cuales incorporan procesos físicos, químicos y biológicos los mismos que tienen por objeto producir agua residual en mejores condiciones para su posible reciclaje o reutilización en diversas actividades del ser humano. (30)

### **1.10.1. Parámetros para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales.**

No todas son iguales ni cumplen las mismas especificaciones.

- Características del agua sin tratamiento.
- Calidad necesaria del efluente.
- Disponibilidad de espacio físico.
- Costos de fabricación y operación
- Confiabilidad del sistema de tratamiento.
- Nivel de profesionalismo del personal. (14)

### **1.10.2. Selección de un tratamiento.**

Se debe tener en cuenta los contaminantes presentes, estos pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión y ser orgánicos e inorgánicos, teniendo como los más representativos: materia orgánica soluble, aceites, grasas, material flotante, detergentes, nutrientes, minerales, sólidos en suspensión, material coloidal, color, olor, turbidez, acidez, etc.

El objetivo primordial es la eliminación de estos posibles contaminantes, los cuales son molestos y nocivos para el entorno. La mejor forma de tratar un agua residual depende principalmente de diversos factores: caudal, composición, concentraciones, calidad requerida del efluente, cantidad de agua a tratar, posibilidades de reutilización y de descarga al alcantarillado, etc. (12)

### **1.11. Reutilización del agua residual.**

En la reutilización del agua los constituyentes principales que pueden encontrarse e influir en la calidad incluyen: contaminantes microbiológicos, carbono orgánico total, subproductos de desinfección, turbidez, sólidos en suspensión, compuestos que ocasionan sabores y olores desagradables. (6)

Teniendo como ventajas:

- Incrementar los recursos de agua, al usarla más de una vez.
- Las aguas están disponibles en el punto de generación, pudiendo ser usadas en ciertas actividades donde se requiera menor calidad del agua, como por ejemplo: riego de jardines, zonas deportivas, zonas agrícolas, etc.
- Los caudales de abastecimiento son seguros para poder disponer de ellos, desde el punto de vista económico puede decirse que es una solución muy rentable y desde el punto de vista ambiental ayuda a minimizar la contaminación.

Hay que tener en consideración que la reutilización de las aguas se basar en una depuración complementaria que puede sea fiable y flexible para garantizar la calidad necesaria del nuevo uso, esta reutilización puede ser directa e indirecta. La reutilización directa consta de conductos y accesorios para llevar aguas tratadas a su nuevo uso, mientras que la reutilización indirecta prevé la incorporación a un cause receptor donde las aguas serán tomadas para un posible uso posterior. La reutilización de las aguas puede clasificarse en cuatro categorías:

- Riego agrícola.
- Riego de zonas verdes.
- Recarga subterránea.
- Industrias.(5)

**TABLA No. 4 Posibles reutilizaciones de aguas urbanas y principales inconvenientes a considerar.**

<b>Uso del agua</b>	<b>Principales inconvenientes</b>
<p style="text-align: center;"><b>Uso Agrícola.</b></p> <p>Riego de cultivos. Viveros.</p>	<p style="text-align: center;">Sales y otros elementos.</p> <p>Existencia de microorganismos patógenos (bacterias, virus, parásitos), que pueden afectar a la salud humana.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Riego de Zonas Verdes.</b></p> <p>Parques. Praderas. Zonas verdes residenciales. Estadios. Cementerios.</p>	<p>Existencia de microorganismos patógenos (bacterias, virus, parásitos), que pueden afectar a la salud humana.</p> <p>Contaminación de aguas (superficiales, subterráneas).</p> <p style="text-align: center;">Aceptación pública</p> <p>Efectos sobre la vegetación en general.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Recarga Subterráneas.</b></p> <p>Recarga de embalses subterráneos. Evitar la intrusión salina. Control de la estabilidad y subsidencia.</p>	<p>Residuos de contaminantes orgánicos y sus efectos adversos.</p> <p>Existencia de sólidos disueltos, metales y patógenos en las aguas.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Uso recreativos.</b></p> <p>Lagos y estanques. Marismas y zonas húmedas. Corrientes de agua. Piscícolas.</p>	<p>Bacterias y virus que afectan a la salud pública.</p> <p>Nitrógeno, fósforo y otros nutrientes que pueden generar eutrofización.</p> <p style="text-align: center;">Aspectos estéticos , olores ,etc.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Agua no Potable en Uso Urbano.</b></p> <p>Protección contra incendios. Aire acondicionado. Cámaras de descarga en servicios higiénicos.</p>	<p>Transmisión de patógenos por aerosoles afectado la salud humana.</p> <p>Efectos negativos sobre la calidad del agua (corrosión, crecimiento biológico.)</p> <p style="text-align: center;">Inconvenientes de interconexiones indebidas.</p>

<b>Reutilización Industrial.</b> Refrigeración. Calderas. Procesos de producción.	Efectos negativos de la calidad debido al crecimiento biológico, formación de concreciones, corrosión, suciedad, etc.
--	---

Fuente: Hernández Aurelio., 2004.

## 1.12. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.

Se tiene como representantes a viviendas, hoteles, comunidades, colegios, escuelas; que necesitan de sistemas descentralizados de manejo de aguas; que consisten en la recolección, tratamiento, vertimiento o reutilización de aguas residuales. El diseño de estos tratamientos debe realizarse de acuerdo al costo, operación y mantenimiento. (3)

### 1.12.1. Rejas o rejillas.



En las rejillas las aguas residuales llegan generalmente por gravedad, hasta el lugar donde se encuentra la planta de tratamiento. Sirven para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos contra posibles daños ocasionados por harapos, palos, restos de papel, frutas, entre otros materiales de distinto tamaño. (3) (11) (16)

Fuente: Terry C.; Gutiérrez J.; Abó M., 2010.

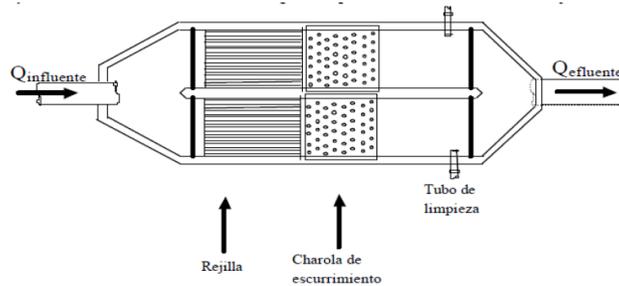
Los materiales recogidos se los clasifica en forma general en gruesos y finos,. Las rejas finas poseen una abertura de 5mm aproximadamente, se las fábrica de forma general en acero y pueden eliminar del 5–25 % de los sólidos en suspensión. Las rejas gruesas poseen aberturas entre 4-9 cm aproximadamente. La estructura de las rejillas, esta inclinada con relación al piso donde se instala el canal y la limpieza se la puede realizar de forma manual o mecánica. (11)

- a) **Rejas de limpiar manual:** Se emplean frecuentemente en plantas de tratamiento pequeñas, su longitud no deberá exceder de la que permita su adecuada limpieza, en la parte superior de las rejas se colocan una bandeja perforada para que los

sólidos removidos se puedan almacenar temporalmente para su deshidratación.

(3) (8)

**FIGURA No. 1 Vista planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras.**



Fuente: Allende., 2001.

- b) **Rejas de limpieza mecánica:** Usan cadenas sin fin, cables o mecanismos de ruedas reciprocantes que mueven un rastrillo empleado para mover los residuos acumulados por la rejilla. Dentro de este tipo de rejas se tiene: rejas de funcionamiento mediante cadenas (más usado), rejas de movimiento oscilatorio, catenarias, rejas accionadas mediante cables.(3) (8)

### 1.12.2. Criterios de diseño.

**TABLA No. 5 Criterios de diseño para rejillas de limpieza manual.**

Parámetro	Rango	Unidad
Espaciamiento entre barras	15 - 50	mm
*Separación entre barras	25-50	mm
Velocidad de aproximación	0.3 – 0.6	m/s
Velocidad a través de las barras	0.3 – 0.6	m/s
Ángulo de inclinación	60 - 45	°

\*Fuente: Metcalf & Eddy., 1995.

Fuente: Norma RAS., 2000.

### 1.12.3. Dimensionamiento de Rejillas.

Para el dimensionamiento de rejillas el procedimiento es el siguiente:

- **Cálculo de la velocidad a través de las rejillas.**

$$A = \frac{Q}{v}$$

Ecuación 6.

Dónde:

V= Velocidad (m/s).

Q=Caudal (m<sup>3</sup>/s).

A= Área (m<sup>2</sup>).

- **Cálculo de la altura del tirante del agua.**

Se asume el ancho del canal y se tiene:

$$h_a = \frac{A}{w}$$

Ecuación 7.

Dónde:

h<sub>a</sub>= Altura del tirante del agua (m).

w= Ancho asumido (m).

- **Cálculo de la altura total del canal.**

Considerando la altura de seguridad del canal se tiene:

$$H = h_a + h_s$$

Ecuación 8.

Dónde:

H= Altura total (m).

h<sub>s</sub>= Altura de seguridad (m).

- **Cálculo de la longitud de barras.**

$$\text{sen } \alpha = \frac{H}{L}$$

Ecuación 9.

Dónde:

L = Longitud de barras (m).

$\alpha$  = Ángulo de inclinación de barras.

- **Cálculo del número de barras.**

$$n = \frac{w}{s + e}$$

Ecuación 10.

Dónde:

n= Número de barras.

s= Espesor de barras (mm).

w= Ancho del canal (mm).

e= Separación entre barras (mm).

- **Cálculo de la suma de separaciones entre barras.**

$$b_g = \left( \frac{w - e}{s + e} + 1 \right) e$$

Ecuación 11.

Dónde:

bg=Suma de la separación entre barras (mm).

• **Cálculo de la pérdida de carga.**

$$h = \beta \left(\frac{S}{e}\right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g}\right) \text{sen } \alpha$$

Ecuación 12.

Dónde:

h= Diferencia de alturas antes y después de las rejillas (m).

$v^2/2g$  =carga de velocidad antes de las rejillas (m).

$\alpha$  =Ángulo de inclinación de barras.

$\beta$  =Coeficiente de pérdida para rejillas.

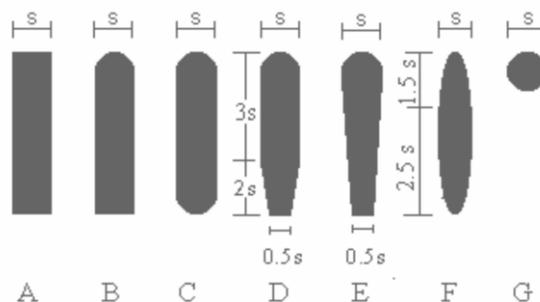
Dónde  $\beta$  se obtiene de la siguiente Tabla 6 con apoyo de la Figura 2.

**TABLA No. 6 Coeficiente de pérdida para rejillas.**

Forma	A	B	C	D	E	F	G
$\beta$	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: NORMA RAS 2000., Título E., Pp51.

**FIGURA No. 2 Formas de las rejillas.**



Fuente: NORMA RAS 2000., Título E., Pp51.

Este procedimiento para calcular hf es válido solo cuando la rejilla está limpia.

#### 1.12.4. Trampa de aceites y grasas.

Los aceites y grasas son un conjunto de sustancias con características físicas similares, determinadas de manera cuantitativa. El término aceites y grasas incluye materiales de origen vegetal, animal, petróleo y otros materiales extraídos por el solvente.

En el agua residual doméstica el contenido de aceites y grasas puede ser de 30 a 50 mg/L y constituir alrededor del 20% de la DBO, pueden acumularse en las alcantarillas y bombas, obstruyéndolas, en los sedimentadores causando problemas de flujo. Así mismo dificultan el proceso de secado de los lodos debido a su naturaleza.

Una trampa de aceites y grasas es una cámara pequeña de flotación en la cual las grasas flotan a la superficie libre, mientras que el agua más clara es descargada. Para un buen funcionamiento debe evitarse las cargas hidráulicas súbitas, ya que puede producir agitación excesiva del contenido, impidiendo la reacción y flotación normal de la grasa. Esta etapa de tratamiento se incluye en establecimientos como estaciones de servicios, hospitales, restaurantes y hoteles, donde existe una producción apreciable de grasas, con el objetivo de evitar el taponamiento de tuberías y el efecto deletéreo que puedan tener ellas sobre los microorganismos y su posterior sedimentación en el tanque séptico. (14)

#### 1.12.5. Criterios de diseño.

**TABLA No. 7 Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.**

<b>Parámetro</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
*Área horizontal del tanque	0.25 x 0.25 por lado	m
Relación ancho/longitud	1:4 - 1:18	-
* Tiempo de retención	2.5 - 3	min
Velocidad ascendente mínima	4	mm/s
Diámetro de tuberías (entrada)	>Mínimo 50	mm

Diámetro de tuberías (salida)	>por lo menos 100	mm
*Diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida	>0.05	m
*El espacio sobre el nivel del líquido	mínimo 0.30	m
*Parte inferior de la tubería de salida	no menos de 0.075 ni más de 0.15 del fondo.	m
*Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación	no más de 0.05.	m
*Parte inferior del codo de entrada	deberá prolongarse hasta 0.15 por debajo del nivel de líquido.	m
*Pendiente	45 a 60	°

\*Fuente: CEPIS., 2003.

Fuente: Norma RAS., 2000.

### 1.12.6. Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.

Para el dimensionamiento de la de trampa de aceites y grasas se procede de la siguiente manera:

- **Cálculo del área del tanque.**

$$A = \frac{Q * a}{60 L/min}$$

Ecuación 13.

Dónde:

Q = caudal (L/ min).

a = Área (m<sup>2</sup>).

A = Área del tanque (m<sup>2</sup>).

- **Cálculo del ancho del tanque.**

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

Ecuación 14.

Dónde:

b = Ancho (m).

- **Cálculo del largo del tanque.**

$$L = b * 4$$

Ecuación 15.

Dónde:

L = Largo (m).

- **Cálculo del volumen útil.**

$$V_u = Q * Tr$$

Ecuación 16.

Dónde:

$V_u$  = Volumen útil ( $m^3$ ).

Tr = Tiempo de retención hidráulica (min).

- **Cálculo de la profundidad útil.**

$$P_u = \frac{V_u}{A}$$

Ecuación 17.

Dónde:

$P_u$  = Profundidad útil (m).

- **Cálculo de la profundidad total del tanque.**

$$P_t = P_u + P_s$$

Ecuación 18.

Dónde:

$P_t$  = Profundidad total del tanque (m).

$P_s$  = Profundidad de seguridad (m).

### 1.12.7. Tanque séptico.

Se usan para recibir descargas de aguas residuales generadas en viviendas, establecimientos educativos, campamentos, hoteles, entre otros que no poseen sistema de alcantarillado. Constan generalmente de las siguientes partes: un tanque hermético para recolectar excretas, un recipiente cubierto para recolectar el efluente, un dispositivo para evitar salpicaduras, tuberías de conducción, ventilación y otros accesorios afines. (3)

Se realiza la digestión y la sedimentación dentro del mismo tanque, realizando un tratamiento anaeróbico, sirve para la eliminación de sólidos suspendidos y material flotante, se evitan los problemas de compleja construcción y excavación profunda del tanque Imhoff. La remoción del DBO en un tanque séptico puede ser alrededor de los 30-50%, grasas y aceites 70 - 80%, fósforo 15% y 50 - 70% de sólidos suspendidos. (14)

### 1.12.8. Criterios de diseño.

**TABLA No. 8 Criterios de diseño para tanque séptico.**

<b>Parámetro</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
*hútil	1.2 m – 1.7	m
*Resguardo	> 0.3	m
*2 Compartimentos	60/40	-

*Tasa acumulación del lodo	0.04	m <sup>3</sup> /hab. año
Tapa del tanque.	no menor a 0.60 x 0.60	m
Ancho del tanque	no menor a 0.60	m
Diámetro de tubería de entrada y salida	mínimo 100 y 75 respectivamente	mm
Nivel de la tubería de salida	0.05 por debajo de la tubería de entrada	m
Diámetro del registro	mínimo 150	mm
Parte superior de los dispositivos de entrada y salida tendrá una ventilación	no más de 0.05	mm

\*Fuente: Método USPHS.

Fuente: CEPIS., 2003.

### 1.12.9. Dimensionamiento del tanque séptico.

El procedimiento para dimensionar el tanque séptico se tiene a continuación:

- **Cálculo de período de retención hidráulica.**

$$Pr = 1.5 - 0.3 \log(P * Q)$$

Ecuación 19.

Dónde:

Pr = Tiempo promedio de retención hidráulica (días).

P = Población servida.(hab).

Q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, (L/hab \* día.).

- **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación.**

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * PR$$

Ecuación 20.

Dónde:

$V_s$  = Volumen de sedimentación ( $m^3$ ).

- **Cálculo del volumen de lodos producidos.**

Depende de las condiciones ambientales principalmente de la temperatura y de la descarga de residuos de cocina. Los valores a ser considerados son:

- **Clima cálido 40 L /hab \*año.**
- **Clima frío 50 L /hab \* año.**

En caso de descargas adicionales de lavaderos u otros aparatos sanitarios instalados que afecten al buen funcionamiento del sistema de evacuación de aguas residuales, a los valores anteriores se le adiciona el valor de 20 L/ hab \* año. (20)

- **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos.**

$$Vd = G * P * N * 10^{-3}$$

Ecuación 21.

Dónde:

$Vd$  = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos ( $m^3$ ).

$N$  = Intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos (años).

$G$  = Volumen de lodos producidos (L /hab \* año).

- **Cálculo del volumen total.**

$$V_t = V_s + Vd$$

Ecuación 22.

Dónde:

$V_t$  = Volumen total ( $m^3$ ).

- **Cálculo del área del tanque.**

$$V_t = L * b * h_u$$

Ecuación 23.

- **Cálculo de la longitud del tanque.**

$$A = L * b$$

Ecuación 24.

Dónde:

L = Largo (m).

A= Área del tanque (m<sup>2</sup>).

b = Ancho (m).

h<sub>u</sub> = Altura útil (m).

- **Cálculo de la profundidad máxima de espuma sumergida.**

$$He = \frac{0.7}{A}$$

Ecuación 25.

Dónde:

He= Área superficial del tanque séptico en m<sup>2</sup>.

- **Cálculo de la longitud de los compartimentos.**

$$L_1 = 0.6L$$

Ecuación 26.

$$L_2 = 0.4L$$

Ecuación 27.

Dónde:

$L_1$  = longitud de compartimento 1.

$L_2$  = longitud de compartimento 2.

Se usó 2 compartimentos con una relación de 60/40; para una mejor depuración de aguas residuales.

- **Cálculo de la altura.**

$$V_d = L * b * h_L$$

Ecuación 28.

Dónde:

$h_L$  = Altura (m).

- **Cálculo de la altura total.**

$$H_T = h_u + h_s$$

Ecuación 29.

Dónde:

$H_T$  = Altura total (m).

### **1.12.10. Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA).**

Es un proceso de crecimiento adherido para tratar residuos solubles, es el más sencillo de mantener debido a que su biomasa permanece como una película de microorganismos, como su flujo es ascendente existe un mínimo de riesgo de taponamiento. Este filtro está constituido por un tanque, relleno con un medio microbiano sólido, el agua residual es puesta en contacto con este medio y las bacterias retenidas sobre él y son muy útiles para desnitrificar efluentes o como pre-tratamiento en plantas purificadoras de agua.

El proceso de este filtro no utiliza recirculación ni calentamiento y genera una cantidad mínima de lodos, usa como medio de soporte de crecimiento microbiano piedras, anillos de plástico, colocados al azar. La mayor parte de la biomasa se acumula en los espacios vacíos intersticiales, consiguiendo una concentración de biomasa alta y un efluente clarificado; este proceso se puede usar en bajas temperaturas, demorándose aproximadamente 6 meses. En estudios realizados la remoción de DBO es del 65-80 %, DQO del 60-80 %, sólidos suspendidos del 60-70%, fósforo del 30-40%. (14) (18)

#### 1.12.11. Criterios de diseño.

**TABLA No. 9 Criterios de diseño para filtro anaeróbico de flujo ascendente.**

<b>Parámetro</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
*Profundidad útil	no menor a 1.80	m
*Ancho	0.85 – 5.40	m
*Volumen útil mínimo	no menor a 1.25	m <sup>3</sup>
*H medio soporte	no menor a 1.2	m
*Salida del efluente	no menor a 30 sobre el lecho	cm
Tiempo de retención	24 – 48	h
Carga Orgánica	1 - 30	kg DQO/m <sup>3</sup> d
Velocidad del flujo	< 10	m/días
Edad de lodos	0.5 - 5	días
Distancia entre orificios de entrada	1 - 2	m

\*Fuente: Norma Brasileira ABNT.

Fuente: Norma RAS., 2000.

#### 1.12.12. Dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente.

Para el dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente se tomó en consideración lo siguiente:

- **Cálculo del volumen del filtro.**

$$V_f = Q_{diseño} * Tr$$

Ecuación 30.

Dónde:

$V_f$  = Volumen del filtro ( $m^3$ ).

$Q_{diseño}$  = Caudal de diseño ( $m^3 / día$ ).

$Tr$  = Tiempo de retención hidráulica (día).

- **Cálculo del área horizontal del filtro.**

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

Ecuación 31.

Dónde:

$A_f$  = área horizontal del filtro ( $m^2$ ).

$H_u$ : Profundidad útil del filtro, en la norma RAS 2000 Título E se recomienda una de 1.80m.

- **Cálculo de la longitud del filtro.**

$$L = \frac{A_f}{b}$$

Ecuación 32.

Dónde:

$L$  = Longitud del filtro (m).

$b$  = ancho del filtro (m).

- **Cálculo de la altura total de la cámara.**

$$H_{Tf} = H_u + 0.30$$

Ecuación 33.

Dónde:

$H_{Tf}$  = Altura total de la cámara (m).

$H_u$  = Altura útil (m).

### 1.12.13. Eras de secado.

Constituyen uno de los métodos más antiguos para deshidratar material sólido, la cantidad mínima de agua que posee estos sólidos se drenan hacia las capas inferiores y evaporación de la superficie por acción del sol y viento. Se utiliza ciertas variaciones en las eras de secado como: eras secadoras de arena que son lechos rectangulares convencionales, eras pavimentadas rectangulares que poseen una banda central de drenaje, situada en la sección pavimentada, para evitar el ingreso de lluvia. (14) (6)

**TABLA No. 10 Ventajas y desventajas de las eras de secado.**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
No necesita operación especializada.	Requiere áreas grandes.
Consumo bajo de energía.	Visible al público.
Poco sensible a cambios en las características del lodo.	Sensible a cambios de clima.
Contenido alto de sólidos en los lodos.	Requiere gran cantidad de mano de obra para su remoción.

Fuente: Romero J., 2002.

### 1.12.14. Criterios de diseño.

**TABLA No. 11 Criterios de diseño para eras de secado.**

<b>Parámetro</b>	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>
Profundidad total útil	50 a 60	cm
Ancho de eras de	3 a 6	m

secado		
Medio de drenaje	0.30 de espesor	m
*Diámetro de tuberías de drenaje	no menor de 100	mm
*Pendiente	no menor a 1	%
*Canales laterales de alimentación de las tuberías principales	espaciamiento entre 2.5 y 3.	M
*Medio de soporte	capa de 15	cm
*Arena	tamaño de 0.3 a 1.3	mm
*Grava	entre 51 y 200 de espesor.	mm

Fuente: CEPIS 2005.

\*Fuente: Norma RAS., 2000.

### 1.12.15. Dimensionamiento de las eras de secado.

En el dimensionamiento de las eras de secado el procedimiento es el siguiente:

$$PE = \frac{V DBO}{C}$$

Ecuación 34.

Dónde:

PE=Población Equivalente (hab).

V= Volumen (m<sup>3</sup>/d).

DBO= DBO<sub>5</sub> del efluente doméstico (g /m<sup>3</sup>).

C= Carga orgánica contaminante típica per cápita g/hab\*día (valor típico 60).

- **Cálculo de la carga de sólidos.**

$$SS = SS * Q * \left(\frac{1}{P}\right)$$

Ecuación 35.

Dónde:

SS= Sólidos suspendidos (g /m<sup>3</sup>).

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/día).

P = Población (hab).

- **Cálculo de sólidos suspendidos.**

$$C_s = \frac{P * SS}{1000 g}$$

Ecuación 36.

Dónde:

C<sub>s</sub> = Contribución per cápita (KgSS/hab\*día).

- **Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos.**

$$M_s = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C_s) + (0,5 * 0,3 * C_s)$$

Ecuación 37.

Dónde:

M<sub>s</sub> = Masa de sólidos (KgSS/hab\*día).

- **Cálculo del volumen diario de lodos digeridos.**

$$V_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} * (\%sol/100)}$$

Ecuación 38.

Dónde:

V<sub>ld</sub> = Volumen diario de lodos digeridos (L/día).

$$P_{\text{lodos}} = 1,04 \text{ Kg/L}$$

- **Cálculo del volumen de lodos a extraerse.**

$$V_{le} = \frac{V_{ld} * T_r}{1000}$$

Ecuación 39.

Dónde:

$V_{le}$  = Volumen de lodos a extraerse ( $m^3$ ).

$T_r$  = Tiempo de retención hidráulica (día).

- **Cálculo de área de eras de secado.**

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

Ecuación 40.

Dónde:

$A_{ls}$  = Área de eras de secado ( $m^2$ ).

#### **1.12.16. Desinfección.**

Se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades presentes en ella, teniendo como representantes a las bacterias, protozoos, virus y tremátodos. Se los puede clasificar en desinfectantes físicos (calor y rayos ultravioleta) y desinfectantes químicos (cloro).

El cloro se emplea principalmente en plantas de tratamiento medianas y grandes, el hipoclorito en plantas pequeñas, piscinas y pozos, pues es más sencillo de manejar, la capacidad del agua para disolver cloro es función de su temperatura, a mayor temperatura menor solubilidad. La eficiencia de remoción de patógenos es del 100%. (2)(18)

**1.12.17. Criterios de diseño.**

**TABLA No. 12 Criterios de diseño para desinfección.**

Producto	Tiempo de almacenamiento (Meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión ( Cl )	3- 6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio (Ca(ClO) <sub>2</sub> )	3- 6	1.4	4.3	10000-50000
Hipoclorito de sodio ( NaClO )	< 1 Mes	1.7	23.1	10000-50000

Fuente: Rodríguez A ., Criterios de diseño para estaciones de cloración. Pp.235.

**1.12.18. Dimensionamiento del tanque de desinfección.**

Para el dimensionamiento del tanque de desinfección se tiene:

- **Cálculo de la dosis promedio del desinfectante.**

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

Ecuación 41.

Dónde:

D = Dosis promedio del desinfectante (mg/ L).

D<sub>M</sub> = Dosis máxima (mg/ L).

D<sub>m</sub> = Dosis mínima (mg/ L).

- **Cálculo del peso requerido de desinfectante.**

$$P = Q * D$$

Ecuación 42.

Dónde:

P= peso requerido de desinfectante (mg/s o Kg/d).

Q= Caudal (L/s).

- **Cálculo del volumen del tanque.**

$$V = Q * Tr$$

Ecuación 43.

Dónde:

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>).

Q= Caudal (m<sup>3</sup>/s).

Tr = tiempo de retención hidráulica (s) (1.5 min).

- **Cálculo de la altura del tanque.**

$$A_t = \frac{V}{L * b}$$

Ecuación 44.

Dónde:

A<sub>t</sub> = Altura del tanque (m).

V = Volumen del tanque (m<sup>3</sup>).

b= Ancho (m).

L = Largo (m).

- **Cálculo de la altura total del tanque.**

$$A_T = A_t + A_s$$

Ecuación 45.

Dónde:

$A_T$  = Altura total del tanque (m).

$A_s$  = Altura de seguridad (m).

### 1.13. Normativa ambiental.

Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se consideró diversas normas que se presentan a continuación:

- Ley de gestión ambiental que incluye el Art.33.(28)
- Ley de aguas que incluye el Art. 21 y Art. 22. (27)
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULAS, libro VI, Tabla 6 , Anexo I y libro VI, Tabla 12 , Anexo I.(33)

**TABLA No. 13. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola.**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000

Fuente: TULAS., Libro VI. Anexo I.

**TABLA No. 14. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0.3
Demanda	DBO <sub>5</sub>	mg/L	100

Bioquímica de Oxígeno (5 días)			
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	250
Fósforo Total	P	mg/L	10
Coliformes Fecales	Nmp/100 mL		Remoción> al 99,9 %
Potencial hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Suspendidos	SS	mg/L	100
Sólidos sedimentables	Ss	mg/L	1.0
Sólidos totales	St	mg/L	1 600
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0.5

**Fuente:** TULAS., Libro VI. Anexo I.

- Normas recomendadas por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ministerio del Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.
- Ordenanza 002-2008: Ordenanza para la Creación del Fondo Patrimonial de Fidecomiso Mercantil para la Protección de las Fuentes de Agua que Confluyen al Cantón de Riobamba.
- Ordenanza No. 009-2007: Ordenanza de la Estructura Orgánica y Funcional de la Ilustre Municipalidad del Cantón de Riobamba.

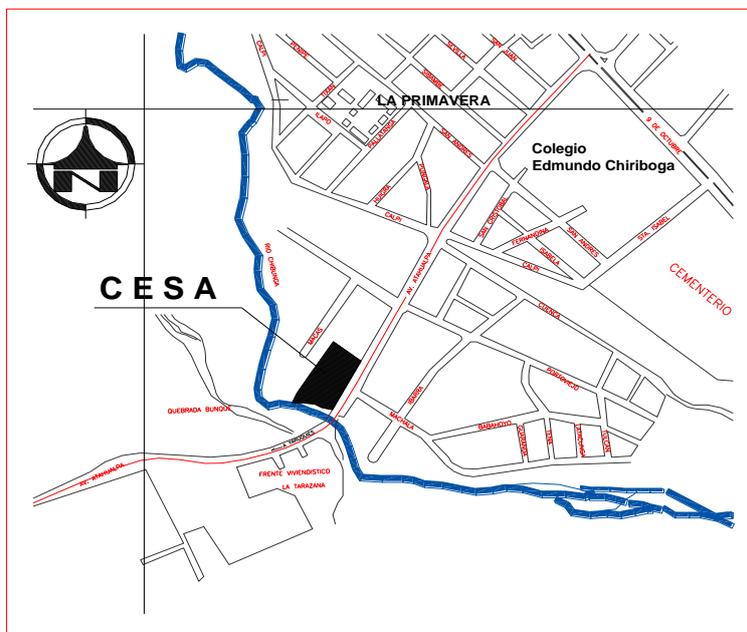
## CAPÍTULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL.

#### 2.1. Lugar de investigación.

La presente investigación se llevó a cabo en la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA), este establecimiento se encuentra localizada en la Parroquia Urbana Lizarzaburu, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Sus coordenadas son: Latitud:  $01^{\circ}40'43''S$  y Longitud:  $78^{\circ}40'9''W$ .

**FIGURA No. 3 Localización del área de estudio.**



#### **UBICACIÓN**

ESCALA: \_\_\_\_\_ S/E

Fuente: CESA.

**FIGURA No. 4 Área de estudio.**



Fuente: CESA.

La Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas cuenta con diversas secciones distribuidas de la siguiente manera:

- **Área administrativa y operativa.**  
Cuenta con:
  - 8 oficinas que acoge a 25 personas.
  - 3 baterías sanitarias.
  
- **Área de alimentación y hospedaje.**  
Cuenta con:

- 1 Comedor con capacidad para 100 personas.
- 1 Salón (Isabel Robalino) con capacidad para 40 personas.
- 1 Salón (Fausto Jordán) con capacidad para 30 personas.
- 1 Auditorio con capacidad para 100 personas.
- 1 Bar con capacidad para 20 personas.
- 1 Sala de Juegos con capacidad para 20 personas.
- 10 habitaciones (bloque 1).
- 8 habitaciones (bloque 2).
- 6 habitaciones (bloque 3).
- 1 Bodega.
- 27 Baterías sanitarias.

- **Áreas verdes.**

Cuenta con:

- 1 cancha de fútbol.
- Jardines.

EL área de influencia comprende 100 m aproximadamente alrededor del lugar.

- **Área de Influencia Directa:** Concierno el área donde se prevé construir la planta de tratamiento de aguas residuales y la totalidad de las instalaciones de CESA.
- **Área de Influencia Indirecta:** Corresponde las áreas pobladas por dónde atraviesa el Río Chibunga y sus proximidades.

## **2.2. Materiales y equipos.**

A continuación se detalla los materiales y equipos utilizados en el presente estudio.

### **2.2.1. Materiales topográficos.**

- Libreta de campo.

- Bolígrafo con tinta indeleble.

### **2.2.2. Equipos topográficos.**

- Estación total.
- GPS.
- Computador.
- Cámara Fotográfica.

### **2.2.3. Materiales de medición del caudal.**

- Guantes.
- Mascarilla.
- Probeta de 250ml.
- Recipiente graduado de 1 litro.
- Recipiente graduado de 12 litros.
- Recipiente graduado de 20 litros.
- Recipiente graduado de 60 litros.
- Libreta de campo.
- Bolígrafo con tinta indeleble.

### **2.2.4. Equipos de medición del caudal.**

- Cronómetro.
- Cámara Fotográfica.

### **2.2.5. Materiales de muestreo.**

- Guantes.
- Mascarilla.
- Envase de vidrio (ámbar) y plástico (1L).
- Envase de plástico estéril (150mL).
- Libreta de campo.
- Bolígrafo con tinta indeleble.

- Cooler.

### **2.2.6. Equipos de muestreo.**

- Multi-parámetros.
- Calculadora.
- Cámara fotográfica.

## **2.3. Métodos.**

### **2.3.1. Levantamiento de la línea base ambiental.**

La metodología utilizada para efectuar el levantamiento de la línea base ambiental consta de lo siguiente:

- Elaboración de un formato de visita, el mismo que sirvió para la recopilación de información en campo.
- Visita al sitio de estudio (área de influencia directa e indirecta).
- Revisión de estudios relacionados efectuados en la zona o lugares cercanos.
- Procesamiento de la información recopilada.

Para la caracterización de los componentes ambientales, se recurrió a las siguientes fuentes de información:

- Censo Nacional de Población y Vivienda, 2010.
- Ministerio de Salud.
- Instituto Geográfico Militar, 1991.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba.
- Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).
- Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).
- Datos obtenidos en campo (entrevistas y encuestas).

### **2.3.2. Levantamiento topográfico.**

Se usó una estación total de marca SOKKIA SET550RX y un GPS de marca GARMIN GPSMAP 60CSx; se instaló y niveló la estación; con la ayuda del GPS se georreferenció 2 puntos iniciales; el primer punto se colocó en el lugar dónde se implantó la estación y el siguiente punto a 25 metros aproximadamente para ubicar el norte magnético, seguidamente se tomó una vista atrás de estos puntos. Para comenzar con la obtención de datos, se situó la estación total en un punto céntrico del lugar de estudio, se colocó el jalón en cada esquina del sitio obteniendo así 31 puntos de referencia, se empleó métodos planimétricos para encontrar las coordenadas planas y métodos altimétricos para obtener la diferencia de alturas; se procedió a descargar los datos y se los procesó mediante el software SPECTUM LINK en un computador, se los archivó en un documento de texto (.txt), se importó estos datos al programa AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009, se realizó la triangulación y posteriormente las curvas de nivel obteniendo la topografía deseada.

### **2.3.3. Medición de caudal.**

Para realizar la medición de caudales se tomó en cuenta la disponibilidad de acceso a los sitios de descarga de agua residual. El área de estudio dispone de 2 sitios de descarga; el primer sitio se encuentra ubicado frente a las oficinas junto a la ribera del río Chibunga; pero existe inconvenientes en su accesibilidad debido a esto se realizó encuestas a todo el personal que opera en este lugar. El segundo sitio de descarga se encuentra a pocos metros del primero; en este lugar se empleó el método volumétrico el cual se basa en la medición directa usando un recipiente graduado, cuyo tiempo de llenado se mide mediante un cronómetro, se aplicó la ecuación 4 para cuantificar el caudal.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ecuación 4.

Dónde:

Q= caudal (L/s)

V= volumen del recipiente (L)

T = tiempo de llenado (s)

Se eligió este método debido a que el caudal de estas aguas es fluctuante, pequeño y se puede cuantificar sin ninguna dificultad. Esta medición se realizó en un período de 7 días los mismos que fueron intercalados, con una duración de 9.50 horas de (8:00 am – 17:30pm) cada día en intervalos de 5 minutos debido a la variación de caudal. Este lapso de tiempo se tomó considerando la hora de ingreso y salida del personal.

#### **2.3.4. Muestreo del agua residual.**

Las muestras fueron tomadas en el mismo lugar donde se realizaron las mediciones de caudal; el tipo de muestreo usado fue compuesto, se tomaron 7 muestras de (8:00 am – 13:00pm) en un período de 3 días, las cuales fueron recolectadas en envases de plástico y de vidrio adecuadamente etiquetadas. La muestra total fue formada de varias alícuotas que se tomaron mediante una probeta graduada generando como resultado 5 litros de muestra, usando la ecuación 5.

$$V_i = \frac{(Q_i * V)}{(Q_p * n)}$$

Ecuación 5.

Dónde:

$V_i$  = Volumen de cada muestra individual.

V = Volumen total de la muestra compuesta.

$Q_p$  = Caudal promedio.

$Q_i$  = Caudal instantáneo.

n = número de muestras tomadas.

Se mantuvieron en un cooler con hielo para preservar las muestras y seguidamente se transportaron al laboratorio donde se realizaron los análisis deseados. Los laboratorios

donde se examinadas las muestras fueron: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica (CESTTA), Laboratorio de Análisis Técnico de La Facultad de Ciencias y el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC).

Durante el muestreo se midieron parámetros in situ (pH y Temperatura) usando el equipo multi-parámetros para obtener datos más confiables.

### 2.3.5. Caracterización física, química y microbiológica del agua residual.

La caracterización del agua residual se fundamenta en los métodos empleados en los laboratorios que fueron los encargados de analizar las muestras, cada uno de ellos posee métodos específicos, los mismos que serán mencionados a continuación:

**TABLA No. 15 Métodos utilizados para el análisis del agua residual.**

Parámetro	Método
pH	*4500-B
Conductividad	*2510-B
Temperatura	-
Demanda Química de Oxígeno	*5220-C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	*5210-B
Fosfatos	*4500-P-D
Nitratos	*4500-NO3 C
Sólidos Disueltos	*2540-B
Sólidos Sedimentables	*2540-D
Sólidos Suspendidos	*2540-C
Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B.
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C.
Coliformes Fecales	Filtración por membrana.
Coliformes Totales	Filtración por membrana.

Fuente: LAB CESTTA., Laboratorio de Análisis Técnico., Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

### 2.3.6. Dimensionamiento de la planta de tratamiento.

Para realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento se determinó la disponibilidad de espacio físico y se analizó la topografía del lugar para ubicar la planta, se tomó en cuenta también las condiciones ambientales, el caudal, población servida y las caracterización física, química y microbiología; debido a esto se propuso las etapas de

tratamiento más convenientes y así garantizar una adecuada depuración del agua residual, cumpliendo con la normativa vigente del país; para posteriormente usarla para irrigar las áreas verdes del establecimiento. Para este diseño se utilizó diversos criterios y ecuaciones propuestas por: Rodríguez Araya, Norma brasilera ABNT, Método USPHS, Norma RAS 2000, OPS/CEPIS 2003.

### **2.3.7. Elaboración de planos.**

Para la realización de los planos correspondientes se manipuló herramientas informáticas, específicamente el software AUTOCAD, usando una escala de 1:50 y 1:75 en los planos de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, y de 1:7500 en el plano topográfico.

### **2.3.8. Identificación y evaluación de impactos ambientales.**

Para la identificación y evaluación de impactos ambientales se analizó los efectos causados por las acciones de La Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA). Los impactos ambientales se los identificó mediante la información recolectada en el sitio, seguidamente se empleó la matriz de causa – efecto que contiene en las columnas las acciones y en las filas los componentes e impactos ambientales generados. Mediante el uso de esta matriz se evaluó los diferentes impactos ambientales ya sean positivos y negativos de acuerdo a los 9 criterios de evaluación los cuales tenemos (naturaleza, magnitud, importancia, reversibilidad, duración, certeza, tipo, tiempo en aparecer, considerando en el proyecto) y se colocó una X en las actividades que tiene lugar el impacto.

**TABLA No. 16 Criterios cuantitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.**

<b>Valoración</b>	<b>Criterios de evaluación</b>
Magnitud	(1) Baja intensidad. (2) Moderada intensidad. (3) Alta intensidad.
Importancia	(0) Sin importancia. (1) Menor importancia.

	(2) Moderada importancia. (3) Importante.
Reversibilidad	(1) Reversible. (2) No Reversible.
Duración	(1) Corto plazo. (2) Mediano plazo. (3) Largo plazo.

Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 17 Criterios cualitativos de Evaluación de Impactos Ambientales.**

<b>Valoración</b>	<b>Criterios de evaluación</b>
Naturaleza	(+) Positivo. (-) Negativo. (N) Neutro. (X) Previsible.
Certeza	(C) Cierto. (P) Probable. (I) Improbable. (D) Desconocido.
Tipo	(Pr) Primario. (Sc) Secundario. (Ac) Acumulativo.
Tiempo en Aparecer	(C) Corto plazo. (M) Mediano plazo. (L) Largo plazo.
Considerando en el proyecto	(S) Si. (N) No.

Fuente: Karen Fonseca.

## CAPÍTULO III

### 3. CÁLCULOS Y RESULTADOS.

#### 3.1. Cálculos.

##### 3.1.1. Población de diseño.

Debido a la gran variación de población que asiste, se consideró como población de diseño la capacidad máxima del sitio. A continuación se registran los datos:

**TABLA No. 18 Población servida.**

<b>Área</b>	<b>Población</b>
<b>Administrativa y operativa</b>	
Oficinas	25 personas.
<b>Área de hospedaje y alimentación</b>	
Comedor	100 personas.
Salón Isabel Robalino	40 personas.
Salón Fausto Jordán	30 personas.
Auditorio	100 personas.
Bar	20 personas.
Sala de Juegos	20 personas.
Habitaciones (bloque 1)	10 personas.
Habitaciones (bloque 2)	8 personas.
Habitaciones (bloque 3)	6 personas.
<b>Total</b>	<b>359 personas.</b>

Fuente: Karen Fonseca.

##### 3.1.2. Caudal de diseño.

Para la identificación del caudal de diseño se eligió el caudal más alto de los 7 días de muestreo, tomando en consideración, la población servida.

$$Q_{diseño} = 3.26 \text{ L/min}$$

$$P_{servida} = 30 \text{ hab}$$

$$Q = P * D$$

$$D = \frac{Q}{P}$$

$$D = \frac{3.26 \text{ L/min}}{30 \text{ hab}}$$

$$D = 0.11 \text{ L/min} * \text{ hab}$$

$$D = 158.4 \text{ L/hab} * \text{ día}$$

Proyectando a 359 hab se obtuvo como caudal de diseño:

$$Q_{diseño} = 39.01 \text{ L/min}$$

$$Q_{diseño} = 0.00065 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.1.3. Caracterización del agua residual.

Se realizó el análisis de laboratorio de una serie de parámetros entre los cuáles se tiene: pH (in situ) y temperatura (in situ), conductividad, nitratos, fosfatos, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, aceites y grasas, tensoactivos, coliformes fecales y totales.

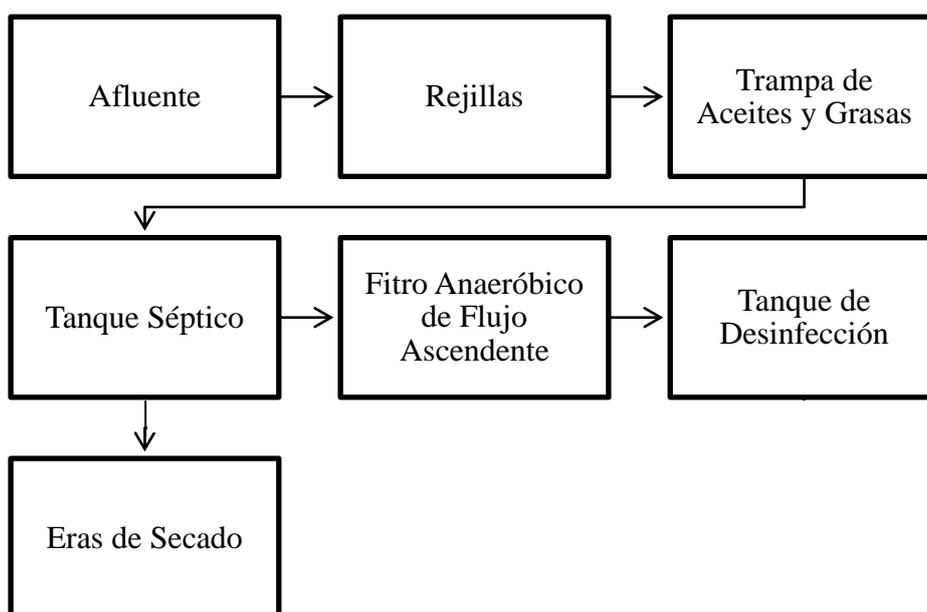
Para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se toma en consideración los valores más altos de los resultados del análisis de laboratorio, que se encuentran en la tabla 20.

### 3.1.4. Esquema Propuesto.

Debido a las actividades que se realizan y al tipo de agua que se genera como resultado en la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA), se eligió las etapa de tratamiento que más se enfocan en las necesidades de este establecimiento.

Se presenta el diseño de una planta de tratamiento la cual inicia con el ingreso del afluente que atraviesa un sistema de rejillas, el mismo que permite la retención de sólidos de gran tamaño; posteriormente se dirige a una trampa de aceites y grasas debido a su gran cantidad de residuos proveniente de la cocina. Seguidamente el afluente a tratar se conduce a un tanque séptico para disminuir su carga contaminante e inmediatamente se lo envía a un filtro anaeróbico de flujo ascendente para continuar con la remoción, finalmente pasa a un tanque de desinfección para una correcta eliminación de organismos patógenos, empleando hipoclorito de calcio para posteriormente usar en el riego de áreas verdes de las instalaciones. Después de estos procesos de tratamiento como resultado se tiene un exceso de lodos los cuales se deshidrataran en eras de secado acondicionando las características para emplearlo como abono en las instalaciones.

**FIGURA No. 5 Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.**



Fuente: Karen Fonseca.

### 3.1.5. Dimensionado de la planta de tratamiento.

#### 3.1.5.1. Dimensionamiento de rejillas.

Se seleccionó rejillas de limpieza manual debido a su menor costo, fácil manipulación y caudal mínimo de aporte, teniendo en consideración los criterios de la Norma RAS 2000 y de Metcalf & Eddy 1995. Para el dimensionamiento los datos de la Tabla 5 sobre criterios de diseño y Tabla 6 sobre el coeficiente de pérdida de para rejillas y la Figura 2 para la elección de la forma de rejillas.

- **Cálculo de la velocidad a través de las rejillas.**

Teniendo en cuenta la velocidad propuesta por la Norma RAS 2000, se realiza el despeje de la ecuación 6 obteniendo:

$$v = 0.6 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0.00065 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.0011 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la altura del tirante del agua.**

Usando criterios, se asume el ancho del canal y despejando la ecuación 7 se tiene:

$$w = 0.20 \text{ m}$$

$$h_a = \frac{A}{w}$$

$$h_a = \frac{0.0011 \text{ m}^2}{0.20 \text{ m}}$$

$$h_a = 0.0055 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total del canal.**

Según criterios se tiene:

$$h_s = 0.30 \text{ m}$$

$$H = h_a + h_s$$

$$H = 0.0055 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H = 0.3055 \text{ m}$$

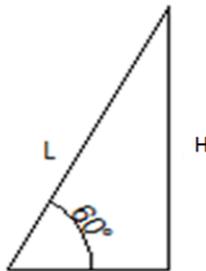
Para fines de diseño se toma:

$$H = 0.30 \text{ m}$$

- **Cálculo de la longitud de barras.**

Considerando un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ .

**FIGURA No. 6 Inclinación de barras.**



**Fuente:** Karen Fonseca.

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{H}{L}$$

$$L = \frac{H}{\text{sen } 60^\circ}$$

$$L = \frac{0.30 \text{ m}}{\text{sen } 60^\circ}$$

$$L = 0.35 \text{ m}$$

- **Cálculo del número de barras.**

Mediante el uso de criterios se tiene:

$$s = 0.005 \text{ m}$$

$$e = 0.015 \text{ m}$$

$$n = \frac{w}{s + e}$$

$$n = \frac{0.20 \text{ m}}{0.005 \text{ m} + 0.015 \text{ m}}$$

$$n = 10 \text{ barras}$$

- **Cálculo de la suma de separaciones entre barras.**

$$b_g = \left( \frac{w - e}{s + e} + 1 \right) e$$

$$b_g = \left( \frac{0.20 \text{ m} - 0.015 \text{ m}}{0.005 \text{ m} + 0.015 \text{ m}} + 1 \right) 0.015 \text{ m}$$

$$b_g = 0.15 \text{ m}$$

- **Cálculo de la pérdida de carga.**

Considerando criterios se tiene:

$$\beta = 1.79$$

$$h = \beta \left( \frac{s}{e} \right)^{4/3} \left( \frac{v^2}{2g} \right) \text{ sen } 60$$

$$h = 1.79 \left( \frac{0.005 \text{ m}}{0.015 \text{ m}} \right)^{4/3} \left( \frac{(0.6 \text{ m/s})^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} \right) \text{sen } 60$$

$$h = 0.0066 \text{ m}$$

### 3.1.5.2. Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.

Considerando los criterios de la Norma RAS 2000 y la Norma OPS/ CEPIS 2003.

- **Cálculo del área del tanque.**

$$A = \frac{Q * a}{60 \text{ L/min}}$$

$$A = \frac{39.01 \text{ L/min} * 0.25 \text{ m}^2}{60 \text{ L/min}}$$

$$A = 0.16 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del ancho del tanque.**

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$b = \sqrt{\frac{0.16 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$

- **Cálculo del largo del tanque.**

$$L = b * 4$$

$$L = 0.20 * 4$$

$$L = 0.80 \text{ m}$$

- **Cálculo del volumen útil.**

$$V_u = Q * Tr$$

$$V_u = 39.01 \text{ L/min} * 2.5 \text{ min}$$

$$V_u = 97.5 \text{ L}$$

$$V_u = 0.0975 \text{ m}^3$$

- **Cálculo de la profundidad útil.**

$$P_u = \frac{V_u}{A}$$

$$P_u = \frac{0.0975 \text{ m}^3}{0.16 \text{ m}^2}$$

$$P_u = 0.60 \text{ m}$$

- **Cálculo de la profundidad total del tanque.**

$$P_t = P_u + P_s$$

$$P_t = 0.60 m + 0.30 m$$

$$P_t = 0.90 m$$

### 3.1.5.3. Dimensionamiento del tanque séptico.

Se tomó en consideración los criterios de la Norma OPS/ CEPIS 2003 y el método USPHS.

- **Cálculo de período de retención hidráulica.**

$$Pr = 1.5 - 0.3 \log(P * Q)$$

$$Pr = 1.5 - 0.3 \log (359 \text{ hab} * 158.4 \text{ L/hab} * \text{ día} )$$

$$Pr = 0.074 \text{ días}$$

- **Cálculo del volumen requerido para la sedimentación.**

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * PR$$

$$V_s = 10^{-3} * (359 \text{ hab} * 158.4 \text{ L/hab} * \text{ día} ) * 0.074 \text{ días}$$

$$V_s = 4.21 m^3$$

- **Cálculo del volumen de lodos producidos.**

Depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de cocina. Los valores a considerar son:

- **Clima cálido 40 L /hab \* año**
- **Clima frío 50 L /hab \* año**

En caso de descargas adicionales de lavaderos u otros aparatos sanitarios instalados que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales, a los valores anteriores se le adicionara el valor de 20 L /hab\*año.

- **Cálculo del volumen de digestión y almacenamiento de lodos.**

El diseño de la planta de tratamiento se realiza en un clima frío se consideró 50L/hab\*año; añadiendo el valor de 20 L/hab\*año, debido a la cantidad de grasa presente.

$$Vd = G * P * N * 10^{-3}$$

$$Vd = 70 \text{ L/hab} * \text{año} * 359 \text{ hab} * 1 \text{ año} * 10^{-3}$$

$$Vd = 25.13 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen total.**

$$V_t = V_s + V_d$$

$$V_t = 4.21 \text{ m}^3 + 25.13 \text{ m}^3$$

$$V_t = 29.34 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del área del tanque.**

Según criterios se tiene:

$$b = 3 \text{ m}$$

$$h_u = 1.7 \text{ m}$$

$$V_t = L * b * h_u$$

$$29.34 \text{ m}^3 = L * b * 1.7 \text{ m}$$

$$A = L * b$$

$$A = \frac{29.34 \text{ m}^3}{1.7 \text{ m}}$$

$$A = 17.26 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la longitud del tanque.**

$$A = L * b$$

$$L = \frac{A}{b}$$

$$L = \frac{17.26 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$L = 5.75 \text{ m}$$

- **Cálculo de la profundidad máxima de espuma sumergida.**

$$He = \frac{0.7}{A}$$

$$He = \frac{0.7}{17.26 \text{ m}^3}$$

$$He = 0.040 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la longitud de los compartimentos.**

Se usó 2 compartimentos con una relación de 60/40; para una mejor depuración de aguas residuales.

$$L_1 = 0.6L = 3.45 \text{ m}$$

$$L_2 = 0.4L = 2.30 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura.**

$$b = 3\text{m}$$

$$V_d = L * b * h_L$$

$$h_L = \frac{V_d}{L * b}$$

$$h_L = \frac{25.13 \text{ m}^3}{5.75 \text{ m} * 3 \text{ m}}$$

$$h_L = 1.46 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total.**

Se considera la altura de seguridad:

$$h_s = 0.30 \text{ m}$$

$$H_T = h_u + h_s$$

$$H_T = 1.7 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H_T = 2 \text{ m}$$

### 3.1.5.4. Dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA).

Se eligió un filtro anaeróbico de flujo ascendente de forma rectangular debido a su fácil construcción y manipulación. Considerando la norma la brasilera ABNT y la Norma RAS 2000.

- **Cálculo del volumen del filtro.**

El volumen del filtro se obtiene con la siguiente ecuación:

$$V_f = Q_{diseño} * Tr$$

$$V_f = 56.16 \text{ m}^3 / \text{día} * 1 \text{ día}$$

$$V_f = 56.16 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del área horizontal del filtro.**

El área del filtro se obtiene con la siguiente ecuación:

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

$$A_f = \frac{56.16 \text{ m}^3}{1.80 \text{ m}}$$

$$A_f = 31.20 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la longitud del filtro.**

Según criterios se recomienda:

$$b = 5.40 \text{ m}$$

$$L = \frac{A_f}{b}$$

$$L = \frac{31.2 \text{ m}^2}{5.40 \text{ m}}$$

$$L = 5.78 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total de la cámara.**

$$H_{Tf} = H_u + 0.30$$

$$H_{Tf} = 1.80 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$H_{Tf} = 2.10 \text{ m}$$

- **Volumen de grava.**

Se usará grava de 4 a 7 cm, tomando como referencia los valores de la Norma RAS 2000.

### **3.1.5.5. Dimensionamiento de las eras de secado.**

Para el dimensionamiento de las eras de secado se tomó en consideración los criterios de la Norma OPS/ CEPIS 2005 y RAS 2000.

Se determina la carga de sólidos, es necesaria la población a la cual se va a destinar teniendo:

$$PE = \frac{V DBO}{C}$$

$$PE = \frac{56.16 \text{ m}^3/\text{día} * 710 \text{ g/m}^3}{60 \text{ g/hab} * \text{día}}$$

$$PE = 665 \text{ hab}$$

- **Cálculo de la carga de sólidos.**

$$SS = SS * Q * \left(\frac{1}{P}\right)$$

$$SS = 1090 \text{ g/m}^3 * 56.16 \text{ m}^3/\text{día} * \left(\frac{1}{665 \text{ hab}}\right)$$

$$SS = 92.05 \text{ gSS/hab} * \text{día}$$

- **Cálculo de sólidos suspendidos.**

$$Cs = \frac{P * SS}{1000 \text{ g}}$$

$$Cs = \frac{665 \text{ hab} * 92.05 \text{ gSS/hab} * \text{día}}{1000 \text{ g}}$$

$$Cs = 61.21 \text{ KgSS/hab} * \text{día}$$

- **Cálculo de la masa sólidos que conforman los lodos.**

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * Cs) + (0.5 * 0.3 * Cs)$$

$$Ms = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 61.21 \text{ KgSS/hab} * \text{día}) + (0.5 * 0.3 * 61.21 \text{ KgSS/ha} * \text{día})$$

$$Ms = 19.89 \text{ KgSS/hab} * \text{día}$$

- **Cálculo del volumen diario de lodos digeridos.**

$$V_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} * (\%sol/100)}$$

$$V_{ld} = \frac{19.89 \text{ KgSS/hab} * \text{día}}{1.04 \text{ Kg/L} * (12/100)}$$

$$V_{ld} = 159.38 \text{ L/día}$$

- **Cálculo del volumen de lodos a extraerse.**

$$V_{le} = \frac{V_{ld} * T_r}{1000}$$

$$V_{le} = \frac{159.38 \text{ L/día} * 55 \text{ día}}{1000}$$

$$V_{le} = 8.77 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del área de eras de secado.**

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

$$A_{ls} = \frac{8.77 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 21.92 \text{ m}^2$$

- **Número de eras de secado.**

$$N_{es} = 1$$

Asumiendo se tiene:

$$b = 4 \text{ m}$$

$$L = 5.5 \text{ m}$$

### 3.1.5.6. Dimensionamiento del tanque de desinfección.

Según criterios de Rodríguez Arraya, se utilizó Hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) para la desinfección de las aguas residuales ya que es el más usado, efectivo y su costo es bajo.

- **Cálculo de la dosis promedio del desinfectante.**

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

$$D = \frac{4.3 \text{ mg/L} + 1.4 \text{ mg/L}}{2}$$

$$D = 2.85 \text{ mg/L}$$

- **Cálculo del peso requerido del desinfectante.**

$$P = Q * D$$

$$P = 0.65 \text{ L/s} * 2.85 \text{ mg/L}$$

$$P = 1.85 \text{ mg/s}$$

$$P = 0.16 \text{ Kg/d}$$

- **Cálculo del volumen del tanque.**

$$V = Q * Tr$$

$$V = 0.00065 \text{ m}^3 / \text{s} * 90 \text{ s}$$

$$V = 0.06 \text{ m}^3$$

Asumiendo se tiene:

$$L = 0.40 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura del tanque.**

$$A_t = \frac{V}{L * b}$$

$$A_t = \frac{0.06 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m} * 0.30 \text{ m}}$$

$$A_t = 0.50 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura total del tanque.**

$$A_s = 0.30 \text{ m}$$

$$A_T = A_t + A_s$$

$$A_T = 0.50 \text{ m} + 0.30 \text{ m}$$

$$A_T = 0.80 \text{ m}$$

### 3.2. Eficiencia de la planta.

Según las etapas de tratamiento diseñadas la eficiencia de los procesos de acuerdo a criterios establecidos es la siguiente:

- La eficiencia de remoción de las rejillas es despreciable, debido a que solo retiene material sólido de gran tamaño.
- La trampa de aceites y grasas funcionan solamente para contener las grasas y aceites del proceso de tratamiento y no existe una remoción teórica establecida.
- En el tanque séptico la remoción del  $DBO_5$  en forma teórica puede ser alrededor del 30 – 50%, grasas y aceites del 70-80% y del 50-70% de sólidos suspendidos. Utilizando el valor más bajo de los datos obtenidos en el muestreo y los valores antes mencionados se tiene:

- Remoción de aceites y grasas.

$$\text{Aceites y grasas} = (321 - (0.70 * 321))\text{mg/L}$$

$$\text{Aceites y grasas} = 96.30 \text{ mg/L}$$

- Remoción de la  $DBO_5$ .

$$DBO_5 = (367 - (0.30 * 367))\text{mg/L}$$

$$DBO_5 = 256.90 \text{ mg/L}$$

- Remoción de sólidos suspendidos.

$$\text{sólidos suspendidos} = (980 - (0.50 * 980))\text{mg/L}$$

$$\text{sólidos suspendidos} = 490 \text{ mg/L}$$

- En filtro anaeróbico de flujo ascendente la remoción de DBO es del 65-80 %, DQO del 60-80 %, sólidos suspendidos del 60-70%. Utilizando el valor más bajo de los datos obtenidos en el muestreo y los valores antes mencionados se tiene:

- Remoción de la  $DBO_5$ .

$$DBO_5 = (256.90 - (0.65 * 256.90))mg/L$$

$$DBO_5 = 89.92 mg/L$$

- Remoción de la DQO.

$$DQO = (541 - (0.60 * 541))mg/L$$

$$DQO = 216.40 mg/L$$

- Remoción de sólidos suspendidos.

$$sólidos\ suspendidos = (490 - (0.60 * 490))mg/L$$

$$sólidos\ suspendidos = 196 mg/L$$

- En el tanque de desinfección la eficiencia teórica de remoción de patógenos es del 100%.
- Las eras de secado se utilizan para deshidratar sólidos que resultan del proceso de tratamiento de aguas residuales y no existe una remoción teórica establecida para esta etapa de tratamiento.

### **3.3. Resultados.**

#### **3.3.1. Encuestas.**

Mediante la recopilación de información se presentan a continuación los resultados de la encuesta socioeconómica en el área de influencia y la encuesta para la cuantificación del caudal en el sitio de estudio.

En el área de influencia cuenta con 13 viviendas de un piso, 15 viviendas de dos pisos, 2 viviendas de tres pisos y 8 viviendas abandonadas o en construcción, con una población total de 149 habitantes entre hombres y mujeres, el 100% cuenta con agua potable, el 39 % de sus pobladores no cuentan con un nivel de estudio, un 43% poseen un nivel básico de estudio, 18% nivel avanzado, el 95% cuentan con energía eléctrica, el 97% posee telefonía convencional y el 89% de esta población cuentan con servicio de telefonía móvil.

En la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) se entrevistó a todo el personal que labora en el área administrativa y operativa teniendo como población 25 personas distribuidas en 8 oficinas que cuentan con 3 baterías sanitarias ; una ubicada en la oficina del jefe y las 2 siguientes en los pasillos del establecimiento siendo destinadas para hombres y mujeres respectivamente . Como las instalaciones son antiguas el grifo de agua descarga 9 L/min como caudal alto y el servicio higiénico cuenta con un tanque que almacena 12 litros de agua, teniendo como volumen total 1210.8 L/min en un día, hay que recalcar que en el sitio de estudio no permanecen las 8 horas de trabajo todo el personal debido a que se dirigen al campo a realizar sus actividades.

#### **3.3.2. Levantamiento de la línea base ambiental.**

Según el levantamiento de la línea base ambiental se tomó en consideración la participación ciudadana, aplicando encuestas que nos ayuden a conseguir información. En base a esta información y datos recopilados en campo se observan los componentes ambientales los cuales contienen una mayor repercusión generando un impacto alto en

los siguientes componentes: agua, suelo, flora, fauna y medio socio económico, mientras que aire y paisaje poseen un impacto medio en el entorno. Con relación a las actividades realizadas como: financiera, comunicación interna y externa, desarrollo de proyectos, capacitaciones y almacenamiento poseen un impacto bajo, mientras que los servicios de alimentación, hospedaje, recreación y limpieza poseen un impacto alto. Según criterios de evaluación se puede demostrar que existe una mayor afección negativa que positiva, por las actividades que se realiza en este lugar. La matriz de causa – efecto proyecta un total de 372 impactos positivos y 760 impactos negativos. Debido a este análisis se demuestra claramente el manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos.

### **3.3.3. Levantamiento topográfico.**

Mediante el levantamiento topográfico realizado en el área de estudio, se pudo evidenciar que el terreno es relativamente plano y presenta una pendiente mínima que va de oeste a este. Ver el plano topográfico en el Anexo 6.

### **3.3.4. Medición de caudal.**

En la tabla siguiente se resumen los promedios obtenidos en los siete días de muestreo desde las 8:00 am a 17:30 pm.

**TABLA No. 19 Caudal promedio diario.**

<b>Días</b>	<b>Caudal(L/min)</b>
Lunes	3.26
Miércoles	1.53
Viernes	5.84
Martes	1.12
Jueves	2.18
Sábado	2.86
Domingo	1.42

**Fuente:** Karen Fonseca.

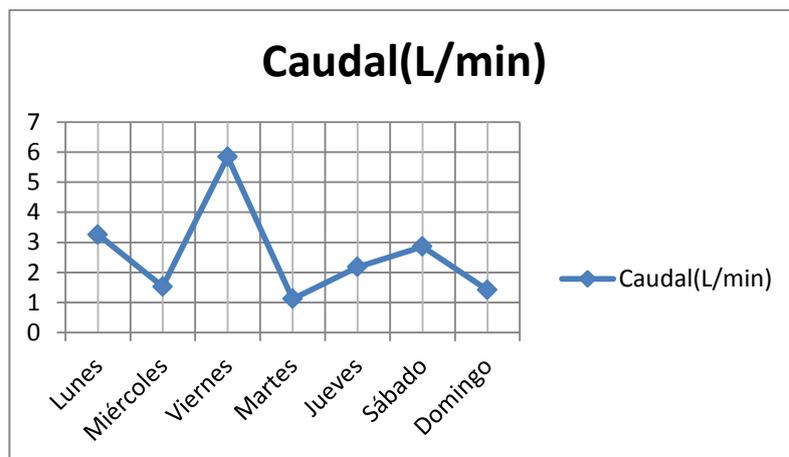
En la tabla anterior se registra un caudal mínimo el día martes, miércoles y jueves; debido a que en esos días no se realizó ningún evento; solo se encontraban los trabajadores que permanecen diariamente.

El día sábado se puede considerar como el caudal medio de la semana, debido a su población y cantidad de agua descargada.

El día domingo presenta una caudal bajo aunque en ese día existió un evento en el lugar, debido a que el día Sábado se adelantaron ciertas actividades previstas para el día siguiente.

Se puede evidenciar que el caudal máximo se obtuvo el día Vienes, pero por fines de diseño se trabajó con el caudal del día Lunes ya que, comparando con la población servida este día presenta el mayor caudal.

**FIGURA No. 7 Variación semanal del caudal.**



Fuente: Karen Fonseca.

### 3.3.5. Caracterización del agua residual.

Mediante la caracterización se pudo establecer que la descarga de agua residual presenta ciertas características importantes analizadas in situ y en el laboratorio:

Los parámetros analizados in situ son pH y temperatura. El pH registrado en los tres días de muestreo cuenta con un valor máximo de 7.92 y un valor mínimo de 6.97, la temperatura posee como valor máximo 18.9 ° C y como valor mínimo 16.4 ° C, estos

dos parámetros tienen una mínima variación y se encuentran dentro de los límites permisibles de la normativa ambiental; ya que estas aguas constan generalmente de los mismos componentes orgánicos e inorgánicos.

Los parámetros analizados en el laboratorio son: conductividad, DBO<sub>5</sub>, DQO, fosfatos, nitratos, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, aceites y grasas, tensoactivos, coliformes fecales, coliformes totales. A continuación se observan los resultados obtenidos de las muestras analizadas.

**TABLA No. 20 Resultados de laboratorio.**

<b>Parámetro</b>	<b>06-dic</b>	<b>24-en</b>	<b>06-feb</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nivel permisible</b>	<b>Nivel permisible</b>
<b>pH</b>	7.26	6.97	7.92	-	6-9	5-9
<b>Conductividad</b>	1809	1820	1510	μSiems /cm	-	-
<b>Temperatura</b>	18.9	17.5	16.4	°C	-	< 35
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	541	1460	710	mg/L	-	250
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	367	710	512	mg/L	-	100
<b>Fosfatos</b>	5.15	20.1	23.1	mg/L	-	10.0
<b>Nitratos</b>	8.9	7.9	8	mg/L	-	10.0
<b>Sólidos Disueltos</b>	915	876	897	mg/L	-	-
<b>Sólidos Sedimentables</b>	44	11	5	mg/L	-	1.0
<b>Sólidos Suspendidos</b>	1060	1090	980	mg/L	-	100
<b>Aceites y Grasas</b>	612.6	321	730.6	mg/L	0.3	0.3
<b>Tensoactivos</b>	5.25	4.80	6.80	mg/L	-	0.5
<b>Coliformes Fecales</b>	2.6 X 10 <sup>5</sup>	4.0 X 10 <sup>3</sup>	1.0 X 10 <sup>3</sup>	UFC/ 100 mL	-	Remoción > al 99.9 %
<b>Coliformes Totales</b>	1.2 X 10 <sup>6</sup>	2.8 X 10 <sup>4</sup>	3.0 X 10 <sup>3</sup>	UFC/ 100 mL	1 000	-

Fuente: LAB CESTTA., Laboratorio de Análisis Técnico., Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos.

En la tabla anterior se puede evidenciar que la mayoría de los parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles, sin embargo hay que recalcar que pH, temperatura y nitratos se encuentra dentro de los límites permisibles.

### 3.3.6. Dimensionamiento de la planta de tratamiento.

Se presentan los resultados obtenidos de las diferentes etapas de tratamiento de aguas residuales, considerando criterios de diseño adecuados a las necesidades del sitio de estudio.

#### 3.3.6.1. Dimensionamiento de rejillas.

Tomando en considerando el caudal pequeño con el que podrá ingresar, se dimensionó rejillas de limpieza manual para una mejor retención de sólidos de gran tamaño que pueden afectar al tratamiento. En la tabla siguiente se evidencia los resultados del dimensionamiento de rejillas.

**TABLA No. 21 Resultados del dimensionado de rejillas.**

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /s	0.00065
Velocidad de aproximación	V	m/s	0.60
Ángulo de aproximación	°	-	60
Espesor de las barras	s	m	0.005
Separación entre barras	e	m	0.015
Coefficiente de pérdida(circular)	β	-	1.79
Área	A	m <sup>2</sup>	0.0011
Ancho	w	m	0.20
Altura del tirante del agua	h <sub>a</sub>	m	0.0055
Altura de seguridad	h <sub>s</sub>	m	0.30
Altura total del canal	H	m	0.30
Longitud de barras	L	m	0.35
Número de barras	n	-	10

Suma de separación entre barras	$b_g$	m	0.15
Pérdida de carga	h	m	0.0066

Fuente: Karen Fonseca.

### 3.3.6.2. Dimensionamiento de trampa de aceites y grasas.

Mediante el dimensionado de esta etapa de tratamiento, los aceites y grasas generadas principalmente en actividades de alimentación que se realiza en el lugar de estudio, serán contenidos en la parte superior de esta etapa para evitar inconvenientes en los procesos posteriores de tratamiento. Se presenta en la tabla ubicada a continuación los resultados obtenidos del dimensionamiento.

**TABLA No. 22 Resultados del dimensionado de la trampa de aceites y grasas.**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	L/min	39.01
Área	a	m <sup>2</sup>	0.25
Área del tanque	A	m <sup>2</sup>	0.16
Ancho del tanque	b	m	0.20
Largo del tanque	L	m	0.80
Relación ancho/largo	b/L	-	1:4
Volumen útil	V <sub>u</sub>	m <sup>3</sup>	0.0975
Tiempo de Retención Hidráulica	Tr	min	2.50
Profundidad de seguridad	P <sub>s</sub>	m	0.30
Profundidad útil	P <sub>u</sub>	m	0.60
Profundidad total del tanque	P <sub>t</sub>	m	0.90
Diámetro de tuberías (entrada)	Ø <sub>te</sub>	mm	110
Diámetro de tuberías (salida)	Ø <sub>ts</sub>	mm	110
Pendiente	-	°	45

Fuente: Karen Fonseca.

### 3.3.6.3. Dimensionamiento del tanque séptico.

Con el propósito de reducir materia orgánica (DBO, DQO), aceites y grasas, sólidos presentes, fosfatos y una mínima cantidad de otros componentes que contienen las aguas residuales, se dimensionó un tanque séptico ubicado después de la trampa de aceites y

grasas. Como medida de emergencia se colocó una tubería que dirige las aguas al río Chibunga, solo se utilizará si el caudal que ingresa a la planta es sumamente grande para evitar así un colapso en el sistema; seguidamente se obtiene los resultados que presenta la siguiente tabla:

**TABLA No. 23 Resultados del dimensionado del tanque séptico.**

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /día	56.16
Población futura	P <sub>f</sub>	hab	359
Periodo de retención	Pr	días	0.074
Volumen de sedimentación	V <sub>s</sub>	m <sup>3</sup>	4.21
Volumen de digestión y almacenamiento de lodos	V <sub>d</sub>	m <sup>3</sup>	25.13
Volumen total	V <sub>t</sub>	m <sup>3</sup>	29.34
Área del tanque	A	m <sup>2</sup>	17.26
Ancho del tanque	b	m	3.00
Longitud del tanque	L	m	5.75
Altura de seguridad	h <sub>s</sub>	m	0.30
Altura	h <sub>L</sub>	m	1.46
Altura útil	h <sub>u</sub>	m	1.70
Longitud compartimento 1	L <sub>1</sub>	m	3.45
Longitud compartimento 2	L <sub>2</sub>	m	2.30
Profundidad máxima de espuma sumergida	H <sub>e</sub>	m <sup>2</sup>	0.040
Altura total	H <sub>T</sub>	m	2.00
Diámetro de tuberías (entrada)	Ø <sub>te</sub>	mm	200
Diámetro de tuberías (salida)	Ø <sub>ts</sub>	mm	200
Diámetro de tuberías de emergencia	Ø <sub>tem</sub>	mm	200
Diámetro de tubería de registro	Ø <sub>tr</sub>	mm	0.75

Fuente: Karen Fonseca.

### 3.3.6.4. Dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA).

Mediante el dimensionamiento del filtro anaeróbico de flujo ascendente se podrá disminuir la carga orgánica proveniente del efluente del tanque séptico, obteniendo una mejor calidad del agua residual, se seleccionó un tanque rectangular. Los resultados se observan en la tabla localizada a continuación:

**TABLA No. 24 Resultados del dimensionado del filtro anaeróbico de flujo ascendente.**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /día	56.16
Tiempo de retención	Tr	día	1.00
Volumen del filtro	V <sub>f</sub>	m <sup>3</sup>	56.16
Área horizontal del filtro	A <sub>f</sub>	m <sup>2</sup>	31.30
Longitud del filtro	L	m	5.78
Ancho del filtro	b	m	5.40
Altura total de la cámara	H	m	2.10
Profundidad útil	H <sub>u</sub>	m	1.80
Altura del falso fondo	H <sub>f</sub>	m	0.30
Altura del medio de soporte	H <sub>sop</sub>	m	1.20

Fuente: Karen Fonseca.

### 3.3.6.5. Dimensionamiento de las eras de secado.

De acuerdo a la cantidad de los lodos generados en el proceso de digestión anaeróbica del tanque séptico se procedió a diseñar una era de secado; seguido a este tratamiento el lodo resultante tiene propiedades que son aptas para que se lo pueda utilizar como abono en las instalaciones. Las dimensiones propuestas de las eras de secado se establecen en la siguiente tabla:

**TABLA No. 25 Resultados del dimensionado de eras de secado.**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal	Q	m <sup>3</sup> /día	56.16
Carga de sólidos	SS	gSS/hab*día	92.05
Sólidos suspendidos	Cs	KgSS/hab*día	61.21

salientes			
Masa de sólidos que conforman los lodos	$M_s$	KgSS/hab*día	19.89
Volumen diario de lodos digeridos	$V_{ld}$	L/día	159.38
Volumen de lodos a extraerse	$V_{le}$	$m^3$	8.77
Área de eras de secado	$A_{ls}$	$m^2$	21.92
Largo de eras de secado	$L$	m	5.50
Ancho de eras de secado	$b$	m	4.00
Profundidad de seguridad	$H_s$	m	0.20
Profundidad de lodos	$H_A$	m	0.40
Espesor de la capa de arena	$E_a$	m	0.20
Espesor de la capa de grava	$E_g$	m	0.30
Altura total de eras de secado	$H$	m	1.00
Número de eras de secado	$N_{es}$	-	1.00

Fuente: Karen Fonseca

### 3.3.6.6. Dimensionamiento del tanque de desinfección.

Debido a los resultados obtenidos en el análisis de aguas residuales se evidencia una cantidad elevada de coliformes fecales y totales, se vio la necesidad de diseñar un tanque de desinfección para contar con un agua libre de contaminantes microbiológicos que posteriormente será utilizada para riego de las áreas verdes de las instalaciones. El tanque de desinfección usa hipoclorito de calcio debido a su menor costo y efectividad en este tipo de agua. En la siguiente tabla se presenta las dimensiones propuestas:

**TABLA No. 26 Resultados del dimensionado del tanque de desinfección.**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Dosis promedio del desinfectante	$D$	mg / L	2.85
Peso requerido de desinfectante	$P$	Kg/ d	0.16
Largo del tanque	$L$	m	0.40

Ancho del tanque	b	m	0.30
Volumen del tanque	V	m <sup>3</sup>	0.06
Altura del tanque	A <sub>t</sub>	m	0.50
Altura de seguridad	A <sub>s</sub>	m	0.30
Altura total del tanque	A <sub>T</sub>	m	0.80

Fuente: Karen Fonseca.

#### 4. Verificación del cumplimiento con de la normativa ambiental vigente.

**TABLA No. 27 Cumplimiento de la norma ambiental.**

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Nivel permisible	Nivel permisible	Cumplimiento
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	mg/L	367	216.40	-	250	SI CUMPLE
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	mg/L	541	89.92	-	100	SI CUMPLE
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/L	321	96.30	0,3	0.3	NO CUMPLE
<b>Sólidos suspendidos</b>	mg/L	980	196	-	100	NO CUMPLE

Para que cumpla con la normativa ambiental los aceites, grasas y sólidos suspendidos, se toma en consideración la disminución de la cantidad de contaminantes.

#### 5. Costos.

**TABLA No. 28 Costos de implementación de la planta de tratamiento.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo. Unitario	Costo. Total
Excavación y recolección del material	m <sup>3</sup>	51.43	4.00	205.72
Hormigón f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> y encofrado	m <sup>3</sup>	46.50	120.00	5580
Hormigón Replanteo f'c 180 kg/cm <sup>2</sup> (e= 5cm)	m <sup>3</sup>	4.17	70.00	291.90
Acero de refuerzo (e=12mm)	qq	30	50.00	1500
Empedrado (e=10cm)	m <sup>2</sup>	83.26	7.00	582.82
Tubería	m	2	12.39	24.78

PVC-D 110mm				
Tubería PVC-D 160mm	M	2	35.40	70.80
Tubería PVC-D 75mm	U	1	11.10	11.10
Codo PVC-D 110 mm	U	1	3.25	3.25
Codo PVC-D 160 mm	U	2	9.00	18.00
Válvula de Compuerta (110 mm)	U	3	76.23	228.69
Válvula de Compuerta (160 mm)	U	3	482.00	1446
Tee PVC-D 110 mm	U	1	4.69	4.69
Tee PVC-D 160 mm	U	2	14.17	28.34
Reducción PVC-D 160- 110 mm	U	2	12.77	25.54
<b>Filtro anaeróbico de flujo ascendente</b>				
Relleno de grava (4- 7 cm)	m <sup>3</sup>	37.45	10.00	374.50
<b>Lechos de secado</b>				
Arena	m <sup>3</sup>	4.40	10.00	44
Grava	m <sup>3</sup>	6.60	10.00	66
<b>Mano de obra</b>				
Albañil (jefe)	-	4	100	400
Albañil (ayudante)	-	4	80	300
<b>Subtotal</b>				11'162.13
<b>Imprevistos (10%)</b>				1116.213
<b>Total</b>				12'278.343

## CAPÍTULO IV

### 4. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

- **Objetivo:** Asegurar el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Este manual detalla las acciones que debe tomar el personal .De acuerdo a esto se toma en consideración las siguientes recomendaciones:

- Realizar sus labores de manera puntual y ordenada, cumpliendo con los requerimientos establecidos para el buen manejo de la planta.
- Deben contar con equipos de seguridad personal como casco, mascarilla, guantes y botas.

#### 4.1. Plan de mantenimiento preventivo.

En este plan se indican las tareas que debe realizar el operario antes de que ocurra una eventualidad en el proceso de tratamiento, este prevé dos tipos de actividades:

- **4.1.1. Verificación periódica:** Detecta si existe algún tipo de problema, revisando de manera interna las etapas de tratamiento. Se realizará diariamente. También se realizará muestreos del afluente y efluente para verificar la calidad del agua, su período de muestreo será mensual.

**4.1.2. Mantenimiento periódico:** Consiste en la reparación, sustitución y remoción de los componentes que estén obstruyendo el sistema de tratamiento. Se realizará una vez al año como mínimo.

➤ **Herramientas de mantenimiento de la planta.**

Para el mantenimiento de las etapas de tratamiento de aguas residuales, se tiene como instrumentos necesarios los siguientes:

- Palas para la remoción del material sólido presente en las rejillas, para la recolección de los lodos de las eras de secado.
- Varilla de acero para medir la cantidad de lodos presentes en la fosa séptica.
- Manguera y baldes para la limpieza del filtro anaeróbico de flujo ascendente.
- Rastrillo para remover los lodos de las eras de secado.
- Carretillas para el transporte del lodo de las eras de secado.
- Azadón para la limpieza de malezas cercanas a la planta.
- Entre otras herramientas afines para el cuidado de la planta de tratamiento.

**4.2. Plan de mantenimiento correctivo.**

Se fundamenta en la sustitución y reubicación de tuberías para mejorar el flujo del agua, se tiene también roturas de tuberías y obstrucciones por la presencia de residuos de cocina y otros materiales que pueden interferir en el proceso de tratamiento. El mantenimiento se realizará en períodos eventuales.

**4.3.Descripción de los componentes.**

**4.3.1. Afluente.**

El agua residual provenientes de las actividades que realiza este establecimiento, poseen contaminantes orgánicos e inorgánicos, esta agua ingresará diariamente a la planta para ser tratada.

#### **4.3.2. Rejillas.**

Cuando las rejillas se encuentren sobrecargadas de material sólido se tiene que realizar una limpieza manual retirando todos estos residuos para así evitar cambios en la velocidad del afluente y que no exista saturación del agua en el canal. Los residuos recolectados se dispondrán en contenedores de basura del establecimiento.

#### **4.3.3. Trampa de aceites y grasas.**

Debe operarse y limpiarse regularmente para evitar la salida de cantidades grandes de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe realizarse generalmente cada que la cantidad de grasa supere el 75% de la capacidad de retención. Debido a que en las instalaciones se tiene servicio de hospedaje y alimentación, existe el incremento de grasas en la descarga de agua residual y se debe bombear una vez cada tres meses. Se tiene que evitar también la descarga de material sólido y grasas por medio del lavandín para disminuir la generación de aguas residuales con gran cantidad de estos componentes. Esta etapa debe dotarse de condiciones de turbulencia mínima, dispositivos de entrada y salida, evitar también el contacto con insectos y roedores.

#### **4.3.4. Tanque séptico.**

Este tanque está dividido en dos compartimientos para una mejor depuración del agua. Para comenzar con la limpieza del tanque séptico debe permanecer abierto por un período mayor a 15 minutos para evitar el contacto directo con los gases tóxicos o explosivos. Los lodos y espumas generadas deben ser removidos generalmente en un período de un año, por operadores totalmente capacitados que dispongan del equipamiento adecuado para garantizar un correcto funcionamiento, este intervalo se puede ampliar o disminuir dependiendo de las actividades que se efectúen en las instalaciones, las cuales pueden afectar el rendimiento del tanque; debe también tener una correcta ventilación, dispositivos de entrada y salida control de lodos y caudales, etc.

#### **4.3.5. Filtro anaeróbico de flujo ascendente.**

El agua ingresa por la parte inferior del filtro y gracias a la presión de la misma pasa atrás ves del medio filtrante hacia la parte superior. El material filtrante es grava debido a su

bajo costo, fácil manipulación y adquisición. La grava tiene que ser lo más irregular posible para que los microorganismos se adhieran de mejor manera. Cuenta también con un falso fondo para evacuar los lodos producidos en el proceso.

Debe contar con un control de la variación de carga para evitar el desprendimiento biológico, también control de salida de gases, temperatura y pH. El tiempo de retención hidráulica del filtro es de un día. La limpieza de este filtro se realizará generalmente cada seis meses.

#### **4.3.6. Eras de secado.**

Los lodos extraídos en el tanque séptico se llevarán directamente a esta etapa para su posterior deshidratación y usarlos seguidamente como abono en las áreas verdes de las instalaciones. Esta etapa se debe operar bajo condiciones de carga mínima y máxima. Debe contar con control de olores, de los lodos, de dosificación del agua y con un programa de muestreo. También debe contar con una inspección periódica para evitar la generación de flora y fauna nociva.

#### **4.3.7. Tanque de desinfección.**

El afluente pasa finalmente al tanque de desinfección, el cual utiliza hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) como desinfectante, su dosificación será suministrada de manera continua.

Este tanque debe estar siempre limpio debido a que esta es la última etapa de tratamiento para posteriormente usarla para irrigar las áreas verdes del establecimiento. La limpieza del tanque se debe realizar en un período de 6 meses y debe contar con dispositivos de entrada y salida.

En general concientizar al personal para que existan una reducción en el consumo de agua en el momento de asear las instalaciones cerrando el grifo cuando no se esté usando minimizando así el desperdicio del mismo y no generar incremento en la cantidad de aguas residuales resultantes que podrán afectar en la eficiencia adecuada de la planta de tratamiento.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. Conclusiones.

1. El lugar que se seleccionó para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) es relativamente plano, localizado: latitud de  $01^{\circ}40'43''S$  y longitud  $78^{\circ}40'9''W$ , con una variación mínima de alturas las cuales oscilan entre 2755.351msnm a 2757.173msnm en las riberas del río y 2757.036msnm a 2758.251msnm en el sitio de interés. Contando con un área total de 6389.808 m<sup>2</sup> de la cual se prevé usar 85.76 m<sup>2</sup> para su posterior construcción.
2. En el agua residual el caudal máximo de diseño determinado es 3.26 L/min, posteriormente se analizaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos, cuyos valores máximos son los siguientes: pH 7.92, temperatura 18.9 °C, nitratos 8.9 mg/L; que se encuentran dentro de los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULAS, libro VI, Tabla 6, Anexo I y libro VI, Tabla 12, Anexo I; conductividad 1820  $\mu$ Siems/cm, DQO 1460 mg/L, DBO5 710 mg/L, fosfatos 23.1 mg/L, sólidos: disueltos 915 mg/L, sedimentables 44 mg/L, y suspendidos 1090 mg/L, aceites y grasas 730.6 mg/L, tensoactivos 6.80 mg/L, coliformes: fecales  $2.6 \times 10^5$  UFC/100mL y totales  $1.2 \times 10^6$  UFC/100mL, permaneciendo fuera de los límites permisibles.
3. Con los resultados obtenidos se dimensionó la planta de tratamiento de aguas residuales que incluye: rejillas, trampa de aceites y grasas, tanque séptico, filtro

anaeróbico de flujo ascendente, tanque de desinfección y eras de secado. Los planos realizados en el software AUTOCAD se encuentran en el anexo 7.

4. La eficiencia teórica del sistema propuesto es 70 % aceites y grasas, 30 % de DBO<sub>5</sub> y 50 % de sólidos suspendidos en el tanque séptico; teniendo como resultados finales de la remoción de mismo: 96.30 mg/L, 256.90 mg/L y 490 mg/L respectivamente. Mientras que en el filtro anaeróbico de flujo ascendente, la eficiencia teórica es 65 % de DBO<sub>5</sub>, 60 % de DQO y 60 % de sólidos suspendidos, presentando como valores finales de remoción 89.92 mg/L, 216.40 mg/L y 196 mg/L respectivamente.

## **5.2.Recomendaciones.**

1. En la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) se debe unificar el caudal existente el cual procede de las áreas de hospedaje, alimentación, capacitaciones, recreación con las aguas descargadas de las áreas administrativas, financieras y desarrollo de proyectos, ubicando una sola tubería que dirija el agua residual a la planta de tratamiento propuesta.
2. Cuando se implemente la planta de tratamiento de aguas residuales, poner en práctica el manual de operación y mantenimiento propuesto en esta investigación para asegurar el buen funcionamiento de la misma disminuyendo los problemas presentados por aceites y grasas.

## CAPÍTULO VI

### 6. BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUILAR, M. Y OTROS.**, Tratamiento Físico – Químico de Aguas Residuales., 1ra. ed., Murcia-España., Universidad de Murcia., 2002., Pp. 44-45.
2. **ARBOLEDA, J.**, Teoría y Práctica de la Purificación del agua (Tomo 2)., 3ra. ed., Bogotá-Colombia., McGraw-Hill., 2000., Pp. 642-646.
3. **CRITES, T.**, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones., 1ra. ed., Bogotá-Colombia., McGraw-Hill., 2000., Pp. 25-27; 33-34; 42-48; 70-71; 75, 84; 240-243; 246-249; 313-316.
4. **FERRER, J. & SECO, A.**, Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales., 1ra. ed., Valencia-España., ALFAOMEGA., 2008., Pp. 9-14.
5. **HERNÁNDEZ, A.**, Manual de Saneamiento Uralita: Sistemas de Calidad en Saneamiento de Aguas., 2da. ed., Madrid-España., PARANINFO., 2004., Pp. 18-19.

6. **LETTERMAN, R.**, Calidad y Tratamiento del Agua: Manual de Suministros de Agua Comunitaria., 5ta. ed., Madrid-España., McGraw-Hill., 2002., Pp. 297; 318-319; 1020-1021; 1036-1037.
7. **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización (Volumen1)., 3a. ed., Madrid-España., McGraw-Hill., 1995., Pp. 18-23; 41-42; 53-54; 97-100; 104-105.
8. **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización (Volumen 2)., 3a. ed., Madrid-España., McGraw-Hill., 1995., Pp. 509-513.
9. **OROZCO, A.**, Bioingeniería de Aguas Residuales: Teoría y Diseño., 1a. ed., Bogotá-Colombia., ACODAL., 2005., Pp. 13-15; 17-19.
10. **OSORIO, F. Y OTROS.**, Tratamiento de Aguas para la Eliminación de Microorganismos y Agentes Contaminantes., 1a. ed., Madrid-España., Díaz de Santos., 2010., Pp. 1-7.
11. **RAMALHO, R.**, Tratamiento de Aguas Residuales., 2a. ed., Barcelona-España., Reveté., 2003., Pp. 29; 77-78; 92, 585.
12. **RIGOLA, M.**, Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales., 2a. ed., México,D.F.-México., ALFAOMEGA., 1999., Pp. 137; 142; 152-153..
13. **ROMERO, J.**, Calidad del Agua., 3a. ed., Bogotá-Colombia., Escuela Colombiana de Ingeniería., 2009., Pp. 111; 123-124; 186-187; 198-199; 209-210.

- 14. ROMERO, J.,** Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño., 1ra. ed., Bogotá-Colombia., Escuela Colombiana de Ingeniería., 1999., Pp. 17-19; 27, 139; 688-689; 706-709; 726-727; 729-730; 831
- 15. TERRY, C. Y OTROS.,** Manejo de Aguas Residuales en Gestión Ambiental., 1a. ed., La Habana-Cuba., CIGEA., 2010., Pp. 10-11; 15.
- 16. VALDEZ, E. Y VÁZQUEZ G.,** Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales., 1a. ed., México, D.F.-México., Fundación ICA., 2003., Pp. 87; 95-97; 145.
- 17. VESILIND, A.,** Wastewater Treatment Plant Design., 3a. ed., Great Britain –London., TJ International., 2003., Pp.1-4.
- 18. COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS - 2000.,** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico., Tratamiento de Aguas Residuales., Vol E., Bogotá-Colombia., 2000., Pp.19; 23-24; 28,49,80,89,104.
- 19. ECUADOR., CENTRAL ECUATORIANA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS (CESA),** Estudios y Diseños del Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de la Comunidad de Pulingui Centro Parroquia San Andrés., Cantón Guano., Provincia de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., CESA., 2012., Pp.55-60.

**20. PERÚ., OPS/CEPIS.,** Especificaciones Técnicas para el Diseño de Tanques Sépticos, 1ra. ed., Lima-Perú., Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., 2003., Pp.7-11.

**21. BOLAÑOS, I.,** Diseño Espacial y Estructural de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Universidad Tecnológica de Mixteca., Universidad Tecnológica de Mixteca., Escuela de Ingeniería en Diseño., México,D.F-México ., **TESIS.**, 2012., Pp. 13; 23.

**22. CONTRERAS, K.,** Diseño de un Sistema de Tratamiento Secundario de la Descarga de Aguas Grises y Negras en el Terminal GLP OYAMBARO., Universidad Central del Ecuador., Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleo y Ambiente., Escuela de Ingeniería Ambiental., Quito-Ecuador., **TESIS.**, 2009., Pp. 33-84; 102-105.

**23. AGUAS RESIDUALES.**

[http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio\\_congreso\\_2011/papers/V3.pdf](http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio_congreso_2011/papers/V3.pdf)

2013-07-16.

**24. CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES.**

<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4f965da41fa7d.pdf>

2013-09-29.

**25. COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN.**

<http://www.bdigital.unal.edu.co/5419/1/juanmiguelcogollo.2011.pdf>

2013-10-02.

**26. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES.**

<http://platea.pntic.mec.es/~jojimene/EsquemaEDAR.PDF>

2013-11-22.

**27. LEY DE AGUAS.**

<http://www.mingaservice.com/web/leyes-y-reglamentos.html>

2013-12-05.

**28. LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL.**

<http://www.slideshare.net/syepez72/ley-de-gestin-ambiental>

2013-12-14.

**29. MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.**

[http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Protocolo\\_para\\_Toma\\_de\\_Muestras\\_de\\_Aguas\\_Residuales.pdf](http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Protocolo_para_Toma_de_Muestras_de_Aguas_Residuales.pdf)

2013-09-06.

**30. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

<http://www.efdemexico.com/servicios/ptars.html>

2013-09-28.

**31. SISTEMA PARA TRATAR AGUAS NEGRAS.**

[http://www.cee.mtu.edu/projects/Projects\\_2005/espanol/Oscar\\_Romero\\_Report\\_Translatio-1.pdf](http://www.cee.mtu.edu/projects/Projects_2005/espanol/Oscar_Romero_Report_Translatio-1.pdf)

2013-07-01.

**32. SISTEMA COMBINADO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

<http://cinara.univalle.edu.co/archivos/pdf/42.pdf>

2013-07-27.

**33. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA (TULAS); “NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA”**

<http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf>

2014-01-18.

**34. TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoencanales/residuales/Tipos%20de%20Tratamiento.htm>

2013-08-23.

**35. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/aguaresi.pdf>

2013-08-12.

## **RESUMEN.**

Se dimensionó una planta de tratamiento de aguas residuales para la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas, ubicada en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

Mediante el método experimental se determinó caudales durante 7 días utilizando métodos volumétricos, el caudal de diseño obtenido es 3.26 L/min. Para las caracterizaciones físicas, químicas y microbiológicas se efectuó muestreos durante 3 días empleando el método compuesto.

Las determinaciones de pH, temperatura y nitratos: 7.92, 18.9 °C y 8.9 mg/L respectivamente se encuentran dentro de los límites permisibles; conductividad 1820  $\mu$ Siems/cm, DQO 1460 mg/L, DBO<sub>5</sub> 710 mg/L, fosfatos 23.1 mg/L, sólidos: disueltos 915 mg/L, sedimentables 44 mg/L, y suspendidos 1090 mg/L, aceites y grasas 730.6 mg/L, tensoactivos 6.80 mg/L, coliformes: fecales  $2.6 \times 10^5$  UFC/100mL y totales  $1.2 \times 10^6$  UFC/100mL superan los límites permisibles del TULAS.

Concluyendo con el diseño en el software AUTOCAD, la planta consta de: rejillas, trampa de aceites y grasas, tanque séptico, fafa, tanque de desinfección y eras de secado. Su remoción teórica del tanque séptico: aceites y grasas 96.30 mg/L, DBO<sub>5</sub> 256.90 mg/L, sólidos suspendidos 490 mg/L y en el fafa: DBO<sub>5</sub> 89.92 mg/L, DQO 216.40 mg/L, sólidos suspendidos 196 mg/L.

Para la construcción se evidenció un lugar relativamente plano, cuyas coordenadas: 01°40'43"S. y 78°40'9"W. y una pendiente de 2755.351msnm a 2757.173msnm en las riberas del río y 2757.036msnm a 2758.251msnm en el sitio de interés.

Para la implementación de la planta se recomienda la unificación del caudal existente y el uso del manual de operación y mantenimiento propuesto.

## **SUMMARY.**

A plant wastewater treatment was sized for the Central Ecuadorian Agricultural Services. Located in Riobamba, Chimborazo Province. Using the experimental method were determined flows for 7 days using volumetric methods, the design's flow obtained is 3.26 L/min. For the physical, chemical and microbiological characterization a sampling was undertaken for 3 days using the compound method.

Measurements of pH, temperature and nitrate: 7.92, 18.9 °C and 8.9 mg/L are respectively within permissible limits; conductivity 1820  $\mu$ Siems/cm, DQO 1460 mg/L, DBO<sub>5</sub> 710 mg/L, phosphate 23.1 mg/L, solid: dissolved 915 mg/L, settleable 44 mg/L, and suspended 1090 mg/L, oils and fats 730.6 mg/L, surfactant 6.80 mg/L, coliform: fecal  $2.6 \times 10^5$  UFC/100mL and total  $1.2 \times 10^6$  UFC/100mL exceeded the permissible limits of TULAS.

Concluding with an AUTOCAD software design, the plant consists of grids, trap oils and fats, septic tank, anaerobic upflow filter, tank disinfection and drying beds. Its theoretical removal of septic tank: oils and fats 96.30 mg/L, DBO<sub>5</sub> 256.90 mg/L, suspended solids 490 mg/L and the anaerobic upflow filter: DBO<sub>5</sub> 89.92 mg/L, DQO 216.40 mg/L, suspended solids 196 mg/L.

For this construction was found a relatively flat area, the coordinates are: 01°40'43"S. and 78°40'9"W. and a slope of 2755.351 to 2757.173 meters above sea level on the banks of the river and 2757.036 to 2758.251 meters above sea level in the site of interest. For the implementation of the plant is recommended: the unification of the existing flow and use the proposed operation and manual maintenance.

## ANEXOS

### ANEXO No. 1 Modelo de la encuesta.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**OBJETIVO:** Adquirir datos representativos para evidenciar las acciones y actividades del área de influencia.

**1.- ¿Cuántos integrantes poseen su familia y con qué grado de estudio cuentan?**

.....

**2.- ¿Tiene acceso a servicios básicos?**

Agua potable	.....
Alumbrado público	.....
Alcantarillado público	.....
Luz eléctrica	.....
Telefonía Convencional	.....
Telefonía Móvil	.....
Disposición de desechos sólidos	.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**OBJETIVO:** Estimar la cantidad de agua residual descargada en la Central Ecuatoriana de Servicio Agrícolas (CESA) en el Cantón Riobamba.

**1.- ¿Con qué frecuencia ocupa las baterías sanitarias diariamente?**

1 a 3 veces .....  
3 a 5 veces .....  
5 a 7 veces .....

**2.- ¿Al momento de asear sus manos aproximadamente cuánto tiempo le lleva realizar esta acción?**

Menos de 1 minuto .....  
1 a 2 minutos .....  
2 a 3 minutos .....  
Más de 3 minuto .....

**3.- ¿Cuándo se asea sus manos cuan abierto está el grifo de agua?**

Caudal Alto .....  
Caudal Medio .....  
Caudal Bajo .....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

**ANEXO No. 2 Cálculo del caudal monitoreado en siete días.**

**TABLA No. 29 Cálculo del caudal monitoreado día Lunes.**

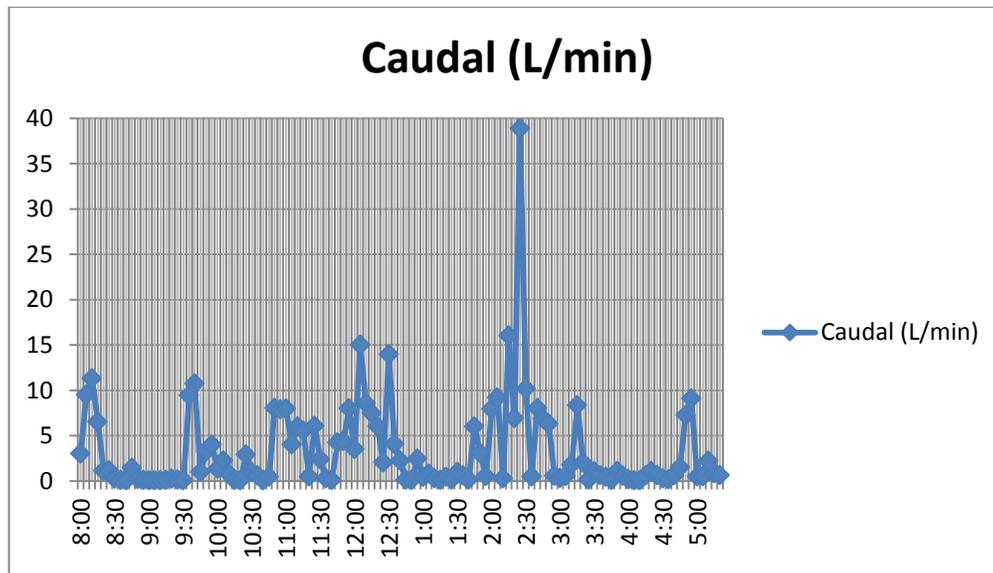
<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
8:00	1.00	3.02
8:05	1.00	9.52
8:10	1.00	11.31
8:15	1.00	6.54
8:20	1.00	1.13
8:25	1.00	1.18
8:30	1.00	0.25
8:35	1.00	0.11
8:40	1.00	0.09
8:45	1.00	1.46
8:50	1.00	0.23
8:55	1.00	0.13
9:00	1.00	0.08
9:05	1.00	0.06
9:10	1.00	0.07
9:15	1.00	0.10
9:20	1.00	0.25
9:25	1.00	0.14
9:30	1.00	0.09
9:35	1.00	9.46
9:40	1.00	10.75
9:45	1.00	1.00
9:50	1.00	3.28
9:55	1.00	4.02
10:00	1.00	1.34
10:05	1.00	2.27
10:10	1.00	0.80
10:15	1.00	0.12
10:20	1.00	0.08
10:25	1.00	2.94
10:30	1.00	0.98
10:35	1.00	0.60
10:40	1.00	0.09
10:45	1.00	0.47

10:50	1.00	8.04
10:55	1.00	7.91
11:00	1.00	7.98
11:05	1.00	4.03
11:10	1.00	6.00
11:15	1.00	5.56
11:20	1.00	0.51
11:25	1.00	6.08
11:30	1.00	2.38
11:35	1.00	0.30
11:40	1.00	0.11
11:45	1.00	4.24
11:50	1.00	4.38
11:55	1.00	8.00
12:00	1.00	3.52
12:05	1.00	15.02
12:10	1.00	8.58
12:15	1.00	7.49
12:20	1.00	6.03
12:25	1.00	2.05
12:30	1.00	13.96
12:35	1.00	4.09
12:40	1.00	2.25
12:45	1.00	0.15
12:50	1.00	0.10
12:55	1.00	2.46
1:00	1.00	0.44
1:05	1.00	0.83
1:10	1.00	0.28
1:15	1.00	0.11
1:20	1.00	0.45
1:25	1.00	0.14
1:30	1.00	1.00
1:35	1.00	0.60
1:40	1.00	0.16
1:45	1.00	6.01
1:50	1.00	3.11
1:55	1.00	0.55
2:00	1.00	7.94

2:05	1.00	9.22
2:10	1.00	0.30
2:15	1.00	16.05
2:20	1.00	6.91
2:25	1.00	38.89
2:30	1.00	10.18
2:35	1.00	0.51
2:40	1.00	8.06
2:45	1.00	6.89
2:50	1.00	6.31
2:55	1.00	0.57
3:00	1.00	0.32
3:05	1.00	0.55
3:10	1.00	1.81
3:15	1.00	8.35
3:20	1.00	2.05
3:25	1.00	0.16
3:30	1.00	1.06
3:35	1.00	0.65
3:40	1.00	0.48
3:45	1.00	0.10
3:50	1.00	1.09
3:55	1.00	0.56
4:00	1.00	0.17
4:05	1.00	0.09
4:10	1.00	0.08
4:15	1.00	0.60
4:20	1.00	1.10
4:25	1.00	0.64
4:30	1.00	0.29
4:35	1.00	0.18
4:40	1.00	0.67
4:45	1.00	1.52
4:50	1.00	7.29
4:55	1.00	9.09
5:00	1.00	0.49
5:05	1.00	0.55
5:10	1.00	2.22
5:15	1.00	0.85

5:20	1.00	0.64
5:25	1.00	0.28
5:30	1.00	0.14
	<b>Total</b>	374.76
	<b>Promedio</b>	3.26

**FIGURA No 8. Variación horaria del caudal día Lunes.**



Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 30 Cálculo del caudal monitoreado día Miércoles.**

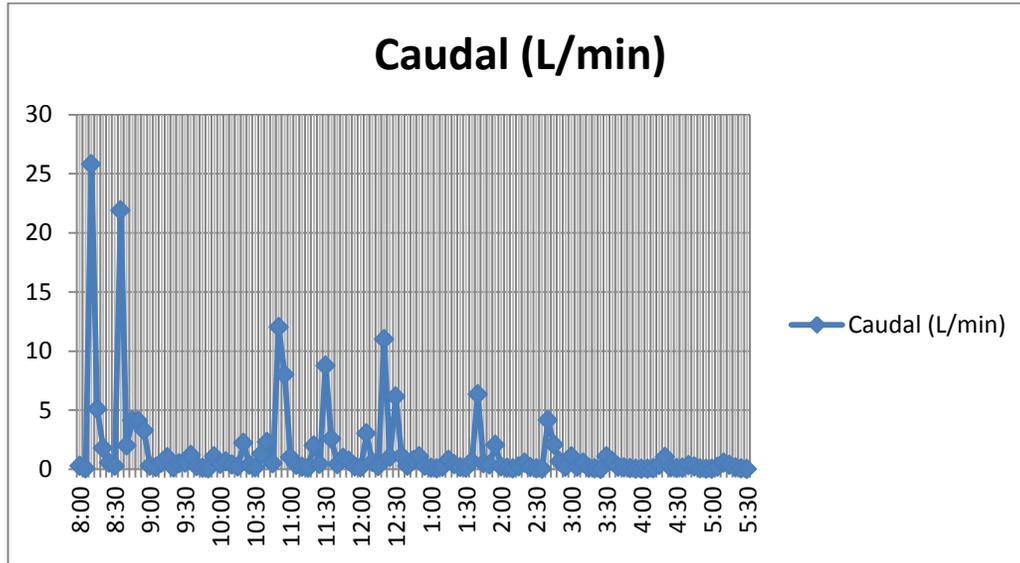
Hora(h)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
8:00	1.00	0.29
8:05	1.00	0.08
8:10	1.00	25.80
8:15	1.00	5.11
8:20	1.00	1.80
8:25	1.00	0.54
8:30	1.00	0.27
8:35	1.00	21.91
8:40	1.00	2.00
8:45	1.00	4.13
8:50	1.00	4.11
8:55	1.00	3.26

9:00	1.00	0.29
9:05	1.00	0.17
9:10	1.00	0.55
9:15	1.00	1.00
9:20	1.00	0.16
9:25	1.00	0.50
9:30	1.00	0.54
9:35	1.00	1.21
9:40	1.00	0.26
9:45	1.00	0.11
9:50	1.00	0.07
9:55	1.00	1.09
10:00	1.00	0.45
10:05	1.00	0.65
10:10	1.00	0.38
10:15	1.00	0.22
10:20	1.00	2.23
10:25	1.00	0.36
10:30	1.00	0.15
10:35	1.00	1.27
10:40	1.00	2.31
10:45	1.00	0.51
10:50	1.00	12.03
10:55	1.00	8.02
11:00	1.00	1.00
11:05	1.00	0.37
11:10	1.00	0.19
11:15	1.00	0.13
11:20	1.00	2.01
11:25	1.00	0.44
11:30	1.00	8.75
11:35	1.00	2.56
11:40	1.00	0.42
11:45	1.00	0.96
11:50	1.00	0.71
11:55	1.00	0.22
12:00	1.00	0.16

12:05	1.00	3.02
12:10	1.00	0.60
12:15	1.00	0.25
12:20	1.00	11.00
12:25	1.00	1.04
12:30	1.00	6.16
12:35	1.00	1,13
12:40	1.00	0.29
12:45	1.00	0.77
12:50	1.00	1.08
12:55	1.00	0.29
1:00	1.00	0.11
1:05	1.00	0.08
1:10	1.00	0.21
1:15	1.00	0.80
1:20	1.00	0.41
1:25	1.00	0.18
1:30	1.00	0.13
1:35	1.00	0.65
1:40	1.00	6.33
1:45	1.00	0.50
1:50	1.00	0.39
1:55	1.00	2.05
2:00	1.00	0.24
2:05	1.00	0.11
2:10	1.00	0.08
2:15	1.00	0.23
2:20	1.00	0.55
2:25	1.00	0.17
2:30	1.00	0.08
2:35	1.00	0.04
2:40	1.00	4.15
2:45	1.00	2.09
2:50	1.00	0.65
2:55	1.00	0.19
3:00	1.00	1.08
3:05	1.00	0.21

3:10	1.00	0.51
3:15	1.00	0.13
3:20	1.00	0.07
3:25	1.00	0.04
3:30	1.00	1.08
3:35	1.00	0.66
3:40	1.00	0.21
3:45	1.00	0.15
3:50	1.00	0.09
3:55	1.00	0.05
4:00	1.00	0.05
4:05	1.00	0.03
4:10	1.00	0.08
4:15	1.00	0.35
4:20	1.00	1.04
4:25	1.00	0.15
4:30	1.00	0.09
4:35	1.00	0.11
4:40	1.00	0.34
4:45	1.00	0.22
4:50	1.00	0.08
4:55	1.00	0.05
5:00	1.00	0.04
5:05	1.00	0.19
5:10	1.00	0.55
5:15	1.00	0.37
5:20	1.00	0.14
5:25	1.00	0.06
5:30	1.00	0.02
	<b>Total</b>	176.04
	<b>Promedio</b>	1.53

**FIGURA No 9. Variación horaria del caudal día Miércoles.**



Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 31 Cálculo del caudal monitoreado día Viernes.**

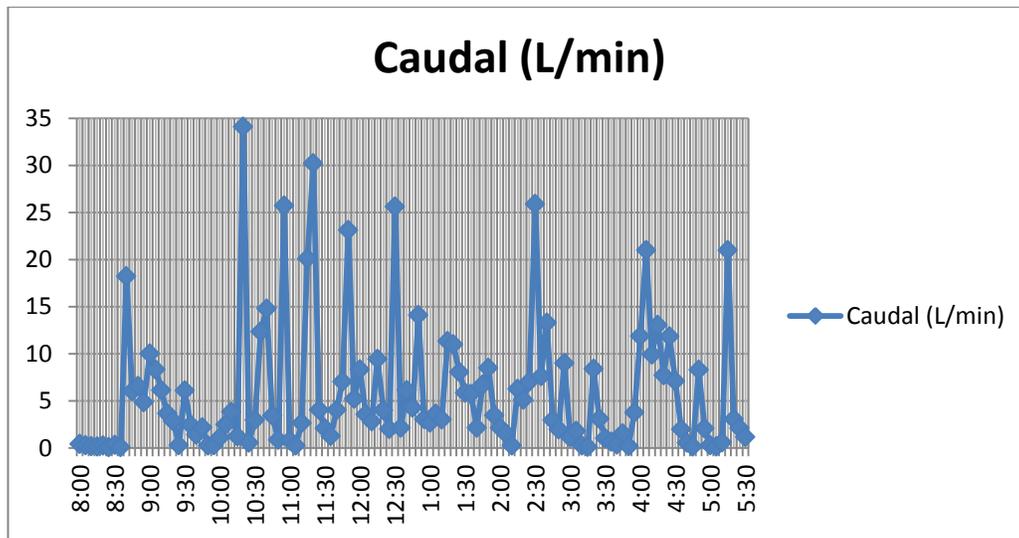
Hora(h)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
8:00	1.00	0.42
8:05	1.00	0.28
8:10	1.00	0.16
8:15	1.00	0.13
8:20	1.00	0.25
8:25	1.00	6.02
8:30	1.00	0.32
8:35	1.00	0.07
8:40	1.00	18.26
8:45	1.00	6.02
8:50	1.00	6.57
8:55	1.00	4.84
9:00	1.00	10.00
9:05	1.00	8.33
9:10	1.00	6.11
9:15	1.00	3.65
9:20	1.00	2.85
9:25	1.00	0.26
9:30	1.00	6.09
9:35	1.00	2.43
9:40	1.00	1.40

9:45	1.00	2.16
9:50	1.00	0.25
9:55	1.00	0.29
10:00	1.00	1.08
10:05	1.00	2.47
10:10	1.00	3.82
10:15	1.00	1.22
10:20	1.00	34.08
10:25	1.00	0.55
10:30	1.00	2.95
10:35	1.00	12.35
10:40	1.00	14.77
10:45	1.00	3.42
10:50	1.00	0.84
10:55	1.00	25.70
11:00	1.00	0.79
11:05	1.00	0.23
11:10	1.00	2.65
11:15	1.00	20.10
11:20	1.00	30.22
11:25	1.00	4.01
11:30	1.00	2.06
11:35	1.00	1.24
11:40	1.00	4.04
11:45	1.00	7.02
11:50	1.00	23.11
11:55	1.00	5.20
12:00	1.00	8.33
12:05	1.00	3.56
12:10	1.00	2.81
12:15	1.00	9.44
12:20	1.00	4.00
12:25	1.00	2.00
12:30	1.00	25.61
12:35	1.00	2.12
12:40	1.00	6.13
12:45	1.00	4.25
12:50	1.00	14.08
12:55	1.00	3.05

1:00	1.00	2.68
1:05	1.00	3.62
1:10	1.00	3.01
1:15	1.00	11.33
1:20	1.00	10.98
1:25	1.00	8.05
1:30	1.00	5.86
1:35	1.00	5.71
1:40	1.00	2.12
1:45	1.00	6.71
1:50	1.00	8.48
1:55	1.00	3.44
2:00	1.00	2.14
2:05	1.00	1.52
2:10	1.00	0.25
2:15	1.00	6.24
2:20	1.00	5.12
2:25	1.00	7.03
2:30	1.00	25.90
2:35	1.00	7.60
2:40	1.00	13.28
2:45	1.00	2.94
2:50	1.00	1.97
2:55	1.00	9.00
3:00	1.00	1.12
3:05	1.00	1.79
3:10	1.00	0.23
3:15	1.00	0.120
3:20	1.00	8.38
3:25	1.00	3.08
3:30	1.00	1.01
3:35	1.00	0.65
3:40	1.00	0.35
3:45	1.00	1.53
3:50	1.00	0.169
3:55	1.00	3.77
4:00	1.00	11.87
4:05	1.00	21.00
4:10	1.00	9.92

4:15	1.00	13.05
4:20	1.00	7.71
4:25	1.00	11.83
4:30	1.00	7.09
4:35	1.00	1.98
4:40	1.00	0.55
4:45	1.00	0.150
4:50	1.00	8.29
4:55	1.00	2.05
5:00	1.00	0.28
5:05	1.00	0.15
5:10	1.00	0.57
5:15	1.00	20.97
5:20	1.00	3.05
5:25	1.00	2.09
5:30	1.00	1.16
<b>Total</b>		671.42
<b>Promedio</b>		5.84

**FIGURA No 10. Variación horaria del caudal día Viernes.**



Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 32 Cálculo del caudal monitoreado día Martes.**

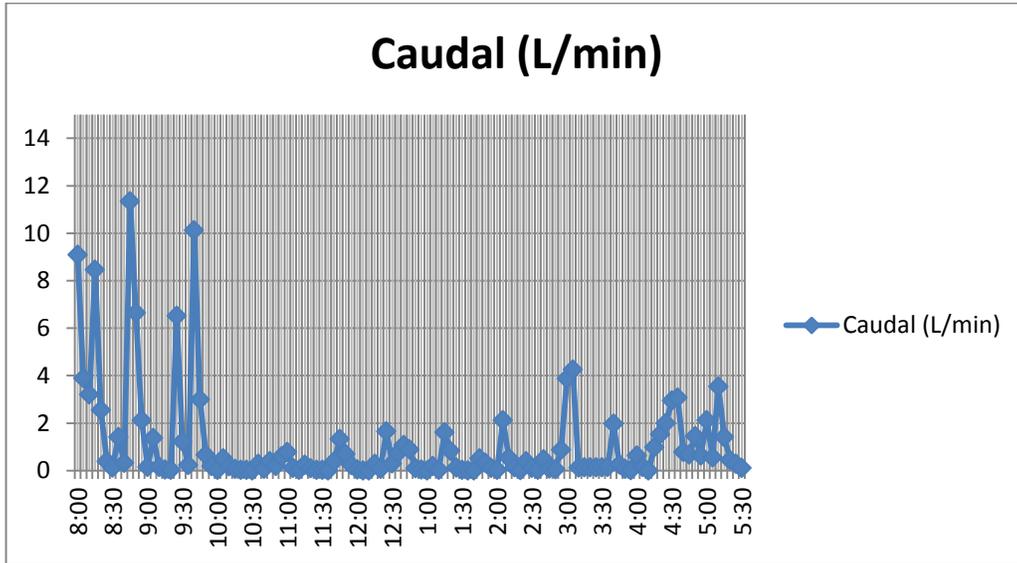
<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
8:00	1.00	9.09
8:05	1.00	3.89
8:10	1.00	3.21
8:15	1.00	8.46
8:20	1.00	2.55
8:25	1.00	0.39
8:30	1.00	0.13
8:35	1.00	1.42
8:40	1.00	0.33
8:45	1.00	11.35
8:50	1.00	6.65
8:55	1.00	2.13
9:00	1.00	0.16
9:05	1.00	1.38
9:10	1.00	0.16
9:15	1.00	0.05
9:20	1.00	0.03
9:25	1.00	6.52
9:30	1.00	1.23
9:35	1.00	0.24
9:40	1.00	10.08
9:45	1.00	3.00
9:50	1.00	0.66
9:55	1.00	0.20
10:00	1.00	0.04
10:05	1.00	0.51
10:10	1.00	0.18
10:15	1.00	0.08
10:20	1.00	0.04
10:25	1.00	0.07
10:30	1.00	0.02
10:35	1.00	0.28
10:40	1.00	0.08
10:45	1.00	0.39
10:50	1.00	0.19
10:55	1.00	0.60
11:00	1.00	0.79
11:05	1.00	0.12

11:10	1.00	0.03
11:15	1.00	0.25
11:20	1.00	0.10
11:25	1.00	0.05
11:30	1.00	0.03
11:35	1.00	0.06
11:40	1.00	0.38
11:45	1.00	1.31
11:50	1.00	0.70
11:55	1.00	0.24
12:00	1.00	0.04
12:05	1.00	0.02
12:10	1.00	0.03
12:15	1.00	0.29
12:20	1.00	0.08
12:25	1.00	1.64
12:30	1.00	0.35
12:35	1.00	0.75
12:40	1.00	1.08
12:45	1.00	0.89
12:50	1.00	0.10
12:55	1.00	0.05
1:00	1.00	0.02
1:05	1.00	0.20
1:10	1.00	0.04
1:15	1.00	1.62
1:20	1.00	0.84
1:25	1.00	0.13
1:30	1.00	0.03
1:35	1.00	0.02
1:40	1.00	0.05
1:45	1.00	0.51
1:50	1.00	0.33
1:55	1.00	0.17
2:00	1.00	0.04
2:05	1.00	2.13
2:10	1.00	0.54
2:15	1.00	0.14
2:20	1.00	0.02

2:25	1.00	0.40
2:30	1.00	0.11
2:35	1.00	0.03
2:40	1.00	0.47
2:45	1.00	0.09
2:50	1.00	0.06
2:55	1.00	0.88
3:00	1.00	3.88
3:05	1.00	4.26
3:10	1.00	2.05
3:15	1.00	0.10
3:20	1.00	0.04
3:25	1.00	1.22
3:30	1.00	0.07
3:35	1.00	0.02
3:40	1.00	1.98
3:45	1.00	0.26
3:50	1.00	0.08
3:55	1.00	0.02
4:00	1.00	0.64
4:05	1.00	0.14
4:10	1.00	0.03
4:15	1.00	0.98
4:20	1.00	1.54
4:25	1.00	2.00
4:30	1.00	2.95
4:35	1.00	3.08
4:40	1.00	0.79
4:45	1.00	0.68
4:50	1.00	1.45
4:55	1.00	0.63
5:00	1.00	2.12
5:05	1.00	0.56
5:10	1.00	3.55
5:15	1.00	1.41
5:20	1.00	0.45
5:25	1.00	0.29
5:30	1.00	0.11
	<b>Total</b>	128.76

<b>Promedio</b>	1.12
-----------------	------

**FIGURA No 11. Variación horaria del caudal día Martes.**



Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 33 Cálculo del caudal monitoreado día Jueves.**

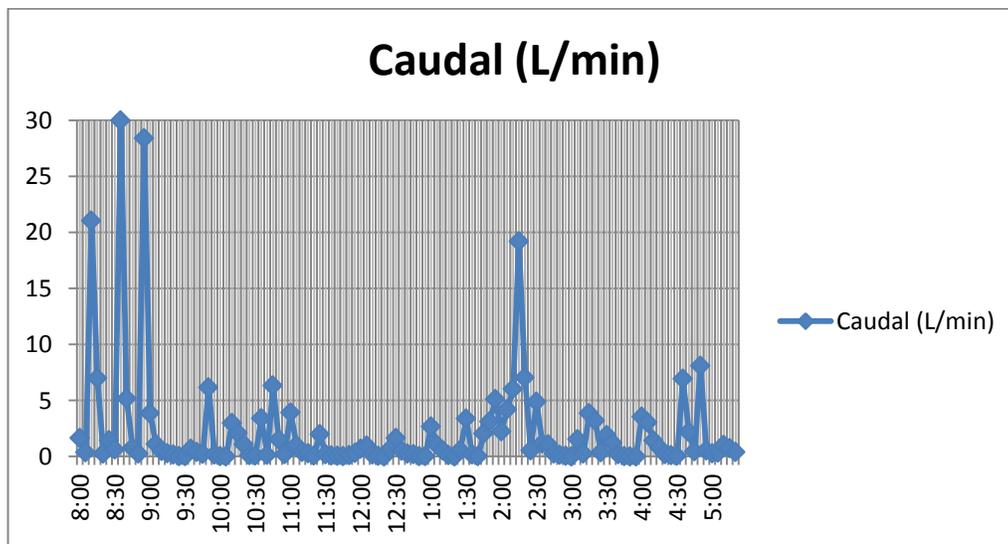
<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
8:00	1.00	1.65
8:05	1.00	0.38
8:10	1.00	21.03
8:15	1.00	6.97
8:20	1.00	0.26
8:25	1.00	1.45
8:30	1.00	0.61
8:35	1.00	29.98
8:40	1.00	5.16
8:45	1.00	0.76
8:50	1.00	0.25
8:55	1.00	28.40
9:00	1.00	3.85
9:05	1.00	1.12
9:10	1.00	0.45
9:15	1.00	0.29
9:20	1.00	0.17
9:25	1.00	0.03

9:30	1.00	0.03
9:35	1.00	0.69
9:40	1.00	0.41
9:45	1.00	0.22
9:50	1.00	6.17
9:55	1.00	0.18
10:00	1.00	0.04
10:05	1.00	0.04
10:10	1.00	2.95
10:15	1.00	2.11
10:20	1.00	1.08
10:25	1.00	0.11
10:30	1.00	0.08
10:35	1.00	3.41
10:40	1.00	0.13
10:45	1.00	6.34
10:50	1.00	1.51
10:55	1.00	0.21
11:00	1.00	3.93
11:05	1.00	1.00
11:10	1.00	0.40
11:15	1.00	0.27
11:20	1.00	0.09
11:25	1.00	1.99
11:30	1.00	0.20
11:35	1.00	0.08
11:40	1.00	0.06
11:45	1.00	0.03
11:50	1.00	0.11
11:55	1.00	0.30
12:00	1.00	0.68
12:05	1.00	0.97
12:10	1.00	0.17
12:15	1.00	0.05
12:20	1.00	0.03
12:25	1.00	0.66
12:30	1.00	1.64
12:35	1.00	0.51
12:40	1.00	0.25

12:45	1.00	0.17
12:50	1.00	0.04
12:55	1.00	0.03
1:00	1.00	2.61
1:05	1.00	1.05
1:10	1.00	0.55
1:15	1.00	0.10
1:20	1.00	0.06
1:25	1.00	0.58
1:30	1.00	3.39
1:35	1.00	0.17
1:40	1.00	0.03
1:45	1.00	2.03
1:50	1.00	3.12
1:55	1.00	5.10
2:00	1.00	2.25
2:05	1.00	4.20
2:10	1.00	6.02
2:15	1.00	19.18
2:20	1.00	7.05
2:25	1.00	0.54
2:30	1.00	4.88
2:35	1.00	1.15
2:40	1.00	1.08
2:45	1.00	0.25
2:50	1.00	0.15
2:55	1.00	0.06
3:00	1.00	0.03
3:05	1.00	1.50
3:10	1.00	0.26
3:15	1.00	3.87
3:20	1.00	3.22
3:25	1.00	0.38
3:30	1.00	1.91
3:35	1.00	1.23
3:40	1.00	0.21
3:45	1.00	0.05
3:50	1.00	0.03
3:55	1.00	0.03

4:00	1.00	3.56
4:05	1.00	3.04
4:10	1.00	1.41
4:15	1.00	0.76
4:20	1.00	0.21
4:25	1.00	0.11
4:30	1.00	0.05
4:35	1.00	6.92
4:40	1.00	2.15
4:45	1.00	0.45
4:50	1.00	8.10
4:55	1.00	0.53
5:00	1.00	0.29
5:05	1.00	0.33
5:10	1.00	1.03
5:15	1.00	0.74
5:20	1.00	0.39
5:25	1.00	0.15
5:30	1.00	0.06
<b>Total</b>		250.78
<b>Promedio</b>		2.18

**FIGURA No 12. Variación horaria del caudal día Jueves.**



Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 34 Cálculo del caudal monitoreado día Sábado.**

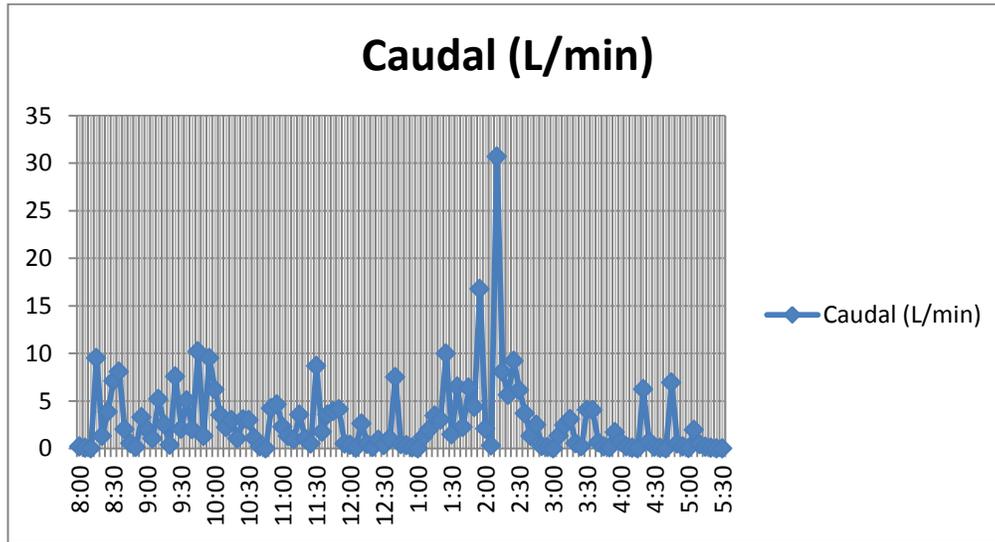
<b>Hora(h)</b>	<b>Tiempo(min)</b>	<b>Caudal (L/min)</b>
8:00	1.00	0.23
8:05	1.00	0.09
8:10	1.00	0.02
8:15	1.00	9.52
8:20	1.00	1.33
8:25	1.00	3.85
8:30	1.00	7,11
8:35	1.00	8,08
8:40	1.00	2.02
8:45	1.00	0.57
8:50	1.00	0.17
8:55	1.00	3.31
9:00	1.00	1.98
9:05	1.00	1.05
9:10	1.00	5.22
9:15	1.00	2.55
9:20	1.00	0.38
9:25	1.00	7.59
9:30	1.00	2.05
9:35	1.00	5.07
9:40	1.00	2.01
9:45	1.00	10.21
9:50	1.00	1.34
9:55	1.00	9.51
10:00	1.00	6.21
10:05	1.00	3.54
10:10	1.00	2.23
10:15	1.00	3.00
10:20	1.00	1.04
10:25	1.00	3.07
10:30	1.00	3.01
10:35	1.00	1.11
10:40	1.00	0.23
10:45	1.00	0.01
10:50	1.00	4.25
10:55	1.00	4.62
11:00	1.00	2.31

11:05	1.00	1.33
11:10	1.00	0.94
11:15	1.00	3.57
11:20	1.00	1.06
11:25	1.00	0.52
11:30	1.00	8.69
11:35	1.00	1.75
11:40	1.00	3.58
11:45	1.00	3.92
11:50	1.00	4.13
11:55	1.00	0.51
12:00	1.00	0.39
12:05	1.00	0.08
12:10	1.00	2.63
12:15	1.00	0.50
12:20	1.00	0.15
12:25	1.00	0.92
12:30	1.00	0.34
12:35	1.00	1.05
12:40	1.00	7.52
12:45	1.00	0.45
12:50	1.00	0.36
12:55	1.00	0.12
1:00	1.00	0.02
1:05	1.00	1.23
1:10	1.00	2.00
1:15	1.00	3.46
1:20	1.00	3.04
1:25	1.00	10.00
1:30	1.00	1.50
1:35	1.00	6.52
1:40	1.00	2.25
1:45	1.00	6.40
1:50	1.00	4.36
1:55	1.00	16.76
2:00	1.00	2.08
2:05	1.00	0.33
2:10	1.00	30.69
2:15	1.00	8.07

2:20	1.00	5.63
2:25	1.00	9.22
2:30	1.00	6.15
2:35	1.00	3.71
2:40	1.00	1.33
2:45	1.00	2.48
2:50	1.00	0.25
2:55	1.00	0.14
3:00	1.00	0.03
3:05	1.00	1.32
3:10	1.00	2.47
3:15	1.00	3.11
3:20	1.00	0.56
3:25	1.00	0.21
3:30	1.00	4.08
3:35	1.00	4.02
3:40	1.00	0.67
3:45	1.00	0.22
3:50	1.00	0.13
3:55	1.00	1.74
4:00	1.00	0.71
4:05	1.00	0.22
4:10	1.00	0.09
4:15	1.00	0.01
4:20	1.00	6.23
4:25	1.00	0.75
4:30	1.00	0.20
4:35	1.00	0.08
4:40	1.00	0.03
4:45	1.00	6.93
4:50	1.00	0.52
4:55	1.00	0.22
5:00	1.00	0.04
5:05	1.00	1.95
5:10	1.00	0.46
5:15	1.00	0.18
5:20	1.00	0.07
5:25	1.00	0.02
5:30	1.00	0.02

<b>Total</b>	329.31
<b>Promedio</b>	2.86

**FIGURA No 13. Variación horaria del caudal día Sábado.**



Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 35 Cálculo del caudal monitoreado día Domingo.**

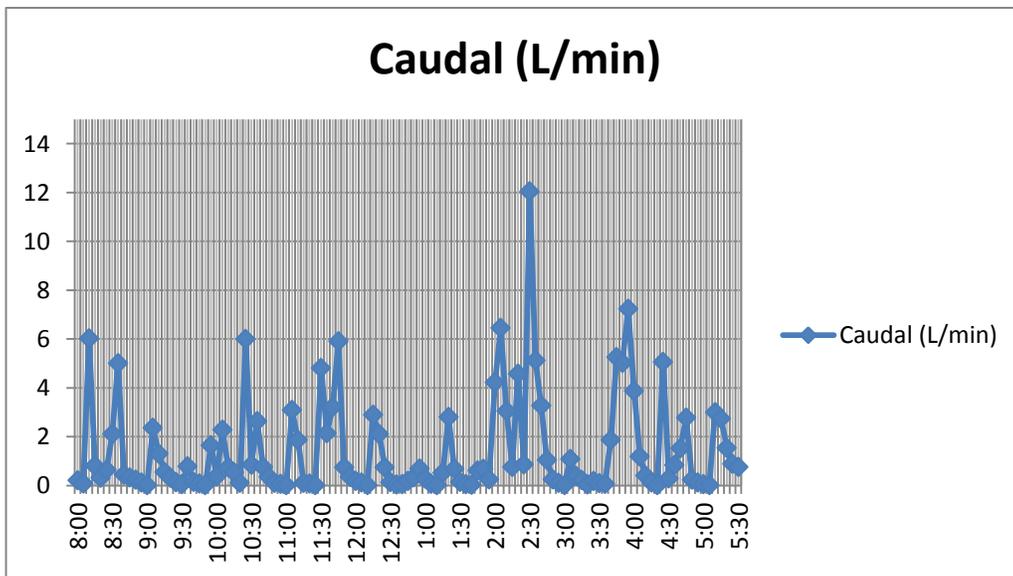
Hora(h)	Tiempo(min)	Caudal (L/min)
8:00	1.00	0.21
8:05	1.00	0.08
8:10	1.00	6.02
8:15	1.00	0.81
8:20	1.00	0.32
8:25	1.00	0.64
8:30	1.00	2.11
8:35	1.00	5.00
8:40	1.00	0.45
8:45	1.00	0.33
8:50	1.00	0.24
8:55	1.00	0.12
9:00	1.00	0.02
9:05	1.00	2.36
9:10	1.00	1.30
9:15	1.00	0.55
9:20	1.00	0.32

9:25	1.00	0.13
9:30	1.00	0.05
9:35	1.00	0.78
9:40	1.00	0.14
9:45	1.00	0.08
9:50	1.00	0.01
9:55	1.00	1.65
10:00	1.00	0.37
10:05	1.00	2.28
10:10	1.00	0.75
10:15	1.00	0.53
10:20	1.00	0.10
10:25	1.00	6.00
10:30	1.00	0.85
10:35	1.00	2.63
10:40	1.00	0.76
10:45	1.00	0.35
10:50	1.00	0.11
10:55	1.00	0.07
11:00	1.00	0.01
11:05	1.00	3.09
11:10	1.00	1.87
11:15	1.00	0.11
11:20	1.00	0.08
11:25	1.00	0.01
11:30	1.00	4.81
11:35	1.00	2.14
11:40	1.00	3.21
11:45	1.00	5.90
11:50	1.00	0.74
11:55	1.00	0.35
12:00	1.00	0.18
12:05	1.00	0.12
12:10	1.00	0.02
12:15	1.00	2.89
12:20	1.00	2.11
12:25	1.00	0.75
12:30	1.00	0.13
12:35	1.00	0.04

12:40	1.00	0.05
12:45	1.00	0.19
12:50	1.00	0.33
12:55	1.00	0.69
1:00	1.00	0.28
1:05	1.00	0.07
1:10	1.00	0.02
1:15	1.00	0.52
1:20	1.00	2.80
1:25	1.00	0.68
1:30	1.00	0.15
1:35	1.00	0.06
1:40	1.00	0.03
1:45	1.00	0.62
1:50	1.00	0.68
1:55	1.00	0.25
2:00	1.00	4.22
2:05	1.00	6.45
2:10	1.00	3.05
2:15	1.00	0.76
2:20	1.00	4.57
2:25	1.00	0.86
2:30	1.00	12.05
2:35	1.00	5.12
2:40	1.00	3.27
2:45	1.00	1.04
2:50	1.00	0.25
2:55	1.00	0.11
3:00	1.00	0.02
3:05	1.00	1.08
3:10	1.00	0.39
3:15	1.00	0.23
3:20	1.00	0.04
3:25	1.00	0.18
3:30	1.00	0.09
3:35	1.00	0.07
3:40	1.00	1.87
3:45	1.00	5.25
3:50	1.00	5.02

3:55	1.00	7.24
4:00	1.00	3.87
4:05	1.00	1.19
4:10	1.00	0.40
4:15	1.00	0.12
4:20	1.00	0.01
4:25	1.00	5.06
4:30	1.00	0.29
4:35	1.00	0.84
4:40	1.00	1.53
4:45	1.00	2.78
4:50	1.00	0.24
4:55	1.00	0.12
5:00	1.00	0.05
5:05	1.00	0.02
5:10	1.00	3.00
5:15	1.00	2.74
5:20	1.00	1.54
5:25	1.00	0.89
5:30	1.00	0.76
<b>Total</b>		163.18
<b>Promedio</b>		1.42

**FIGURA No 14. Variación horaria del caudal día Domingo.**



Fuente: Karen Fonseca.

### **ANEXO No. 3 Línea base de la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas.**

#### **7. LINEA BASE.**

Comprende el diagnóstico del sitio, donde se tendrá información necesaria y correctamente recopilada la cual medirá los cambios producidos en el ambiente, mediante el conocimiento e identificación del medio físico, biológico y socioeconómico; los cuales se encuentran dentro del área de influencia.

La obtención de los componentes analizados permitirá conocer las condiciones existentes y las capacidades que posee el ambiente, donde se desarrollan las actividades diarias del ser humano, siendo una herramienta primordial para la caracterización de los efectos causados al entorno.

Se va a describir la situación actual del lugar y evidenciar los impactos ambientales generados por la descarga sin previo tratamiento de las aguas residuales provenientes de las actividades realizadas resaltando las que causan mayor daño al ambiente como (alimentación, hospedaje y limpieza).

#### **7.1. MEDIO FÍSICO.**

##### **7.1.1. Superficie.**

La Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) se encuentra ubicada en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, Parroquia Urbana Lizarzaburu en la Av. Los Shyris 30-16 junto al puente del Río Chibunga.; posee una área de 6389.808 m<sup>2</sup> y una longitud de 406.456 m. Está localizada a una latitud de 01°40'43"S y longitud 78°40'9"W.

### **FOTOGRAFÍA No. 1 Sitio de estudio.**



**Fuente:** Karen Fonseca.

EL área de influencia comprende 100 m aproximadamente alrededor del lugar.

- **Área de Influencia Directa:** Concierno el área donde se prevé construir la planta de tratamiento de aguas residuales y la totalidad de las instalaciones de CESA.
- **Área de Influencia Indirecta:** Corresponde las áreas pobladas por dónde atraviesa el Río Chibunga y sus proximidades.

#### **7.1.2. Topografía.**

La topografía del sitio posee una pendiente relativamente plana con una mínima variación de alturas; el terreno se encuentra dentro de la zona urbana posee suelos nivelados, urbanizados. La orografía del área cercana está representada por cerros y lomas. (Instituto Geográfico Militar., 1991)

### 7.1.3. Geomorfología.

Es el conjunto de formas y accidentes geográficos de la corteza terrestre. El área de estudio se encuentra en el cantón en la Región Sierra, que es una barrera montañosa de entre 100 y 200 kilómetros de ancho, que tienen en general un paisaje compuesto por las cordilleras Occidental y Oriental, que se extienden paralelamente de sur a norte, con alturas medias de 4000 a 4500 m, separadas por depresiones interandinas cuyas altitudes varían de 1600 a 4500m, dentro del cantón Riobamba éstas varían desde los 1800 a los 6310m (Chimborazo) En el cantón se pueden observar grades formas propias de la región interandina (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba).

### 7.1.4. Clima.

La época lluviosa comprende los meses de febrero, marzo, abril y mayo; existe una época de escasa cantidad de lluvia, intervienen los meses de octubre, noviembre y diciembre. En la época seca se encuentran los meses de julio y agosto.

Posee un clima templado frío seco, siendo los meses de agosto, noviembre y diciembre los de mayor variación de temperaturas y los meses más fríos; febrero, marzo y abril son los meses más calurosos. (Estación Meteorológica de Recursos Naturales ESPOCH).

**TABLA No. 36 Aspectos climatológicos del lugar.**

<b>Parámetro</b>	<b>Medición</b>
<b>Velocidad del viento</b>	0.7 m/s
<b>Velocidad máxima promedio del viento</b>	2.0 m/s
<b>Velocidad mínima promedio del viento</b>	0.4 m/s
<b>Temperatura</b>	17.2 °C
<b>Sensación térmica</b>	17.2 °C
<b>Índice de estrés térmico</b>	14.2 °C
<b>Temperatura de bulbo húmedo</b>	2.5 °C
<b>Presión barométrica</b>	732.3 hPa
<b>Altitud</b>	2757 m.s.n.m

**Fuente:** Karen Fonseca.

**TABLA No. 37 Temperatura anual (°C).**

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Enero</b>	13.5	14.3	*14.1	*13.4	*14.5
<b>Febrero</b>	13.3	15.1	*13.7	*12.6	*13.3
<b>Marzo</b>	14.4	15.1	*14.3	*13.3	*14.2
<b>Abril</b>	14.1	14.7	*13.3	*13.1	*14.2
<b>Mayo</b>	13.9	14.6	*13.5	*12.6	*13.9
<b>Junio</b>	13.2	13.2	*13.0	*12.4	*13.0
<b>Julio</b>	12.9	13.3	*12.2	*12.4	*12.3
<b>Agosto</b>	13.3	12.2	*12.9	*12.2	*12.7
<b>Septiembre</b>	13.3	13.0	*16.7	*12.1	*13.1
<b>Octubre</b>	14.4	13.9	*14.0	*13.5	*13.8
<b>Noviembre</b>	14.9	13.7	*13.7	*13.6	*14.2
<b>Diciembre</b>	15.1	13.8	*13.4	*14.1	*14.1
<b>Promedio anual</b>	<b>13.86</b>	<b>13.91</b>	<b>13.73</b>	<b>12.94</b>	<b>13.61</b>

\*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

**TABLA No. 38 Precipitación anual (mm).**

<b>Precipitación (mm)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Enero</b>	*61.5	*1.1	*44.6	*61.1	*9.6
<b>Febrero</b>	*50.2	*32.9	*137.1	*58.9	*90.5
<b>Marzo</b>	*27.5	*29.4	*43.7	*28.8	*29.9
<b>Abril</b>	*34.9	*81.1	*148.2	*79.0	*43.8
<b>Mayo</b>	*28.2	*60.2	*34.7	*23.3	*68.5
<b>Junio</b>	*27.2	*51.7	*30.6	*11.2	*17.3
<b>Julio</b>	*17.2	*51.0	*22.8	*6.9	*6.0
<b>Agosto</b>	*4.3	*13.4	*11.0	*17.4	*8.5
<b>Septiembre</b>	*2.0	*28.2	*27.3	*14.5	*6.6
<b>Octubre</b>	*59.6	*64.0	*17.0	*104.8	*49.3
<b>Noviembre</b>	*20.6	*104.6	*125.5	*45.7	*37.2
<b>Diciembre</b>	*19.6	*75.8	*68.9	*12.8	*18.2
<b>Promedio anual</b>	-	-	-	-	-

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

\*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

**TABLA No. 39 Punto de rocío anual (°C).**

<b>Punto de rocío (°C)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Enero</b>	*9.7	*8.5	*7.9	*10.0	*10.0
<b>Febrero</b>	*8.7	9.4	9.4	9.0	10.4
<b>Marzo</b>	9.0	9.6	7.8	9.1	10.1
<b>Abril</b>	8.7	10.5	9.8	9.9	9.6
<b>Mayo</b>	8.6	9.6	9.1	9.1	10.1
<b>Junio</b>	8.6	9.9	8.6	9.8	8.7
<b>Julio</b>	7.2	7.9	7.9	8.3	7.7
<b>Agosto</b>	7.3	6.3	7.9	7.4	7.7
<b>Septiembre</b>	6.3	6.9	9.0	7.8	7.4
<b>Octubre</b>	8.3	7.7	5.9	9.5	9.1
<b>Noviembre</b>	7.7	9.6	8.0	10.0	8.5
<b>Diciembre</b>	9.2	9.0	9.5	9.0	8.9
<b>Promedio anual</b>	<b>8.28</b>	<b>8.74</b>	<b>8.40</b>	<b>9.08</b>	<b>9.02</b>

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

\*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

**TABLA No. 40 Tensión del vapor anual (mlb).**

<b>Tensión del vapor (mlb)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Enero</b>	*12.0	*11.1	*10.7	*12.3	*12.3
<b>Febrero</b>	*10.8	*11.9	*11.9	*11.2	*12.6
<b>Marzo</b>	*11.5	*12.0	*10.1	*11.6	*12.4
<b>Abril</b>	*11.1	*12.6	*12.1	*11.5	*12.0
<b>Mayo</b>	*11.2	*12.2	*11.6	*11.6	*12.4
<b>Junio</b>	*11.2	*12.5	*11.1	*14.7	*11.3
<b>Julio</b>	*10.4	*10.8	*10.9	*10.9	*10.5
<b>Agosto</b>	*10.3	*9.6	*10.6	*10.4	*10.6
<b>Septiembre</b>	*9.6	*10.0	*9.1	*10.5	*10.4
<b>Octubre</b>	*11.3	*10.6	*9.7	*11.9	*11.5
<b>Noviembre</b>	*10.4	*10.7	*10.9	*12.3	*11.1
<b>Diciembre</b>	*11.7	*11.6	*12.1	*11.6	*11.4
<b>Promedio anual</b>	<b>10.96</b>	<b>11.30</b>	<b>10.90</b>	<b>11.71</b>	<b>11.54</b>

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

\*Fuente: Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

**TABLA No. 41 Velocidad del viento anual (m/s).**

<b>Velocidad del viento (m/s)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Enero</b>	2.0	2.8	*1.9	*1.8	*2.1
<b>Febrero</b>	2.0	2.7	1.6	*1.6	*1.7
<b>Marzo</b>	2.3	2.6	1.6	*1.9	*2.3
<b>Abril</b>	2.2	2.1	1.4	*1.5	*2.1
<b>Mayo</b>	2.3	2.1	1.6	*2.0	*1.9
<b>Junio</b>	2.4	2.1	2.0	*2.2	*2.4
<b>Julio</b>	2.8	2.2	1.8	*2.3	*2.5
<b>Agosto</b>	2.9	2.4	1.8	*2.0	*2.2
<b>Septiembre</b>	3.2	2.4	1.7	*2.5	*2.4
<b>Octubre</b>	2.4	2.2	1.9	*2.0	*2.3
<b>Noviembre</b>	2.5	1.8	2.2	*1.7	*2.1
<b>Diciembre</b>	2.4	2.0	1.8	*2.1	*2.3
<b>Promedio anual</b>	<b>2.45</b>	<b>2.28</b>	<b>1.78</b>	<b>1.92</b>	<b>2.19</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

**\*Fuente:** Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

**TABLA No. 42 Humedad atmosférica anual (%).**

<b>Humedad atmosférica (%)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Enero</b>	*76.3	*54.7	*62.1	*65.8	*50.5
<b>Febrero</b>	*71.1	*63.6	*69.5	*60.4	*66.8
<b>Marzo</b>	*68.1	*62.4	*60.3	*58.5	*63.4
<b>Abril</b>	*68.6	*70.4	*74.4	*61.7	*61.3
<b>Mayo</b>	*69.0	*69.0	*69.4	*62.3	*66.4
<b>Junio</b>	*70.8	*76.6	*61.6	*55.9	*61.1
<b>Julio</b>	*65.0	*64.8	*61.7	*57.5	*60.7
<b>Agosto</b>	*61.8	*52.3	*56.8	*89.5	*58.9
<b>Septiembre</b>	*53.8	*56.9	*57.7	*53.7	*55.8
<b>Octubre</b>	*68.9	*66.5	*51.6	*60.9	*58.5
<b>Noviembre</b>	*55.0	*61.8	*58.9	*55	*64.6
<b>Diciembre</b>	*60.4	*67.9	*68.3	*46.7	*62.7
<b>Promedio anual</b>	<b>65.73</b>	<b>63.91</b>	<b>62.69</b>	<b>60.66</b>	<b>60.89</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

**\*Fuente:** Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

**TABLA No. 43 Presión atmosférica anual (mmhg).**

<b>Presión atmosférica (mmhg)</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Enero</b>	576.4	576.3	*547.1	576.3	*548.2
<b>Febrero</b>	576.3	576.3	*547.5	576.3	*547.7
<b>Marzo</b>	576.3	576.4	547.5	576.3	*548.3
<b>Abril</b>	576.4	576.4	548.1	588.3	*548.6
<b>Mayo</b>	576.4	576.5	548.2	603.2	*548.8
<b>Junio</b>	576.4	576.5	548.4	603.2	*548.5
<b>Julio</b>	576.4	576.5	548.1	603.2	*548.5
<b>Agosto</b>	576.4	576.5	548.8	603.2	*548.4
<b>Septiembre</b>	576.4	576.4	548.8	603.2	*548.5
<b>Octubre</b>	576.3	576.4	547.7	603.2	*548.1
<b>Noviembre</b>	576.3	576.3	547.7	603.2	*547.4
<b>Diciembre</b>	576.3	576.2	547.4	603.2	*547.8
<b>Promedio anual</b>	<b>576.36</b>	<b>576.39</b>	<b>547.94</b>	<b>595.23</b>	<b>548.23</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias (ESPOCH).

**\*Fuente:** Estación Meteorológica de Recursos Naturales (ESPOCH).

### **7.1.5. Hidrografía.**

La microcuenca del río Chibunga está conformada por las quebradas: Calpi, Santa Bárbara, Amalfihuaycu, Penicahuan, Yaruquíes, Puchalín, Melanquis, forma parte de la red fluvial del río Chambo. Su subcuenca va desde la unión con el río Cajabamba hasta su descarga en río Chambo.

Además la red fluvial se alimenta por algunos ríos pequeños como: Las Calderas, Pasguazo, Ballagan, Macgluc y otros. (Instituto Geográfico Militar., 1991)

### **7.1.6. Hidrología.**

El río Chibunga nace en los deshielos de las estribaciones del lado sur del nevado Chimborazo; la trayectoria del cauce es noreste a sureste, hasta su paso por la ciudad de Riobamba. Sus principales afluentes son el río Chimborazo y el río Sicalpa, posteriormente

se junta con el río Chambo y sigue su curso hasta unirse con el río Patate para formar el río Pastaza. (Instituto Geográfico Militar., 1991)

#### **7.1.7. Uso del agua.**

Los usos actuales del río Chibunga son diversos debido a la actividad antrópica del lugar; se utiliza para abastecimiento de agua en la agricultura, ganadería y vida silvestre, lavado de ropa y descargar de agua residual.

#### **7.1.8. Características del suelo.**

El suelo del área de estudio, posee una textura franco arenoso, una estructura generalmente suelta y un alto drenaje; no se ha observado presencia de rocas grandes en la zona.

#### **7.1.9. Asignación de uso de suelo.**

La zonificación de los usos del suelo está orientada a cumplir con los lineamientos de ordenamiento territorial, como son la concentración urbana (promoviendo el crecimiento en altura), limitar el crecimiento disperso (a través de la generación de las áreas urbanas de baja densidad y de descanso), mejorar la movilidad (desconcentrando actividades hacia las periferias), e incorporando áreas que en el tiempo se han constituido en urbanas ya que demandan servicios que permitan elevar su nivel de vida.( Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la ciudad de Riobamba.)

#### **7.1.10. Uso de suelo.**

Debido al gran porcentaje de suelo intervenido de manera antrópica, se puede decir q su principal uso es en, viviendas, tiendas de víveres, edificaciones y una mínima parte de uso agrícola y ganadero.

## 7.2.MEDIO BIÓTICO.

La actividad humana ha ido modificando el hábitat natural de animales y plantas disminuyendo su diversidad de especies de flora y fauna que ocupan el área de estudio.

### 7.2.1. Flora.

**TABLA No. 44 Caracterización de la flora del sector.**

<b>Imagen</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
	Myrtaceae	Eucalyptus	E. globulus	Eucalipto
	Asteraceae	Fransaria	Artemisoides	Marco
	Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>Floribunda</i>	Chilca

	Cacteaceae	<i>Opuntia ficus</i>	<i>Indica</i>	Tuna
	Geraniaceae	<i>Pelargonium</i>	<i>Zonale</i>	Geranio
	Gramínea	<i>Pennisetum</i>	<i>Clandestinum</i>	Kikuyo
	Asteraceae	<i>Taraxacum</i>	<i>Officinale</i>	Diente de león
	Malvaceae	<i>Hibiscus</i>	<i>Rosa-sinensis</i>	Cucarda

	Cupressaceae	<i>Cupressus</i>	<i>Macrocarpa</i>	Ciprés
	Rutaceae	<i>Citrus</i>	Citrus limon	Limón
	Rosaceae	<i>Prunus</i>	<i>P. persica</i>	Durazno
	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de árbol
	Myrtaceae	<i>Callistemon</i>	C. citrinus	Árbol del cepillo

	Poaceae	<i>Zea</i>	<i>Mays</i>	Maíz
	Arecaceae	<i>Phoenix</i>	Canariensis	Palmera Canaria
	<i>Arecaceae</i>	<i>Phoenix</i>	<i>Roebelenii</i>	Palmera
	Arecaceae	<i>Trachycarpus</i>	<i>Fortunei</i>	Palma abanico
	Poaceae	<i>Cortaderia</i>	Nitida	Sigse

	Onagraceae	<i>Fushcia</i>	<i>Ampliata</i>	Arete
	Tiliáceas	<i>Tilia</i>	<i>Platyphyllos</i>	Tilo
	Asteraceae	<i>Matricaria</i>	<i>M. chamomilla</i>	Manzanilla

Fuente: Karen Fonseca.

7.2.2. Fauna.

TABLA No. 45 Caracterización de las aves del sector.

AVES				
Imagen	Familia	Género	Especie	Nombre Común
	Emberizadae	<i>Zonotrichia</i>	<i>Capensis</i>	Chingolo
	Turdidae	<i>Turdus</i>	<i>Fuscater</i>	Mirlo grande
	Columbidae	<i>Columba</i>	<i>Livia</i>	Paloma
	Columbid-ae	<i>Zenaida</i>	<i>Auriculata</i>	Tórtola

	Trochilidae	<i>Colibri</i>	<i>Coruscans</i>	Colibrí
---	-------------	----------------	------------------	---------

Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 46 Caracterización de los mamíferos del sector.**

<b>MAMÍFEROS</b>				
<b>Imagen</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
	Canidae	<i>Canis</i>	<i>Lupus familiaris</i>	Perro
	Felidae	<i>Felis</i>	<i>F. silvestris</i>	Gato
	Bovidae	<i>Ovis</i>	<i>O. orientalis</i>	Oveja

	Bovidae	<i>Bos</i>	<i>B. primigenius</i>	Vaca
	Muridae	<i>Rattus</i>	<i>Rattus novergicus</i>	Rata

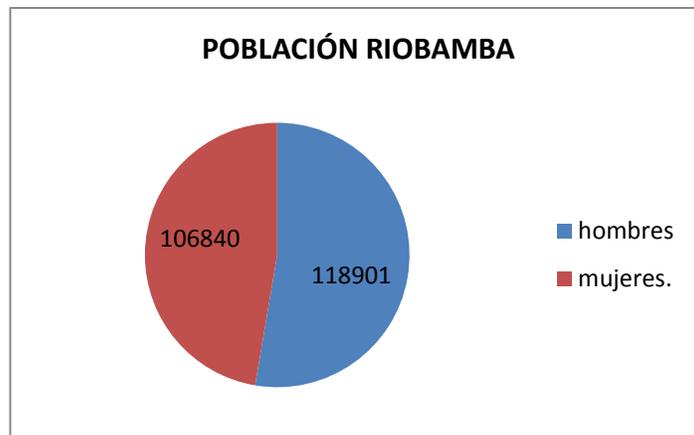
Fuente: Karen Fonseca.

### 7.3.MEDIO SOCIOECONÓMICO.

#### 7.3.1. Demografía.

En el Cantón Riobamba, existen alrededor 225741 habitantes, estructurados en 118901 hombres y 106840 mujeres. (Censo Nacional de Población y Vivienda 2010).

**FIGURA No. 15 Población.**



Fuente: ( Censo Nacional de Población y Vivienda 2010).

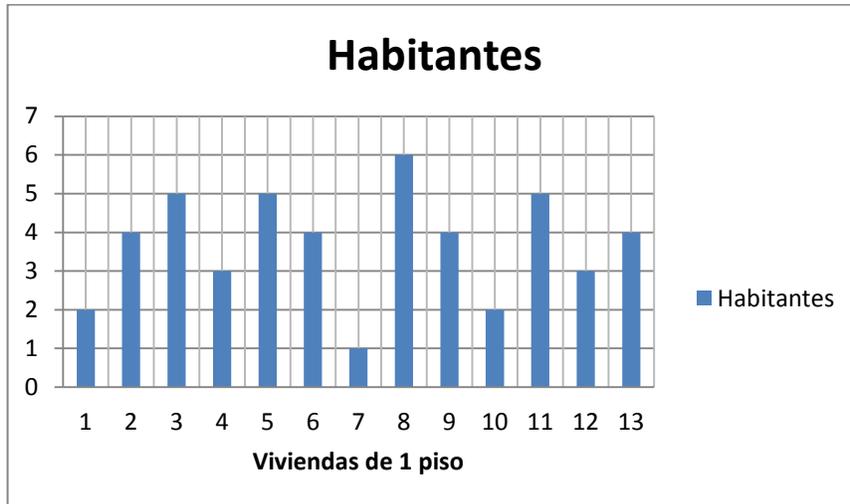
El área de estudio cuenta con una población total 149 de habitantes distribuidas en 30 viviendas habitadas y 8 viviendas abandonadas o en construcción construidas generalmente de bloque y ladrillo.

**FIGURA No. 16 Viviendas.**



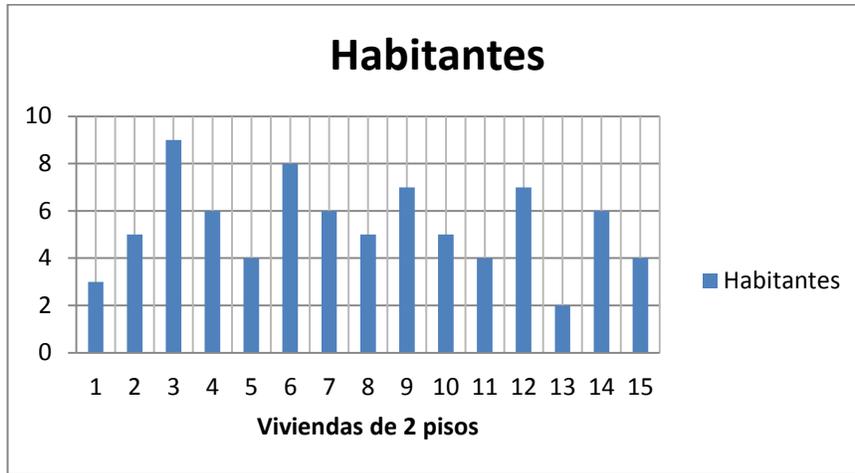
Fuente: Karen Fonseca.

**FIGURA No. 17 Habitantes en viviendas de 1 piso.**



Fuente: Karen Fonseca.

**FIGURA No. 18 Habitantes en viviendas de 2 pisos.**



Fuente: Karen Fonseca.

**FIGURA No. 19 Habitantes en viviendas de 3 pisos.**



Fuente: Karen Fonseca.

### 7.3.2. Educación.

Debido a que este sector se encuentra dentro del cantón Riobamba, los habitantes estudian en academias, institutos, escuelas, colegios y universidad del cantón para así poder adquirir conocimientos. Teniendo como nivel de estudio el siguiente:

**FIGURA No. 20 Nivel de estudio.**



Fuente: Karen Fonseca.

### **7.3.3. Salud.**

En lo que respecta a salud el cantón Riobamba posee 21.25% de personas afiliadas al seguro público, 8.52% de las personas cuentan con seguro privado, se sabe también que 69.76% de las personas no aportan al seguro público. (Censo Nacional de Población y Vivienda 2010).

En el cantón se registra la presencia de un Hospital General, dos hospitales especializados y nueve centros de salud (Ministerio de Salud).

### **7.3.4. Servicios básicos.**

El área de influencia cuenta con los siguientes servicios básicos:

#### **7.3.4.1. Agua potable.**

Como el área de influencia se encuentra en el Cantón Riobamba, el agua potable es suministrada por la reserva el Pedregal que se encuentra en la zona 4; esta fuente de abastecimiento se encuentran en buen estado, cuentan con los cerramientos y seguridades

necesarias. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la ciudad de Riobamba.) Todos los habitantes disponen de este servicio.

**TABLA No. 47 Ubicación de la captación.**

Captación	Coordenadas		Cota
	E	N	msnm
Pedregal	759.077	9'813.567	2783

Fuente: EP-EMAPAR.

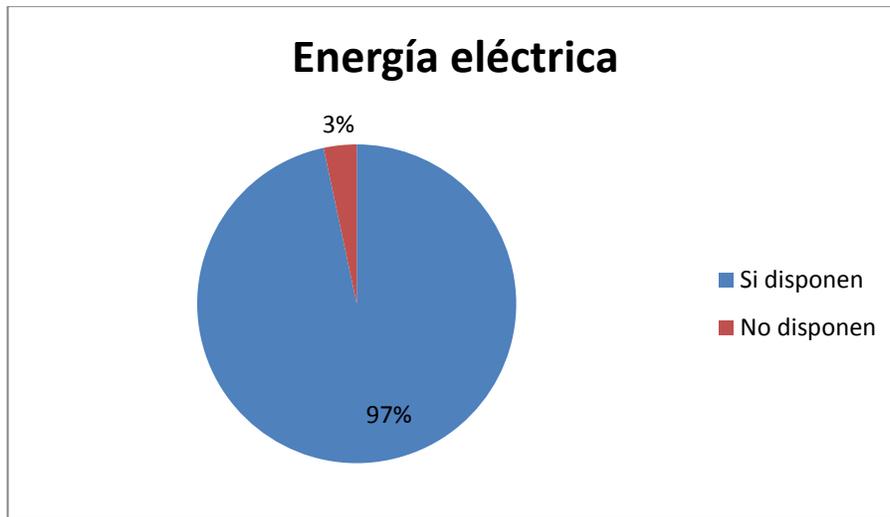
#### **7.3.4.2. Alcantarillado.**

Usa la red de la subcuencas Yaruquies y Batán que se encuentran al sur-oeste de la ciudad, adyacente al río Chibunga y Yaruquies, aproximadamente a 2 km de la circunvalación sur. Se conducen las aguas residuales domésticas hacia el río Chibunga, sin tratamiento alguno, los colectores pluviales del Batán descargan al río Chibunga y a la quebrada el Bunque, y los de Yaruquies a la quebrada Puctus, estas dos quebradas son afluentes del río Chibunga. Los habitantes que no usan el alcantarillado designada para este sector; lo descargan directamente al Río Chibunga. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la ciudad de Riobamba.)

#### **7.3.4.3. Energía eléctrica.**

El servicio de energía eléctrico se encuentra administrado y operado por la Empresa Eléctrica Riobamba S. A. ubicada en el centro de la ciudad en las calles Larrea 22-60 y Primera Constituyente. En el área de influencia la mayoría de familias disponen del servicio durante las 24 horas del día.

**FIGURA No. 21 Energía eléctrica.**

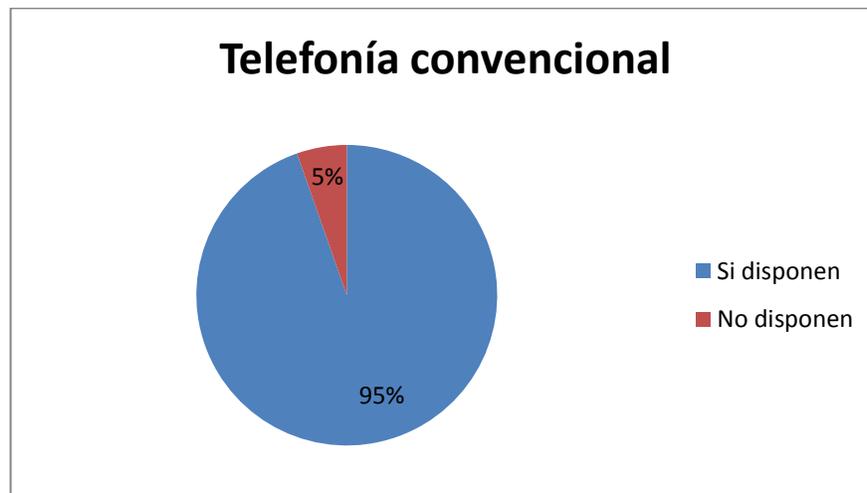


Fuente: Karen Fonseca.

#### **7.3.4.4.Telefonía.**

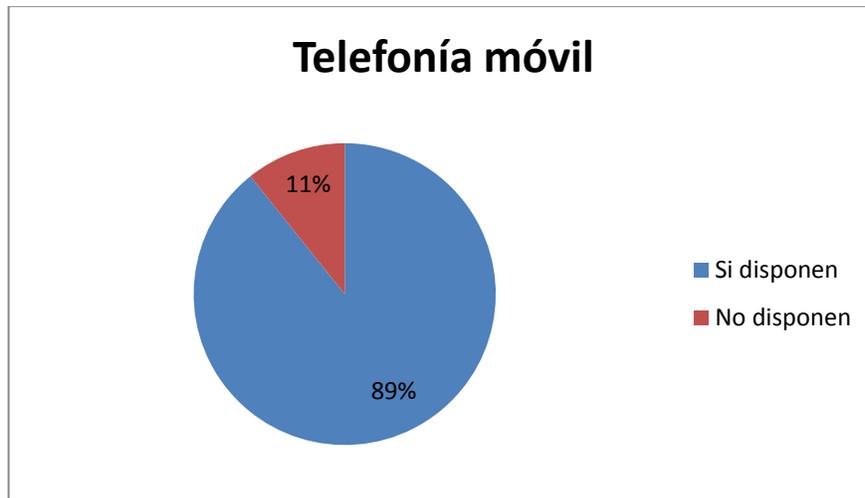
En el sector debido a la necesidad y comodidad de los habitantes la mayoría poseen telefonía móvil y telefonía convencional.

**FIGURA No. 22 Telefonía convencional**



Fuente: Karen Fonseca.

**FIGURA No. 23 Telefonía móvil.**



Fuente: Karen Fonseca.

#### **7.3.4.5. Transporte.**

Cuenta con servicio de transporte urbano, también tiene acceso a transporte particular.

#### **7.3.4.6. Disposición de desechos sólidos.**

Los desechos producidos en el sector son eliminados a través de un sistema de recolección municipal el cual se realiza pasando un día de manera rotativa y está a cargo de la comisión de Higiene y Salubridad de la Ilustre Municipalidad de Riobamba, sin embargo para la cantidad de basura que generan los habitantes del lugar no es suficiente este servicio, por lo que se observa basura en las veredas y en las riberas del río Chibunga. Toda la basura recolectada en el cantón es colocada en el relleno sanitario en la comunidad de Portón ubicada en la Parroquia Cubijés a 7 Km. de la ciudad. (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la ciudad de Riobamba.)

### **7.3.5. Economía.**

Los pobladores realizan diversas actividades económicas las principales se encuentran:

#### **7.3.5.1.Ocupación laboral.**

En el sector se localizan gran cantidad de negocios propios tales como: tienda de víveres, cabinas telefónicas y servicio de internet, carpintería, gimnasio, ferretería, lubricadora, bloquera, taller mecánico, los cuales proveen de sustento a los habitantes.

En el sector predomina el cultivo de legumbres y hortalizas, poseen escasas de agua para riego, debido a esto suministran su necesidad con el agua del Rio Chibunga y también existe la presencia de ganado vacuno, bovino que suplen sus necesidades con la misma agua.

Los habitantes que no laboran en el área de influencia como se encuentran dentro del Cantón Riobamba se dirigen a diversas partes del mismo donde cumplen sus funciones de empleados públicos generalmente.

### **7.3.6. Participación Ciudadana.**

#### **7.3.6.1. Encuestas.**

Se realizó encuestas mediante la indagación a la población que se encuentra dentro del área de influencia, la misma que está formada por 149 habitantes obteniendo información de manera cordial y participativa, con preguntas claras y acordes al tema de interés.

#### **7.3.6.2.Modelo de Encuesta.**

El modelo de encuesta se presenta a continuación en el Anexo 1.

**7.3.7. Descripción y Evaluación de los Impactos Ambientales.**

Se utilizó la matriz de causa – efecto identificando así los impactos del proyecto sobre el entorno.

**TABLA No. 48 Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.**

COMPONENTES	ACTIVIDADES									IMPACTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN									
	1. FINANCIERA	2. COMUNICACIÓN INTERNA Y EXTERNA	3. DESARROLLO DE PROYECTOS	4. SERVICIO DE ALIMENTACIÓN	5. CAPACITACIONES	6. SERVICIO DE HOSPEDAJE	7. RECREACIÓN	8. ALMACENAMIENTO	9. LIMPIEZA		NATURALEZA	MAGNITUD	IMPORTANCIA	CERTEZA	TIPO	REVERSIBILIDAD	DURACIÓN	TIEMPO EN APARECER	CONSIDERADO EN EL PROYECTO	PONDERACIÓN
A. AIRE				X		X		X	X	Emisión de olores	(-)	1	2	C	Pr	2	2	C	S	6
				X		X		X	X	Emisión de polvo	(-)	1	2	P	Pr	2	2	C	S	6
B. AGUA				X		X		X		Incremento de aguas residuales	(-)	2	3	C	Ac	2	3	M	S	11
				X		X		X		Incremento de carga orgánica(DBO, DQO)	(-)	2	3	C	Pr	2	3	M	S	11
						X		X		Presencia de materia inorgánica	(-)	2	2	P	Sc	2	3	M	S	9
				X		X		X		Alteración microbiana	(-)	2	2	C	Pr	2	3	M	S	9
C. SUELO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Generación de desechos sólidos	(-)	2	2	C	Pr	2	3	C	S	9
				X		X		X		Alteración microbiana	(-)	1	2	D	Sc	2	2	M	S	6
D. FLORA Y FAUNA						X		X		Pérdida de biodiversidad	(-)	2	2	P	Sc	2	2	M	N	8
				X		X		X		Aparecimiento de fauna nociva	(-)	2	3	C	Sc	1	3	C	N	10
E. SOCIO ECONÓMICO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Generación de empleo	(+)	2	2	C	Pr	1	3	C	S	8
						X		X		Riesgo a la salud	(-)	2	3	C	Sc	1	1	M	S	8
				X		X		X		Incremento en ingresos económicos	(+)	2	2	P	Pr	1	3	C	S	8
				X		X		X		Mejoramiento de la calidad de vida	(+)	2	3	C	Ac	1	3	M	S	10
F. PAISAJE					X		X	X	Degradación del paisaje natural	(-)	2	3	C	Sc	2	3	M	S	11	

Fuente: Karen Fonseca.

**TABLA No. 49 Matriz de cuantificación de impactos ambientales.**

COMPONENTES	ACTIVIDADES									TOTAL DE IMPACTOS POSITIVOS	TOTAL DE IMPACTOS NEGATIVOS	TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
A. AIRE				-6		-6		-6	-6		24	54
				-6		-6	-6	-6	-6		30	
B. AGUA				-11		-11	-11		-11		44	122
				-11		-11			-11		33	
						-9			-9		18	
				-9		-9			-9		27	
C. SUELO	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9		81	105
				-6		-6	-6		-6		24	
D. FLORA Y FAUNA							-8		-8		16	66
				-10		-10	-10	-10	-10		50	
E. SOCIO ECONÓMICO	8	8	8	8	8	8	8	8	8	72		186
							8		8	16		
		8	8	8	8	8	8			48		
		10	10		10		10		10	50		
F. PAISAJE						-11	-11		-11		33	33
TOTAL DE IMPACTOS POSITIVOS	8	26	26	16	26	16	34	8	26	372		
TOTAL DE IMPACTOS NEGATIVOS	9	9	9	68	9	88	61	31	96		760	
TOTAL	17	35	35	84	35	104	95	39	122			1132

Fuente: Karen Fonseca.

**ANEXO No. 4 Fotografías del trabajo de campo.**



**FOTOGRAFÍA No. 2 Equipo Topográfico.**



**FOTOGRAFÍA No. 3 Nivelación del jalón.**



**FOTOGRAFÍA No. 4 Puntos georreferenciados.**



**FOTOGRAFÍA No. 5 Levantamiento Topográfico.**



**FOTOGRAFÍA No. 6 Encuesta socioeconómica en el área de influencia.**



**FOTOGRAFÍA No. 7 Encuesta para la cuantificación del caudal en el sitio de estudio.**



**FOTOGRAFÍA No. 8 Medición de parámetros meteorológicos.**



**FOTOGRAFÍA No. 9 Descarga de agua residual.**



**FOTOGRAFÍA No. 10** Medición de caudales mínimos.



**FOTOGRAFÍA No. 11** Medición de caudales máximos.



**FOTOGRAFÍA No. 12 Medición de PH y T (in situ).**



**FOTOGRAFÍA No. 13 Toma de muestras.**



**FOTOGRAFÍA No. 14 Muestra compuesta.**

**ANEXO No. 5. Resultado del análisis físico, químico y microbiológico.**

**ESPOCH**

**LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS**

Casilla 06-01-4703      Telefax: 2998 200 ext 332      Riobamba - Ecuador

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

Análisis solicitado por: Srta. Karen Fonseca Silva

Fecha de Análisis: 24 de enero del 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 3 de febrero de 2014

Tipo de muestras: Agua Residual doméstica

Localidad: CESA Riobamba

Código LAT/013-14

**Análisis Químico**

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	6.97
Conductividad	μSiems/cm	2510-B		1820
Temperatura	°C			17.5
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	1460.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	710.0
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	20.1
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	7.9
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-B		876.0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-D	1	11.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-C	100	1090.0

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez, RCH  
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

# ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS  
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

## INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Srta. Karen Fonseca Silva

Fecha de Análisis: 6 de febrero del 2014

Fecha de Entrega de Resultados: 14 de febrero de 2014

Tipo de muestras: Agua Residual doméstica

Localidad: CESA Riobamba

Código LAT/025-14

### Análisis Químico

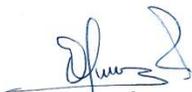
Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Und.	4500-B	5-9	7.92
Conductividad	$\mu$ Siems/cm	2510-B		1510
Temperatura	°C			16.4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	250	710.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	100	512.0
Fosfatos	mg/L	4500- P-D	10	23.1
Nitratos	mg/L	4500-NO3 C	10	8.0
Sólidos Disueltos	mg/L	2540-B		897.0
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540-D	1	5
Sólidos Suspendedos	mg/L	2540-C	100	980.0

\*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

\*\*TULAS TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 2671  
**ST:** 13 – 1282 ANÁLISIS DE AGUAS

**Nombre Peticionario:** Cesa Riobamba  
**Atn.** Srta. Karen Fonseca Silva  
**Dirección:** Av. Los Shyris 30-16

**FECHA:** 16 de Diciembre del 2013  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2013 / 12 / 06 – 15:20  
**FECHA DE MUESTREO:** 2013 / 12 / 06 – 08:00-13:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2013 / 12 / 06 - 2013 / 12 / 16  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua residual  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-A 4229-13  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Descarga agua residual  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Karen Fonseca  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	612,6	0,3	±1%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	5,25	0,5	±15%

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 12 del TULSMA

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



  
Ing. Marcela Erazo  
JEFE DE LABORATORIO

 <p><b>LABCESTTA</b> Tecnología &amp; Soluciones SGC</p>	<p align="center"><b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b></p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	 <p align="center"><b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b> N° OAE LE 2C 06-008</p>
---	---	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 104  
**ST:** 14 - 037 ANÁLISIS DE AGUAS  
**Nombre Peticionario:** Cesa Riobamba  
**Atn.** Srta. Karen Fonseca Silva  
**DIRECCIÓN:** Av. Los Shyris 30-16  
**FECHA:** 03 de Febrero del 2014  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2014 / 01 / 24 - 15:30  
**FECHA DE MUESTREO:** 2014 / 01 / 24 - 08:00-13:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2014 / 01 / 24- 2014 / 02 / 03  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua residual  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-A 089-14  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Descarga Agua residual  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico.  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Karen Fonseca  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

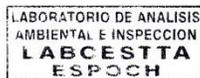
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	4,80	0,3	±15%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	321	0,5	±1%

**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 12 del TULSMA

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**

 <b>LABCESTTA</b> Tecnología & Soluciones SGC	<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</b> Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

**INFORME DE ENSAYO No:** 183  
**ST:** 14 - 061 ANÁLISIS DE AGUAS  
**Nombre Peticionario:** Cesa Riobamba  
**Atn.** Srta. Karen Fonseca Silva  
**Dirección:** Av. Los Shyris 30-16  
**FECHA:** 15 de Febrero del 2014  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2014 / 02 / 06 - 16:00  
**FECHA DE MUESTREO:** 2014 / 02 / 06 - 08:00-13:00  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2014 / 01 / 06- 2014 / 02 / 15  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua residual  
**CÓDIGO LABCESTTA:** LAB-A 133-14  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** Descarga Agua residual  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Químico.  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Karen Fonseca  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	6,80	0,3	±15%
Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	730,6	0,5	±1%

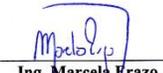
**OBSERVACIONES:**

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 12 del TULSMA

**RESPONSABLES DEL INFORME:**

  
**Dr. Mauricio Alvarez**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**



  
**Ing. Marcela Erazo**  
**JEFE DE LABORATORIO**



Contáctanos: 032 942-022 ó 0984648617 – 032 360-260  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Riobamba – Ecuador

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL**

**CÓDIGO: 500-2013**

<b>CLIENTE:</b> Srta. Karen Fonseca Silva	
<b>DIRECCION:</b> Avenida de los Shiris 30-16	<b>TELEFONO:</b> 2962080
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua residual doméstica.	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 2013-12-06	
<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:</b> 2013-12-06	

DETERMINACIONES	MÉTODO USADO	VALOR ENCONTRADO
<i>Coliformes Totales UFC/100 ml</i>	Filtración por membrana	$2.6 \times 10^5$
<i>Coliformes Fecales UFC/100 ml</i>	Filtración por membrana	$1.2 \times 10^6$

<b>OBSERVACIONES:</b>
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> 2013-12-06
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 2014-01-08
<b>RESPONSABLES:</b>
  
<b>Dra. Gina Álvarez</b> <small>Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos</small> <b>Dra. Fabiola Villa</b>

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.  
\*La muestra es receptada en el laboratorio



Contáctanos: 093387300 - 032924322 ó 0984648617 - 03360-260

Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes

Riobamba - Ecuador

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA**

**CÓDIGO 36-14**

<b>CLIENTE:</b> Srta. Karen Fonseca		
<b>DIRECCIÓN:</b> Avenida de los Shiris 30-16		<b>TELÉFONO:</b> 032 962 080
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Agua residual doméstica.		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 24 de enero de 2014		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 24 de enero de 2014		
<b>EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Amarillenta		
OLOR: Desagradable		
ASPECTO: Presencia de sólidos suspendidos		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>RESULTADO</b>
<i>Coliformes Totales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	$2.8 \times 10^4$
<i>Coliformes fecales UFC/100ml</i>	Filtración por membrana	$4.0 \times 10^3$
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 24 de enero de 2014		
<b>FECHA DE ENTREGA :</b> 29 de enero de 2014		
<b>RESPONSABLES:</b>		
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		
 <b>Dra. Fabiola Villa</b>		
<p>El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables. *Las muestras son receptadas en laboratorio.</p>		



**ANEXO No. 6 Plano topográfico.**

**ANEXO No. 7 Plano del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.**

