

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA AMBIENTAL E INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:  
DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO  
CAMPUS SUR**

**AUTORES:  
KARLA MARÍA ROGEL CANDO  
MARCOS ALEJANDRO GALLARDO MORALES**

**DIRECTOR:  
RENATO GABRIEL SÁNCHEZ PROAÑO**

**Quito, noviembre del 2014**

**DECLARATORÍA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, noviembre 2014

---

Karla María Rogel Cando

C.C. 1723895601

---

Marcos Alejandro Gallardo Morales

C.C. 1721111191

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia y amigos por el apoyo incondicional recibido desde el principio de mi carrera.

**Karla Rogel Cando**

Se lo dedico a mis padres, mi tía, hermanos y sobrinos a quien quiero mucho.

**Marcos Gallardo Morales**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que directa o indirectamente estuvieron apoyándome desde el inicio.

A mis profesores desde el primer semestre de formación, ya que todos brindaron un granito de arena para formar el profesional que hoy escribe estas palabras.

Y finalmente a mi familia. Gracias Totales.

**Karla Rogel Cando**

Agradezco a mi familia que siempre ha estado conmigo apoyándome, a toda la gente con la que compartí un pequeño pero inolvidable trecho en este andar y a todos los maestros que transmitieron sus enseñanzas, su experiencia como profesionales y como personas, en especial a nuestro tutor el Ingeniero Renato Sánchez un profesor excepcional y al Ingeniero Miguel Araque por su constante ayuda.

**Marcos Gallardo Morales**

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
1.1 Contaminación de efluentes domésticos .....	3
1.2 Contaminación de efluentes de laboratorio .....	6
1.3 Aguas residuales de escorrentía .....	7
1.4 Tratamientos de efluentes según sus características .....	8
1.4.1 Tratamiento primario.....	8
1.4.2 Tratamiento secundario. ....	8
1.4.3 Tratamiento terciario. ....	10
1.4.4 Tratamientos usuales para elevadas cargas orgánicas. ....	10
1.4.4.1 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). ....	10
1.4.4.2 Reactores anaerobios de flujo ascendente. ....	11
1.4.4.3. Lagunas de oxidación.....	11
1.4.4.3.1 Lagunas aerobias. ....	12
1.4.4.3.2 Lagunas facultativas o de estabilización.....	12
1.4.4.3.3 Lagunas anaerobias. ....	12
1.4.4.4 Tanque séptico. ....	13
1.5 Línea base .....	13
1.5.1 Localización geográfica y política administrativa. ....	14
1.5.2 Determinación del área de influencia (AI). ....	15
1.5.2.1 Área de Influencia Directa (AID). ....	16
1.5.2.2 Área de influencia indirecta (AII). ....	17
1.5.3 Análisis detallado. ....	17
1.5.3.1 Medio físico.....	18
1.5.3.1.1 Geología.....	18
1.5.3.1.2 Geomorfología. ....	19
1.5.3.1.3 Hidrología.....	19
1.5.3.1.4 Suelo. ....	21
1.5.3.1.5 Paisaje natural. ....	25
1.5.3.1.6 Clima. ....	28
1.5.3.2 Medio biótico. ....	31
1.5.3.2.1 Flora. ....	31
1.5.3.2.2 Fauna. ....	33
1.5.3.3 Aspectos socio – económicos y culturales de la población que habita en el área de influencia. ....	34
1.5.3.3.1 Aspectos demográficos. ....	35

1.4.3.3.2 <i>Condiciones de vida</i> .....	35
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>40</b>
<b>METODOLOGÍA Y ANÁLISIS</b> .....	<b>40</b>
2.1 Materiales y métodos .....	40
2.2 Muestreo .....	40
2.2.1 Sitio del muestreo.....	40
2.2.2 Material.....	40
2.3 Muestreo de campo .....	41
2.3.1 Caudal efluente UPS-Q-S.....	41
2.4 Caracterización del agua residual .....	43
2.4.1 Parámetros. ....	44
2.4.2 Metodología de muestreo y análisis.....	45
2.4.3 Resultados.....	46
2.5 Mediciones en laboratorio .....	48
2.5.1 Tiempo de sedimentación.....	48
2.5.2 Determinación de la turbidez.....	50
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>54</b>
<b>CÁLCULOS Y RESULTADOS</b> .....	<b>54</b>
3.1 Sistema de lagunas .....	54
3.1.1 Diseño lagunas facultativas. ....	54
3.1.2 Diseño laguna de aireación.....	59
3.2 Reactor blanket de flujo ascendente (UASB).....	63
3.2.2 Dimensionamientos.....	65
3.2.2.1 <i>Cribado</i> .....	65
3.2.2.2 <i>Desarenador</i> .....	66
3.2.2.3 <i>Canal de mezcla Parshall</i> .....	69
3.2.2.4 <i>Floculador</i> .....	71
3.2.2.5 <i>Sedimentador</i> .....	74
3.2.2.6 <i>Reactor blanket de flujo ascendente (UASB)</i> .....	77
3.3 Tanque séptico .....	96
3.3.1 Ubicación.....	96
3.3.2 Diseño .....	97
3.3.3 Tiempo de retención hidráulica de diseño.....	97
3.3.4 Volumen de diseño del tanque.....	98
3.3.5 Volumen de lodos producidos.....	98

3.3.6 Volumen de natas.....	98
3.3.7 Profundidad neta del tanque séptico.....	99
3.3.8 Dimensiones de lados.....	99
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>102</b>
<b>EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS PLANTEADOS .....</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>LISTA DE REFERENCIAS.....</b>	<b>106</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>109</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de las aguas residuales .....	3
Tabla 2. Límites máximos permisibles para descargas al sistema de alcantarillado y cuerpos de agua dulce por efluentes domésticos .....	5
Tabla 3. Límites máximos permisibles para descargas al sistema de alcantarillado y cuerpos de agua por efluentes domésticos en la ciudad de Quito .....	6
Tabla 4. Límites máximos permisibles para descargas al sistema de alcantarillado y cuerpo de agua dulce por efluentes industriales en la ciudad de Quito .....	7
Tabla 5. Principales procesos de tratamiento secundario .....	9
Tabla 6. Clasificación de lagunas de oxidación con base en la presencia y fuentes de oxígeno.....	12
Tabla 7. Características de diseño y desempeño de las lagunas de oxidación .....	13
Tabla 8. Coordenadas UPS-Q-S .....	15
Tabla 9. Percepción humana .....	25
Tabla 10. Descripción de las unidades de paisaje .....	27
Tabla 11. Coordenadas.....	28
Tabla 12. Flora.....	32
Tabla 13. Fauna .....	33
Tabla 14. Indicadores de pobreza .....	35
Tabla 15. Educación.....	36
Tabla 16. Indicadores de educación.....	36
Tabla 17. Indicadores de salud .....	37
Tabla 18. Indicadores de vivienda .....	38
Tabla 19. Parámetros analizados .....	45
Tabla 20. Resultados.....	47
Tabla 21. Resultados como Imhoff.....	49
Tabla 22. Resultado de prueba de jarras .....	53
Tabla 23. Dimensiones laguna facultativa .....	58
Tabla 24. Dimensiones la laguna de aireación .....	61
Tabla 25. Dimensiones cribado .....	66
Tabla 26. Dimensiones de desarenador.....	68
Tabla 27. Dimensiones canal Parshall .....	70
Tabla 28. Cálculos sedimentador.....	76
Tabla 29. Valores de carga orgánica volumétrica en función a la temperatura .....	78



Tabla 30. Características de diseño del proceso (UASB) .....	78
Tabla 31. Cálculos UASB .....	83
Tabla 32. Concentraciones inhibitorias de crecimiento biológico .....	88
Tabla 33. Resultados iniciales de la concentración de contaminantes.....	91
Tabla 34. Resultados finales de la concentración de contaminantes .....	95
Tabla 35: Cálculos tanque séptico .....	100
Tabla 36. Evaluación de procesos .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División política administrativa.....	15
Figura 2. Áreas de influencia directa e indirecta.....	17
Figura 3. Geología.....	18
Figura 4. Relieve del sector.....	19
Figura 5. Fotografías de quebrada SN.....	20
Figura 6. Hidrología del sector.....	21
Figura 7. Fotografía de cultivo.....	21
Figura 8. Uso de Suelo.....	22
Figura 9. Suelo.....	23
Figura 10. Taxonomía de suelo.....	24
Figura 11. Pendiente.....	25
Figura 12. Ubicación de la estación meteorológica M003.....	28
Figura 13. Precipitación mensual promedio (2000-2008).....	29
Figura 14. Temperatura mensual promedio (2000-2008).....	29
Figura 15. Heliofanía (2000-2008).....	30
Figura 16. Nubosidad (2000-2008).....	30
Figura 17. Áreas verdes, y calle arborizadas.....	31
Figura 18. Infraestructura física.....	39
Figura 19. Punto de muestreo.....	40
Figura 20. Limnígrafo-muestreador.....	41
Figura 21. Tapa para el sellado y colocación del vertedero lugar: UPS-Q-S.....	42
Figura 22. Vertedero instalado.....	42
Figura 23. Conexiones hidráulicas vertedero-caja de revisión con el equipo.....	43
Figura 24. Equipo instalado y listo para funcionar.....	43
Figura 25. Relación tiempo-cantidad de partículas sedimentadas.....	49
Figura 26. Prueba de jarras.....	50
Figura 27. Prueba de jarras-concentraciones de sulfato de aluminio.....	51
Figura 28. Muestra inicial-muestra final.....	51
Figura 29. Medidor de pH digital.....	52
Figura 30. Medición de turbidez-turbidímetro.....	52
Figura 31. Laguna facultativa vista frontal.....	58
Figura 32. Laguna facultativa vista superior.....	59

Figura 33. Laguna aireación vista lateral .....	61
Figura 34. Laguna aireación vista superior .....	61
Figura 35. Esquema general .....	62
Figura 36. Ubicación de la planta de tratamiento en la UPS-Q-S .....	64
Figura 37. Proceso de tratamiento de aguas residuales.....	65
Figura 38. Cribado o enrejado .....	66
Figura 39. Desarenador vista en planta.....	69
Figura 40. Desarenador vista lateral .....	69
Figura 41. Canal Parshall .....	70
Figura 42. Canal Parshall vista en planta .....	71
Figura 43. Canal Parshall vista lateral .....	71
Figura 44. Floculador vista en planta.....	72
Figura 45. Floculador vista en planta.....	74
Figura 46. Sedimentador vista en planta .....	76
Figura 47. Sedimentador vista lateral .....	77
Figura 48. UASB vista en planta .....	83
Figura 49. UASB vista lateral .....	84
Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel.....	86
Figura 51. Planta de tratamiento de aguas residuales UPS-Q-S.....	90
Figura 52. Distribución longitudinal de las llaves de muestreo .....	91
Figura 53. Columna de separación representando la función de un UABS .....	92
Figura 54. Sulfato de aluminio y policloruro de aluminio .....	93
Figura 55. Ácido nítrico y bureta, ácido nítrico con efluente, medición de pH por cada ml de ácido añadido .....	93
Figura 56. Medición volumétrica d nutrientes, colocación en el efluente .....	94
Figura 57. Toma de muestra en el reactor experimental, muestra de lixiviado tratado .....	95
Figura 58. Ubicación de tanque séptico .....	97
Figura 59. Dimensiones del tanque séptico .....	99
Figura 60. Vista en planta del tanque séptico.....	100
Figura 61. Vista en planta del tanque séptico.....	101

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de áreas de influencia directa e indirecta.....	111
Anexo 2. Mapa geológico .....	112
Anexo 3. Mapa geomorfológico .....	113
Anexo 4. Mapa hidrológico.....	114
Anexo 5. Matriz de valoración del paisaje .....	115
Anexo 6. Anuarios meteorológicos estación Izobamba (2000-2008).....	119
Anexo 7. Registro de limnigráfo .....	128
Anexo 8. Datos insertados en el programa Flowmaster.....	134
Anexo 9. Resultado de análisis de aguas UPS-Q-S.....	136
Anexo 10. Diseños planta de tratamiento de aguas residuales UPS-Q-S .....	137

## RESUMEN

El objetivo general del trabajo fue diseñar una planta de tratamiento para la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Campus Sur (UPS-Q-S), para lo cual se realizó la medición del caudal proveniente de la universidad con un limnógrafo-muestreador dando un total de 0,944 l/s. La muestra que se tomó del campus se envió al CICAM (Centro de Investigación y Control Ambiental) para su respectivo análisis y caracterización.

Fueron desarrollados y planteados tres procesos diferentes y autónomos, como tratamiento del agua residual, para plantear diferentes opciones según diferentes características como ventajas y desventajas.

Tomando en consideración el caudal se procedió a un primer diseño el cual consistió en un sistema de lagunas facultativas y de aireación.

Como segundo diseño se realizó un reactor blanket de flujo ascendente (UASB), proceso que se realiza en un tanque en un medio anaerobio y que requiere que el agua de ingreso presente ciertas características como un pH ligeramente ácido y baja presencia de materiales sólidos.

Como tercer diseño se planteó un tanque séptico, tratamiento común utilizado para el tratamiento de aguas en su mayoría domésticas. Se tomó en cuenta las características ambientales y topográficas del terreno, los costos de construcción y operación. .

Del presente estudio se concluye que la solución más efectiva para tratar los efluentes residuales de la UPS-Q-S es el UASB por que implica un tratamiento de bajo costo de mantenimiento y alta remoción de contaminantes presentes en las descargas líquida

## **ABSTRACT**

The general objective of the study was to design a treatment plant for the Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Campus Sur (UPS-Q-S), which was the measurement of the flow from the University with a lignigrafo-sampler giving a total of 0,944 l/s. The sample that was taken from the campus was sent to the CICAM (Centre for research and environmental Control) for their respective analysis and characterization.

They were developed and presented three different and autonomous processes such as wastewater treatment, to consider different options according to different characteristics such as advantages and disadvantages.

Taking into consideration the flow proceeded to a first design which consisted of a facultative lagoons and aeration system.

As second design was a reactor blanket of ascending flow (UASB), which takes place in a tank in an anaerobic atmosphere and process that requires that the water income has certain characteristics as a pH slightly acid and low presence of solid materials.

As the third design arose as a septic tank, common treatment used for most domestic water treatment. It took into account environmental and topographical characteristics of the land, the costs of construction and operation. .

This study concludes that the most effective solution for treating waste effluents from the UPS-Q-S is the UASB that involves a treatment of low-cost maintenance and high removal of contaminants discharges in liquid

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales ya sean estas de tipo doméstica o industrial tienen un común objetivo el cual es la remoción de contaminantes para que cumplan con la normativa ambiental vigente dentro del país con la finalidad de hacerlas aptas para otros usos o a su vez evitar daños al ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas.

Debido al alto crecimiento de la población universitaria ligado a la demanda de carreras que se ofertan en la misma, la disposición de las aguas residuales se ha convertido en un problema serio, que ha repercutido en el medio ambiente, ocasionando problemas graves de contaminación.

Las aguas residuales son normalmente vertidas en sistemas de alcantarillado público o en otras ocasiones vertidas directamente a cuerpos de aguas dulce como son ríos o quebradas que han reducido notablemente su capacidad de dilución debido a muchos factores ambientales y antrópicos relacionados con la carencia del recurso hídrico.

A fines del siglo XIX, surgió la necesidad de un tratamiento sistemático de las aguas residuales debido a la concentración de la población en las áreas urbanas lo cual causa problemas en la salud pública, debido a la contaminación de las aguas de abastecimiento, produciendo enfermedades, malos olores y otros inconvenientes. En la región de América Latina y el Caribe, el 49 % de la población tiene servicio de alcantarillado, colectándose diariamente 40 millones de metros cúbicos de aguas residuales que se vierten a ríos, lagos y mares. Del volumen colectado por los sistemas de alcantarillado, menos del 10 % recibe tratamiento previo antes de ser descargado a un cuerpo de agua superficial o a su uso para el riego directo de productos agrícolas (Moscoso & León, 1996).

Según, (Souza, 1997) la selección de tecnologías para la recolección y tratamiento de las aguas residuales deberá considerar, cada vez en mayor medida, alternativas que incluyan el reusó de agua.

Durante el siglo que concluyó, antes de la década del sesenta, los procesos de tratamiento de las aguas residuales resultaron ser sistemas complejos, en general de

difícil implementación, operación y mantenimiento elevados, imposibilitando muchas veces su adopción en los países en vías de desarrollo, donde se agravaban las condiciones ambientales y sanitarias de muchas ciudades.

En los últimos años el estudio y desarrollo de sistemas de tratamiento anaerobios de las aguas residuales domésticas presentaron resultados aceptables debido a la remoción de altas cargas contaminantes



# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Contaminación de efluentes domésticos

El agua residual doméstica (ADR), está compuesta de sustancias físicas, químicas y biológicas. Es una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, en suspensión o disueltos, poseen proteínas, carbohidratos, grasas y aceites provenientes de la materia orgánica, minerales y productos de limpieza. El agua residual doméstica (ADR), puede tener las siguientes propiedades físicas, químicas y biológicas que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Propiedades de las aguas residuales

Constituyente	Abreviatura/Definición	Uso en el tratamiento de aguas	Unidades
<b>Propiedades físicas</b>			
Olor	NUO	Determinar si el olor puede ser un problema	-
Color	Café claro, gris, negro	Estimar la condición del agua residual (fresca o séptica)	Unidades de color
Sólidos totales	ST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento	mg/l
Sólidos suspendidos totales	SST	Determinar la clase de proceso u operación más apropiada para su tratamiento	mg/l
Temperatura	°C o °F	Importante en el diseño y operación de instalaciones de tratamiento	°C o °F

Tabla 1. Propiedades de las aguas residuales (continuación...)

<b>Características químicas inorgánicas</b>			
Alcalinidad	$\sum \text{HCO}_3 + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH} - \text{H}$	Medida de la capacidad amortiguadora del agua residual	-
Cloruros	$\text{Cl}^-$	Evaluar la posibilidad de ser empleada en el uso agrícola	mg/l
Nitrógeno	$\text{N}$	Usado como medida de nutrientes y para establecer el grado de descomposición del agua residual.	mg/l
Fosforo total	PT	Medida de nutrientes.	mg/l
Sulfatos	$\text{SO}_4$	Estimar la formación potencial de olores	mg/l
<b>Características químicas orgánicas</b>			
Potencial de Hidrogeno	pH	Medida de acidez o basicidad de una solución acuosa	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	$\text{DBO}_5$	Medida de la cantidad de Oxígeno requerido para estabilizar biológicamente un residuo	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	DQO	Mide la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas	mg/l
Carbono Orgánico Total	COT	Usado con frecuencia como sustituto de la prueba de DBO	mg/l

Tabla 1. Propiedades de las aguas residuales (continuación...)

<b>Características biológicas</b>			
Organismos coliformes	NMP(número más probable)	Estimar presencia de bacterias patógenas.	-
Microorganismos específicos	Bacterias, protozoos, helmintos, virus	Estimar presencia de organismos específicos	-

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Tomando en cuenta el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA, en su Libro VI, Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes, el inciso 4.2.1, los límites máximos permisibles de descarga por efluentes domésticos son los siguientes:

Tabla 2. Límites máximos permisibles para descargas al sistema de alcantarillado y cuerpos de agua dulce por efluentes domésticos

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo alcantarillado</b>	<b>Límite máximo cuerpo de agua dulce</b>
Sólidos totales	mg/l	1600	1600
Sólidos suspendidos totales	mg/l	220	100
Temperatura	°C	<40	<35
Cloruros	mg/l	0,5	1000
Nitrógeno	mg/l	40	10
Fosforo total	mg/l	15	10
Sulfatos	mg/l	400	1000
Aceites y grasas	mg/l	100	0,3
Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días	mg/l	250	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	500	250
Potencial de hidrogeno		5-9	5-9

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2003)

Para la ciudad de Quito, según la Resolución N° 003 “Normas Técnicas de la Ordenanza N° 146”, los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado y cuerpos de agua dulce son los siguientes:

Tabla 3. Límites máximos permisibles para descargas al sistema de alcantarillado y cuerpos de agua por efluentes domésticos en la ciudad de Quito

Parámetro	Unidad	Límite máximo alcantarillado	Límite máximo cuerpo de agua dulce
Temperatura	°C	<40	<35
Fosforo total	mg/l	15	10
Sulfatos	mg/l	400	1000
Aceites y grasas	mg/l	50	30
Coliformes fecales		-	Remoción >99%
Color real	Unidades de color	-	Inapreciable en disolución 1/20
Materia flotante	Visible	Ausencia	Ausencia
Potencial de hidrogeno		5-9	5-9

Fuente: Resolución n°003 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2005)

## 1.2 Contaminación de efluentes de laboratorio

Los efluentes de laboratorio generados son en términos de volumen inferior al de efluentes domésticos, pero constituyen para el ambiente un problema mayor, debido a la presencia y concentración de contaminantes con características de peligrosidad y cargas orgánicas no biodegradables.

La mayoría de los laboratorios realiza descargas directas en el alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento por lo que a los efluentes se las considera de igual forma que a las descargas provenientes de las industrias.

Las aguas residuales industriales son las que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice agua. La característica principal de este tipo de efluentes son las altas concentraciones de contaminantes inorgánicos como metales pesados.

De modo general se conocen los parámetros característicos del agua residual de cada tipo de industria pero es necesario determinar los compuestos presentes detalladamente para identificar el tratamiento más adecuado.

Los constituyentes principales de las aguas de origen industrial de efluentes de laboratorio, así como también el límite máximo permisible de descarga en alcantarillado y cuerpo de agua dulce para la ciudad de Quito se describen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Límites máximos permisibles para descargas al sistema de alcantarillado y cuerpo de agua dulce por efluentes industriales en la ciudad de Quito

Constituyente	Unidad	IMP alcantarillado	LMP cuerpo de agua dulce
Caudal	l/s	4.5 el caudal	4,5 dato referencial
pH		5-9	5-9
DBO <sub>5</sub>	mg/l	120	70
DQO	mg/l	240	123
SS	ml/l	95	53
Aluminio	mg/l	5	5
Cadmio	mg/l	0,02	0,02
Cianuro	mg/l	1	0,1
Fosforo	mg/l	15	10
Sulfatos	mg/l	400	1000
Cobre	mg/l	1	1
Cromo Hexavalente	mg/l	0,5	0,5
Hidrocarburos Totales	mg/l	20	20
Mercurio	mg/l	0,01	0,05
Níquel	mg/l	2	2
Organoclorados totales	mg/l	0,05	0,05
Plomo	mg/l	0,5	0,2
Arsénico	mg/l	5	5

Fuente: Resolución N°003, tabla a-1, b-1 (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2005)

### 1.3 Aguas residuales de escorrentía

Es el agua que proviene de las precipitaciones de lluvia sobre un área. Son aportaciones de carácter intermitente. La superficie en una zona urbanizada que recibe las precipitaciones es de dos tipos: impermeable y permeable. Las impermeables se refieren a obras civiles como edificios, pavimentos, calles, azoteas,

etc.; mientras que las superficies permeables son espacios verdes, jardines, algunos patios interiores, solares sin edificar, etc. De la lluvia caída, una fracción se vierte sobre superficies; otra se evapora y otras se quedan atrapadas en espacios huecos y depresiones del suelo (Zambrano, Saltos, & Villamar, 2004).

#### **1.4 Tratamientos de efluentes según sus características**

El sistema de tratamiento requerido para un agua residual depende de los límites máximos permisibles ya sea en el sistema de alcantarillado o en un cauce de agua.

Los procesos actuales para el tratamiento de agua residual ya sea doméstica o industrial pueden dividirse en tres categorías principales: tratamiento primario, tratamiento secundario, y tratamiento terciario.

##### **1.4.1 Tratamiento primario.**

Consiste en la eliminación de materia con partículas de mayor tamaño que no se disuelve con facilidad en el agua residual como arenas, grasas y espumas de agua.

El tratamiento consiste en el uso de métodos que facilitan o adecuan las condiciones para poder interceptar, retener y sedimentar el material de mayor tamaño presente en el agua residual, para su posterior evacuación y disposición final.

El tratamiento primario consta de:

- Cribado
- Sedimentación
- Flocculación
- Separación de aceites
- Homogenización

##### **1.4.2 Tratamiento secundario.**

El tratamiento secundario se utiliza para disminuir y eliminar la materia orgánica que se disuelve en el agua residual medida como DBO<sub>5</sub>, DQO, el carbono orgánico total, etc. En el siguiente cuadro se describe los principales procesos de tratamiento secundario de las aguas residuales.

Tabla 5. Principales procesos de tratamiento secundario

<b>Tipo</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Uso</b>
<b>Procesos aerobios</b>		
Crecimiento en suspensión	Proceso de lodos activados Lagunas aireadas Digestión aerobia	Remoción de la DBO <sub>5</sub> carbonácea, nitrificación, estabilización
Película bacterial Adherida	Filtros percoladores Sistema biológicos de contacto rotatorio Reactor de lecho empacado	Remoción de la DBO <sub>5</sub> carbonácea, nitrificación
Hibrido, combinación de crecimiento en suspensión y película bacterial adherida	Filtros percoladores/lodo activado	Remoción de la DBO <sub>5</sub> carbonácea
<b>Procesos anóxicos</b>		
Crecimiento en suspensión	Desnitrificación por crecimiento en suspensión	Desnitrificación
Película bacterial Adherida	Desnitrificación por película fija	Desnitrificación
<b>Procesos anaerobios</b>		
Crecimiento en suspensión	Procesos de contacto anaerobio Digestión anaerobia	Remoción de la DBO <sub>5</sub> , nitrificación, estabilización
Película bacterial adherida	Lecho anaerobio fijo	Remoción de la DBO, estabilización de desechos
Hibrido	Proceso anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente. Reactor de mantos de lodos/reactor de lecho fijo	Remoción de la DBO <sub>5</sub>
<b>Procesos en lagunas</b>		
Lagunas aerobias	Lagunas aerobias	Remoción de la DBO <sub>5</sub>
Lagunas facultativas	Lagunas facultativas	Remoción de la DBO <sub>5</sub>
Lagunas anaerobias	Lagunas anaerobias	Remoción de la DBO(estabilización de desechos)

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

### **1.4.3 Tratamiento terciario.**

El tratamiento terciario consta de procesos que se realizan sobre el efluente que proviene del tratamiento secundario de las aguas residuales, con el fin de elevar la calidad del agua según el uso final que se requiera. El tratamiento permite obtener agua para uso recreacional, agrícola o de consumo humano sin embargo el proceso es bastante costoso. Los principales procesos son los siguientes:

- Micromatizado.
- Filtración.
- Precipitación y coagulación.
- Adsorción (carbón activado).
- Intercambio iónico.
- Osmosis inversa.
- Electrolisis.
- Cloración y ozonización.
- Procesos de reducción de nutrientes.

### **1.4.4 Tratamientos usuales para elevadas cargas orgánicas.**

#### ***1.4.4.1 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).***

Son reactores anaerobios su función es la de reducir la materia orgánica presente en el agua residual por medio de la digestión anaerobia de bacterias que se encuentran presentes en el interior del tanque y también por la presencia de material con características filtrantes. Se estima que la cantidad de DBO y DQO removido se encuentra entre el 75 y 85% (Metcalf & Eddy, 1996).

El agua ingresa por la parte inferior del tanque y fluye a través del material filtrante (piedra, plástico) en forma continua y ascendente, en el interior se forma una capa de lodo con población bacteriana que favorece el tratamiento por medio de la estabilización de la materia orgánica, como consecuencia del proceso anaerobio se forma biogás que se extrae por la parte superior (Metcalf & Eddy, 1996).



#### ***1.4.4.2 Reactores anaerobios de flujo ascendente.***

Los reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA) o mejor conocidos como reactor blanket de flujo ascendente (UASB) por sus siglas en inglés, consisten en tanques cerrados para proveer un medio con ausencia de oxígeno.

El reactor se compone de dos secciones, en una se desarrolla un proceso de sedimentación y en la otra se produce la digestión anaerobia de lodos. La sedimentación que se lleva a cabo en la parte superior del tanque, genera en su parte inferior un manto de lodos con alta población bacteriana. El flujo de agua residual ingresa por la parte inferior y asciende; al entrar en contacto con el manto de lodos y durante el tiempo de retención hidráulica se produce el efecto de disminución de la carga contaminante del agua residual, la cual será evacuada por la parte superior. En la digestión anaerobia también se produce biogás que de igual forma es evacuado en la parte superior.

El reactor no requiere de equipos de control sofisticados, la cantidad de residuos generados son bajos debido a que en su mayoría se mantienen en el interior del tanque y sirven como material para el tratamiento. También se genera metano que es conducido por la parte superior hacia el exterior.

#### ***1.4.4.3. Lagunas de oxidación.***

Las lagunas de oxidación, son estanques que permiten una oxigenación natural o artificial. Son utilizadas en el tratamiento biológico de efluentes domésticos e industriales. Las condiciones de las lagunas varían según su tipo; de aerobias a facultativas, es decir; en partes de la laguna aeróbicas, y en otras anaeróbicas, esto depende del suministro natural o mecánico de oxígeno según la profundidad de la laguna.

Las lagunas pueden funcionar en forma independiente o en combinación con otros sistemas de tratamiento de aguas residuales para obtener resultados más significativos.

En la siguiente tabla se describen los tipos de lagunas de oxidación:

Tabla 6. Clasificación de lagunas de oxidación con base en la presencia y fuentes de oxígeno.

Clase de laguna	Presencia de oxígeno
Aerobia	La fotosíntesis suministra el oxígeno necesario para mantener condiciones aerobias en toda la columna de agua
Facultativa	La zona superficial es aerobia; la zona subsuperficial puede ser anaerobia
Anaerobia	La totalidad de su profundidad es anaerobia

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

#### *1.4.4.3.1 Lagunas aerobias.*

Son lo suficientemente profundas para permitir la penetración de la luz del sol en todo el cuerpo de agua. Como resultado este tipo de lagunas tienen una gran actividad fotosintética durante las horas de luz solar, el oxígeno y el pH aumentan.

Este tipo de lagunas se utilizan en combinación con otras lagunas y tienen la principal desventaja de que su aplicación se limita a zonas con climas cálidos y soleados.

#### *1.4.4.3.2 Lagunas facultativas o de estabilización.*

Este tipo de lagunas son las más usadas como tratamiento de aguas residuales a nivel de lagunas. El tratamiento se desarrolla por la acción de bacterias aerobias en la capa superior de la laguna y de bacterias anaerobias en la capa inferior. Los sólidos sedimentables se depositan en el fondo de la laguna. El aporte de oxígeno se logra por fotosíntesis y por la aireación natural superficial.

#### *1.4.4.3.3 Lagunas anaerobias.*

Las lagunas de oxidación anaerobia se utilizan para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica. Estas lagunas no cuentan con zonas aerobias, su profundidad es superior a las anteriores. Como consecuencia del tratamiento se generan malos olores, por lo que requieren ser cubiertas o aisladas.

En la siguiente tabla se compara las características de diseño y el desempeño de los principales tipos de lagunas.

Tabla 7. Características de diseño y desempeño de las lagunas de oxidación

Característica	Clase de laguna	
	Aerobia	Facultativa
Objetivo del tratamiento acuático	Secundario	Secundario, preliminar a un sistema de disposición sobre el suelo
Clima necesario	Cálido	No requiere
Tiempo de retención (días)	10-40	25-180
Profundidad (metros)	0.3-0.6	1.5-2.5
Tasa de carga orgánica superficial	35-110	20-60
Característica del afluente mg/l DBO <sub>5</sub> , mg/l SST	20-40 80-140	30-40 40-100

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000)

#### **1.4.4.4 Tanque séptico.**

El tanque séptico es una cámara cerrada que provee un medio anaerobio para descomponer y separar la materia orgánica contenida en las aguas residuales. La materia orgánica se convierte en gases, líquido y lodo, que se sedimenta en el fondo del tanque (Coval, 2010).

Como parte del tratamiento mediante este proceso el líquido se hace absorber por el terreno lo que se llama irrigación por medio de tuberías o en un sumidero o dispersándolo en un lecho filtrante artificial. El empleo del sistema de absorción, depende principalmente de las características del suelo del terreno y del nivel freático (CEPIS/OPS, 2003):

### **1.5 Línea base**

Para conocer el estado actual de la Universidad Politécnica Salesiana se realizó el levantamiento de la línea base, la cual incluye un levantamiento físico, biológico y social del área de influencia directa e indirecta, con el fin de evaluar de manera conjunta la zona donde se encuentra construida la universidad.

### **1.5.1 Localización geográfica y política administrativa.**

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Campus Sur se encuentra ubicada en la calle Morán Valverde y Rumichaca S/N en el cantón Quito, en la parroquia Quitumbe de la provincia de Pichincha.

Se accede a la universidad por la calle Morán Valverde la cual cuenta con una entrada para estudiantes, maestros, personal administrativo y demás, una entrada para vehículos la cual cuenta con una puesta corrediza y una garita; la salida de los vehículos se encuentra igualmente en la misma calle, cabe mencionar que esta calle se encuentra en asfalta y en perfecto estado de conservación.

El área del terreno de la universidad es de aproximadamente 5.3 hectáreas (Ha) en donde funcionan aulas, oficinas, espacios verdes, cafetería y estacionamientos. Se encuentra dividida por 6 bloques o edificios:

**Bloque A:** Conformado por el CECASIS, aulas, centro de copiado, baños, tesorería, biblioteca y oficinas del personal administrativo.

**Bloque B:** Conformado por aulas, direcciones de carreras, baños, secretaria y bienestar estudiantil.

**Bloque C:** En este bloque se encuentran construidos los principales laboratorios de electrónica, baños y aulas.

**Bloque D:** Funciona el auditorio, además cuenta con aulas y baños.

**Bloque E:** Se ubica el laboratorio de suelos, oficinas para docentes y aulas.

**Bloque F:** En este bloque funcionan laboratorios para la carrera de Ingeniería Ambiental, se encuentran oficinas para los docentes, aulas y baños.

**Pastoral:** Está conformado por aulas, baños y oficinas.

**Canchas, cafetería, espacios verdes y parqueaderos:** La universidad cuenta con estos espacios orientados a la distracción de los estudiantes.

**Quebrada:** Colindante a la universidad se encuentra una quebrada sin nombre la cual recibe las descargas de la Universidad y de las viviendas cercanas a esta. Presenta un fuerte olor, se evidencia la presencia de vectores como mosquitos y roedores.

La ubicación geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana en coordenadas UTM-DATUM WGS 84 es:



universidad, para lo cual la inspección “in situ” es fundamental para determinar la identificación real de particularidades del entorno y de manera especial lo que llamamos área de influencia directa (AID) y área de influencia indirecta (AII).

La metodología aplicada para la determinación del área de influencia directa e indirecta consistió en primer lugar en una apreciación cualitativa del entorno y de las actividades que se desarrollan dentro y fuera de la universidad, posteriormente se realizó un análisis del medio físico, biótico y sociocultural; de esta manera se estimó la distancia hasta el lugar donde podría haber influencia sobre los elementos ambientales considerados, por lo que se las distancias se determinan continuación:

#### ***1.5.2.1 Área de influencia directa (AID).***

El AID corresponde a todos aquellos espacios físicos donde los impactos se presentan de forma evidente, por esta razón, como área de influencia directa se definió una distancia de 50 m de radio desde el centro de las instalaciones tomando en cuenta lo siguientes criterios:

La universidad se encuentra construida sobre un área netamente urbana e intervenida, con alto tráfico vehicular, con varios locales comerciales y también con la presencia de otras instituciones educativas; dentro de la Universidad se tomaron en cuenta las actividades que se realiza durante toda la jornada de trabajo y sobre todo se tomó en cuenta el estado ambiental actual de la zona.

Para la delimitación del AID, se tomó en cuenta que dentro de la universidad se generan 3 tipos de aguas residuales: primero las provenientes de las precipitaciones, segundo las aguas residuales de baños y tercero aguas de laboratorio; Todas estas aguas se juntan pasan al sistema de alcantarillado de alcantarillado público por medio de la red de tuberías de la universidad, estas aguas implican un deterioro en la calidad ambiental de la zona ya que no tienen ningún tipo de tratamiento previo es por ello que se delimito el área de 50m que abarca a las instalaciones de la universidad.

### 1.5.2.2 Área de influencia indirecta (AII).

Se considera como área de influencia indirecta (AII) aquellas zonas alrededor del área de influencia directa en donde se podrían evidenciar impactos de tipo indirecto por las actividades de la universidad, para ésta se estableció una distancia de 150 m.

La delimitación del AII hablando en términos de descargas líquidas es compleja, puesto que los contaminantes que se descargan al sistema de alcantarillado se unen con los de la comunidad circundante y estos a su vez desembocan en un cauce de agua causando contaminación. Sin embargo se consideró un radio de 150 m ya que abarcaría las casas y establecimientos más cercanos de donde se descargan aguas residuales. Ver mapa completo anexo 1.

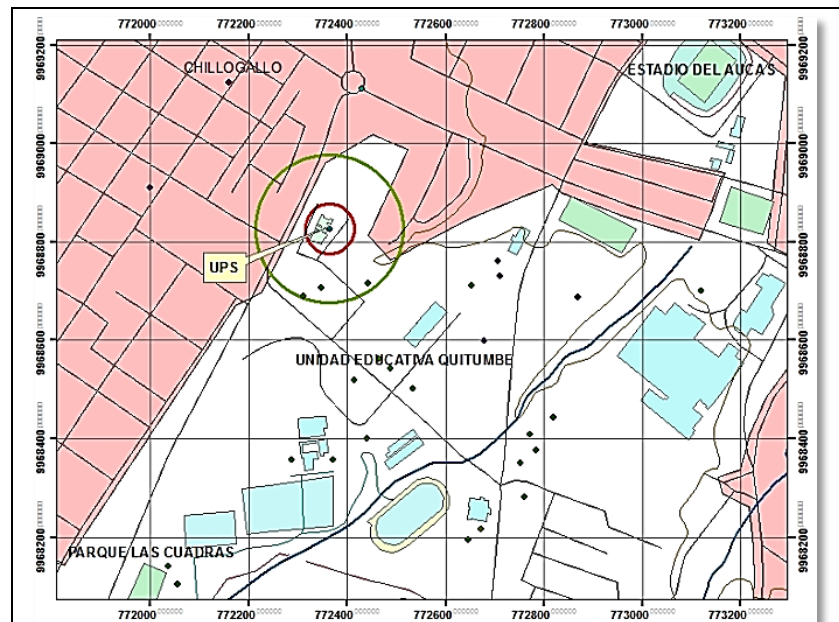


Figura 2. Áreas de influencia directa e indirecta

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### 1.5.3 Análisis detallado.

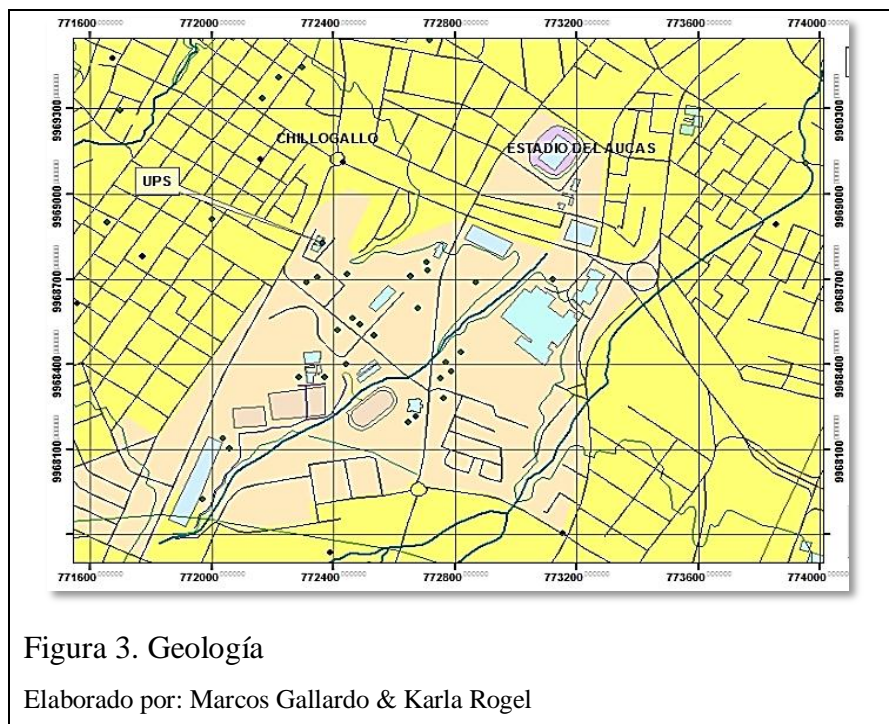
Una vez determinada el área de influencia directa de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus Sur, es importante seleccionar los componentes ambientales que son susceptibles a ser afectados por las actividades que se desarrollan en la misma, es por eso que en la descripción de la línea base ambiental se realizará una evaluación detallada de la situación actual de los siguientes factores ambientales del área de influencia.

### ***1.5.3.1 Medio físico.***

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, campus Sur, se encuentra dentro de una zona totalmente intervenida por el hombre, es por ello que se describirá, el detalle de la ubicación y el entorno físico que rodea al lugar. Para el efecto, se utilizaron los datos obtenidos en la visita al sitio y la información secundaria de datos climatológicos de la zona, así como también de los datos socioculturales del INEC y el SIISE. La mayor parte de la información recopilada está evidenciada mediante fotografías.

#### ***1.5.3.1.1 Geología.***

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra localizado en la cuenca Quito-Guayllabamba la cual está formada por depósitos volcánicos y volcanoclásticos. Quitumbe se encuentra dentro de la formación geológica Machángara, donde a 83 m de profundidad se encuentran flujos de lodo que contienen líticos de andesita de tamaño centimétrico. La universidad está construida sobre piroclastos primarios como son: tefras, flujos piroclásticos e ignimbritas, además de cangahua, avalanchas de escombros, lahares y flujos de lava provenientes del complejo volcánico Atazazo-Ninahuilpa, complejo Volcánico Pichincha y el complejo Volcánico Cotopaxi. Ver mapa completo anexo 2.



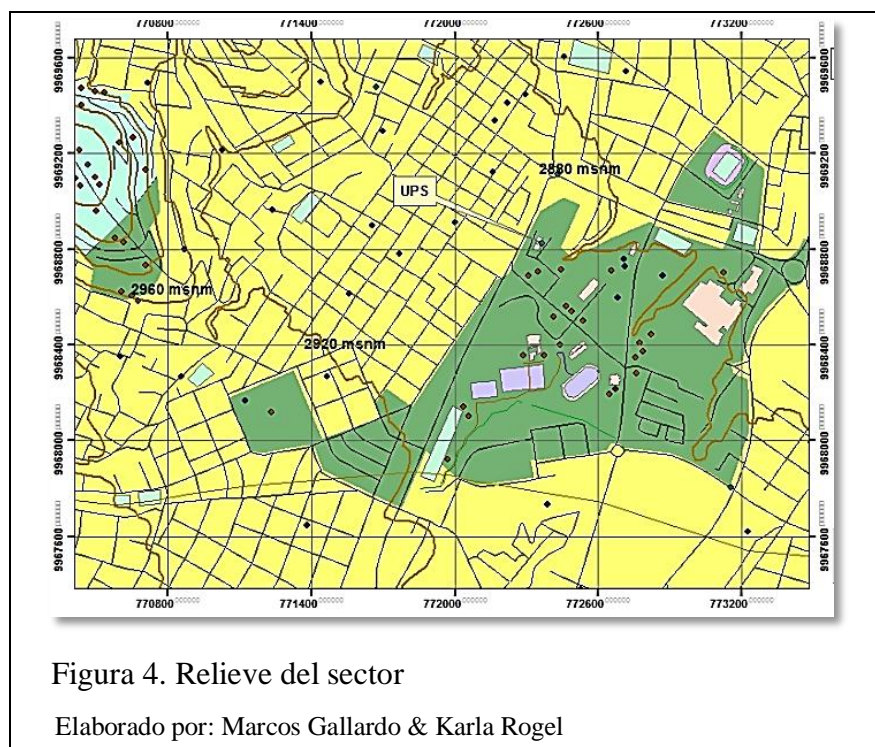


### 1.5.3.1.2 Geomorfología.

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra rodeado por un relieve montañoso, al oeste por los volcanes Tuco y Guagua Pichincha y al este las Lomas de Lumbisí-Batan- La Bota, consideradas como levantamientos de tipo tectónico.

En la ciudad de Quito se encuentran escarpes y cambios de pendiente de terreno de mayor a menor pendiente y viceversa lo que implica pendientes heterogéneas, existen pendientes que forman planicies y pendientes abruptas, debido a la presencia de elevaciones, así como quebradas y ríos.

El sector de Quitumbe presenta una morfología muy irregular, hasta el sector de las cuadras, las partes bajas están conformadas predominantemente por sedimentos de origen lacustre. La Universidad Politécnica Salesiana se encuentra entre los 2880 msnm, encontrándose en una zona de relieves interandinos, lo que implica que se encuentra en una zona de pendientes heterogéneas, con relieves de los fondos de las cuencas. Ver mapa completo anexo 3.

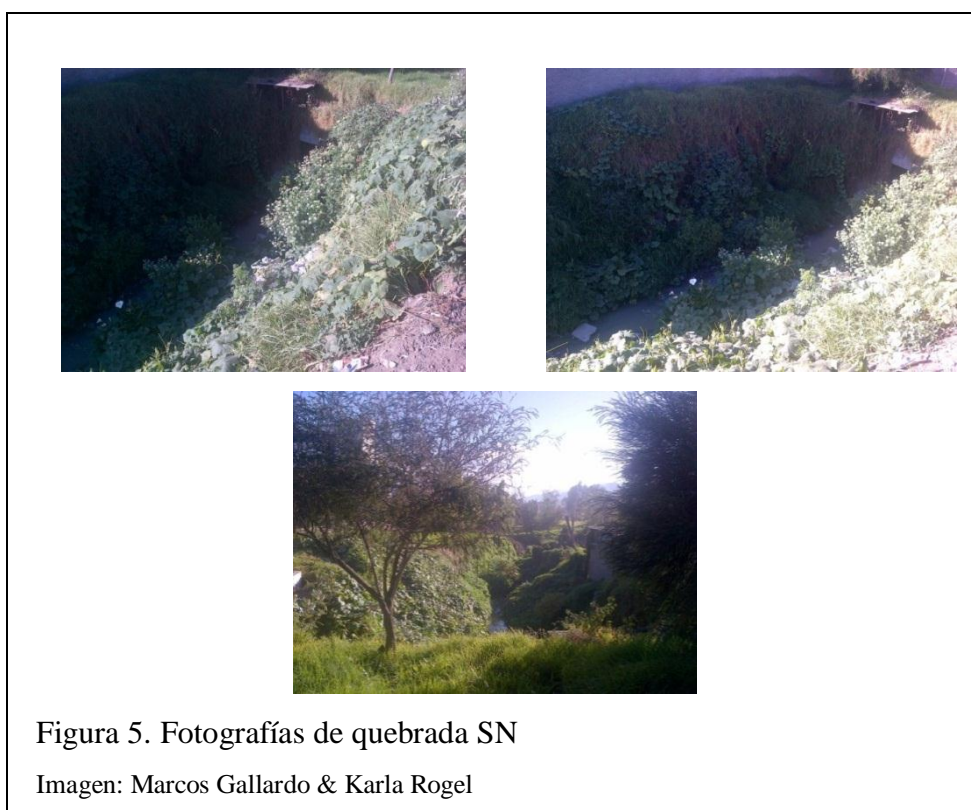


### 1.5.3.1.3 Hidrología.

La ciudad de Quito se encuentra en la cuenca del río Esmeraldas, y está conformado por un total de 14 subcuencas hidrográficas de los ríos: San Pedro, Pita, Machángara,

Pachijal, Intag, Chiche, Guambi, Uravia, Guayllabamba, Monjas, Alambi, Mindo, El Cinto- Saloya y Coyago. La universidad se encuentra ubicada en la cuenca del Río Esmeraldas, en la subcuenca del río Guayllabamba y en la microcuenca del Río Grande.

El cuerpo de agua más cercano a la Universidad es una quebrada sin nombre ubicada aproximadamente a 100 m desde el centro de las instalaciones con un caudal aproximado de 0,9 l/s, presenta un agua color café verdoso, un ancho de quebrada aproximado de 1m, se percibe mal olor y tiene alrededor de 20 cm de calado, además de que en esta se observa la presencia de roedores e insectos.



Otros cuerpos de agua encontrados en la zona de estudio son: a 883 m aproximadamente la quebrada de Tránsito y a 1032m se encuentra la quebrada Ortega. El mapa que se presenta a continuación describe la red hidrográfica del sector, indicando la ubicación de la universidad y los cuerpos de agua más cercanos a la misma. Ver mapa completo anexo 4.

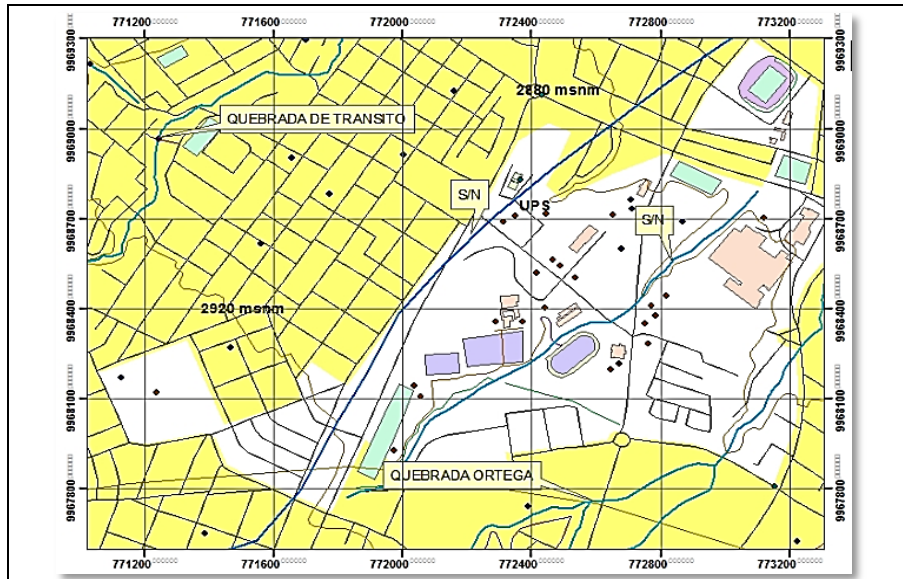


Figura 6. Hidrología del sector

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

#### 1.5.3.1.4 Suelo.

- **Uso actual del suelo**

La universidad se encuentra en un área donde predominan los asentamientos poblados, sin embargo se observa la presencia de cultivos como el maíz por parte de los vecinos colindantes a la universidad.

Dentro de la zona de estudio se observan niveles muy altos de erosión, causando principalmente por las actividades antrópicas que se realizan.

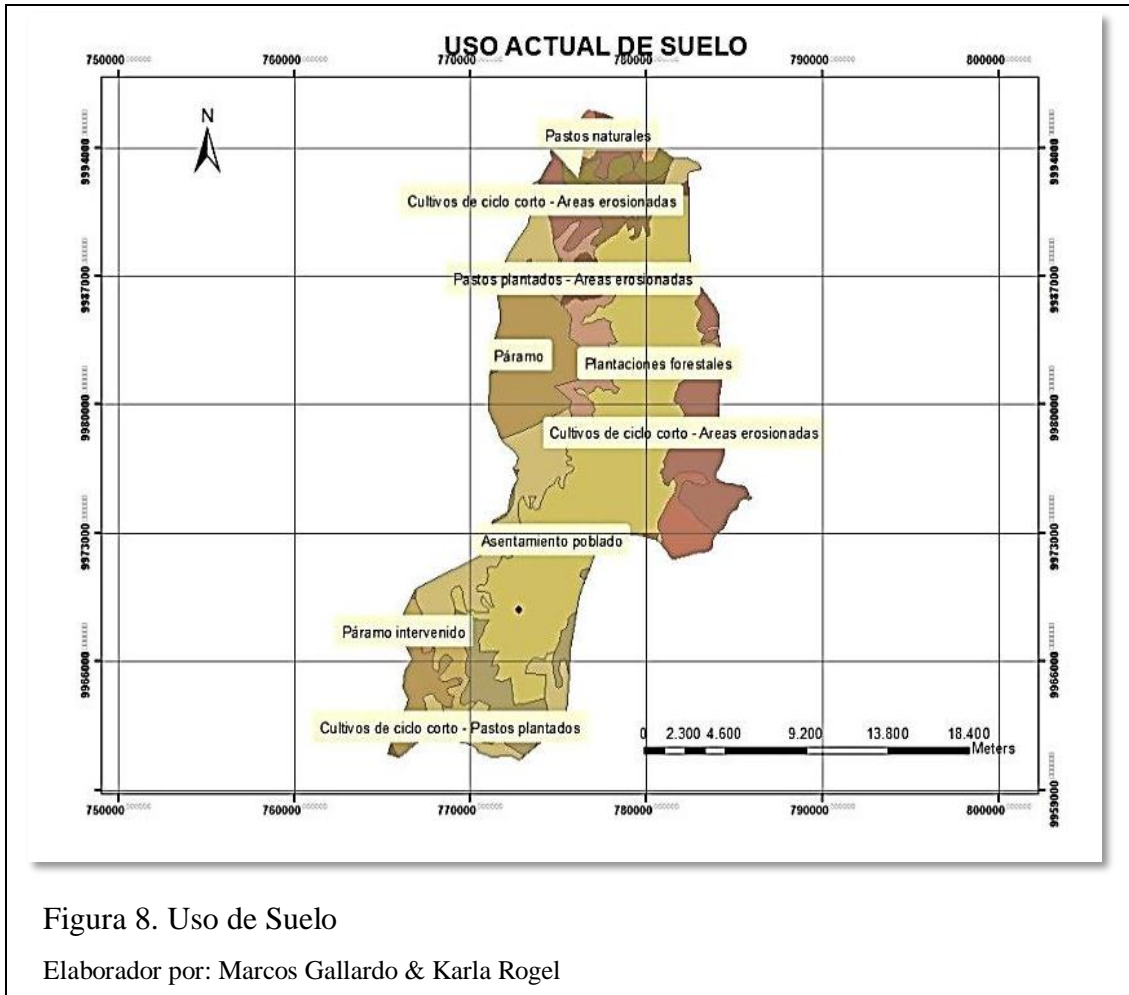
La superficie de Quitumbe es de 8.935 ha de las cuales 5.240 ha son habitables.



Figura 7. Fotografía de cultivo

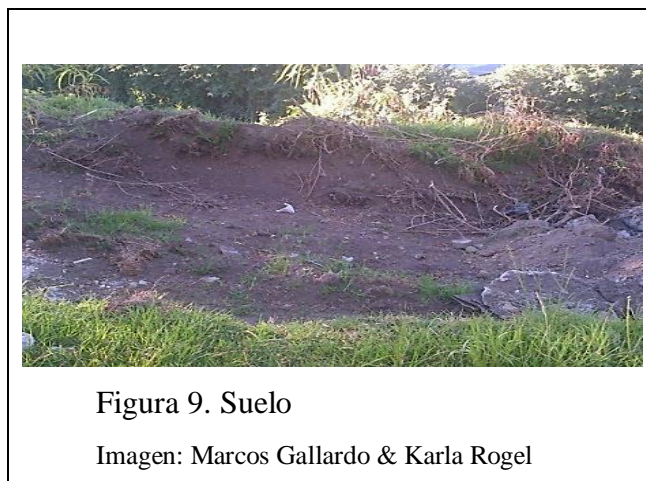
Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

El sur de Quito en si presenta aptitudes agrícolas con productos de ciclo corto como las hortalizas, legumbres, cereales, pastos artificiales, entre otros. En la figura que se presenta a continuación se aprecia el uso de suelo actual de la parroquia Quitumbe.



- **Tipo de suelo**

Según la clasificación de suelo del Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG), la parroquia de Quitumbe se encuentra sobre el suelo H, que son suelos negros de texturas francas, derivados de materiales volcánicos con menos de 30% de arcilla. La universidad está construida sobre la parte baja y plana del callejón interandino, presenta un relieve moderado y fuertemente ondulado por lo que existe la presencia de suelos negros, francos arenosos, profundos que presentan un drenaje bueno, pH neutro y fertilidad mediana.



A lo largo de la parroquia se observan suelos del orden de los entisoles, molisoles e inceptisoles, clasificados por el sistema americano de clasificación de suelos denominado “Soil Taxonomy, USDA, 1975” y se describen a continuación:

**Entisol:** Son aquellos que no presentan evidencia alguna de la formación de horizontes, porque el tiempo de desarrollo de estos es relativamente corto, es decir; son suelos jóvenes. Este tipo de suelo de manera general se presenta en cualquier régimen climático (U.S. Department of Agriculture, 1975)..

**Inceptisol:** Presentan algunos horizontes alterados, son considerados suelos inmaduros en su evolución, este tipo de suelo se presenta en cualquier tipo de clima y se han originado a partir de diferentes materiales parentales como las cenizas volcánicas. Abarca suelos que van desde pobremente drenados a suelos bien drenados (U.S. Department of Agriculture, 1975).

**Mollisol:** Son en su mayoría aquellos suelos de color negro, ricos en bases, muy comunes de las áreas originalmente de praderas que han dado lugar a la formación de un horizonte superior de gran espesor, con abundante carga orgánica.

Este tipo de suelo se encuentra desarrollándose en áreas con regímenes climáticos secos o húmedos, cálidos y templados de la sierra y costa, y se encuentran actualmente bajo cultivos (U.S. Department of Agriculture, 1975).

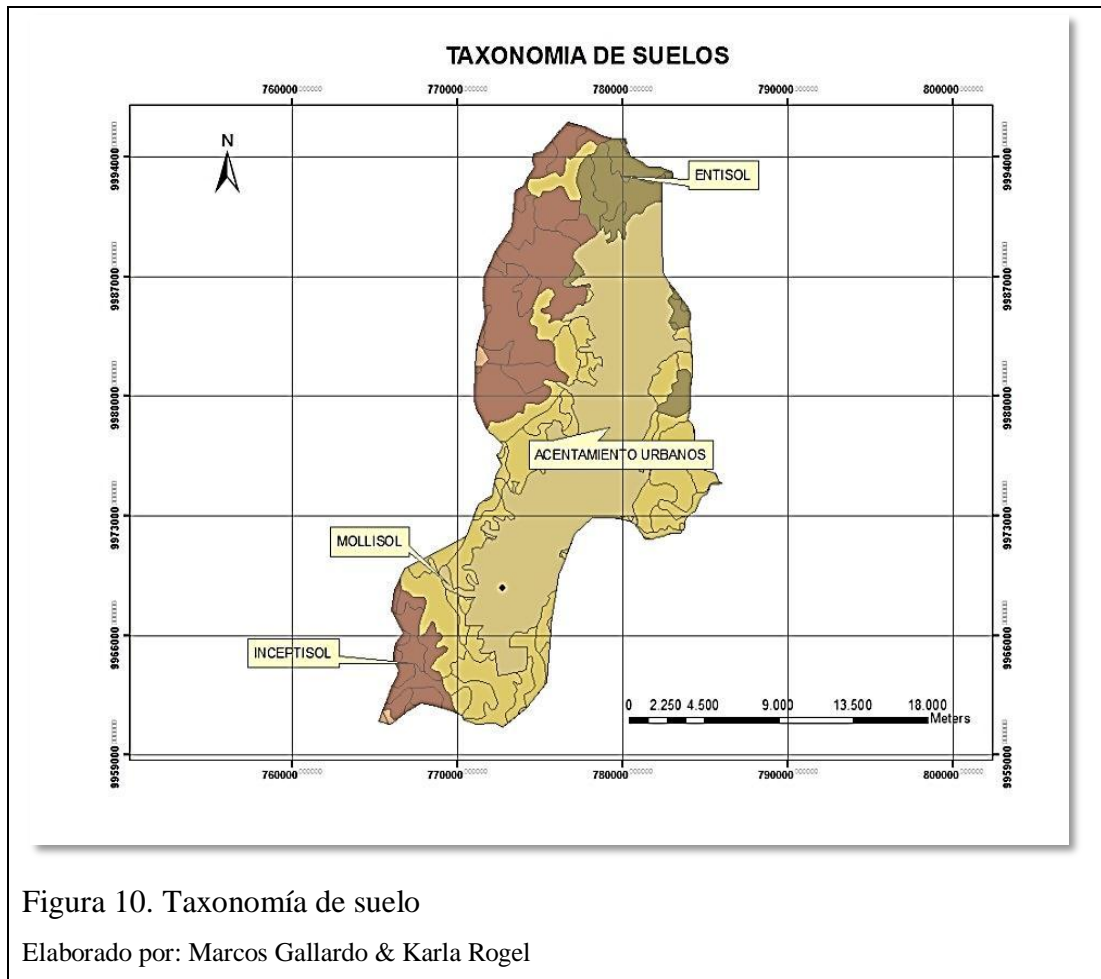


Figura 10. Taxonomía de suelo

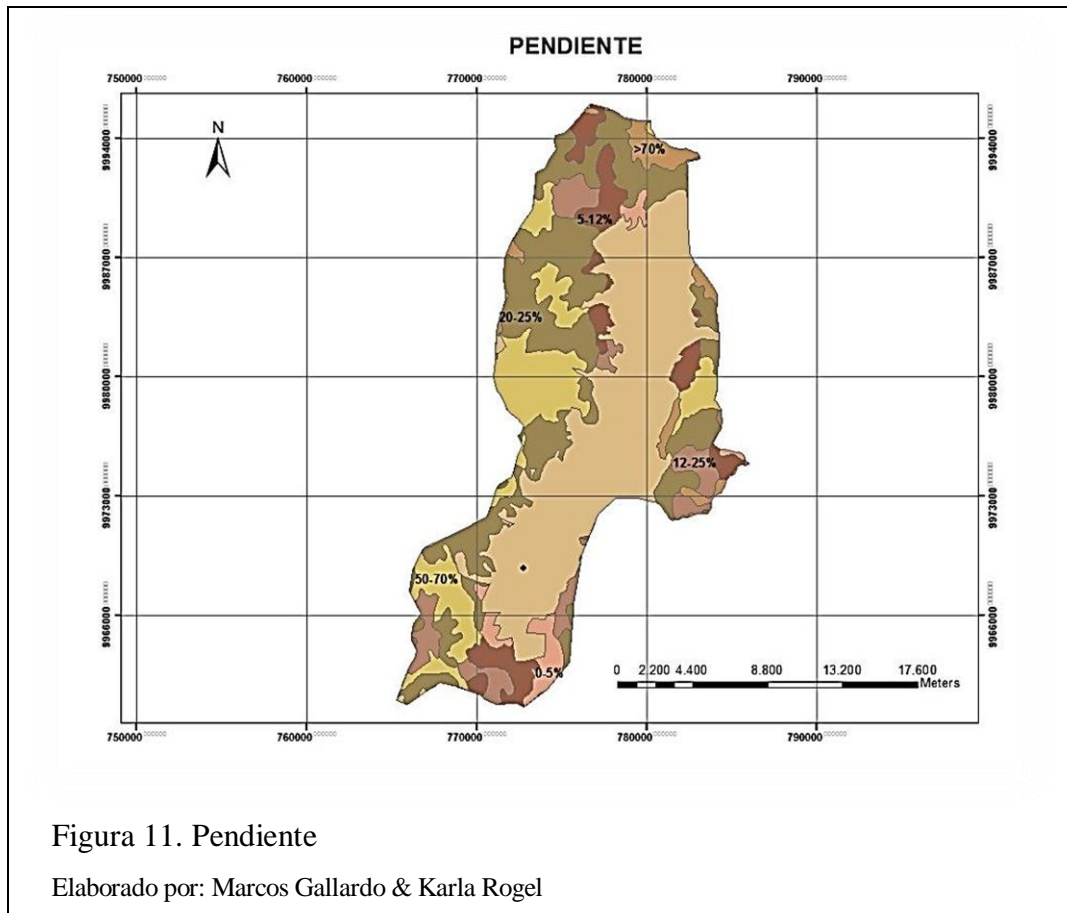
Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

- **Pendiente**

La topografía original de la parroquia Quitumbe viene siendo intervenida por el crecimiento urbano, la ocupación por infraestructura habitacional en las laderas de fuertes pendientes, ha incrementado la inestabilidad de taludes, produciendo desprendimiento de la cobertura vegetal, problemas de erosión, cambios en la escorrentía y drenajes naturales.

Como se observa en la figura siguiente, la pendiente de la parroquia es muy heterogénea, encontrando pendientes que forman planicies de 0-5% y pendientes abruptas >70%.

La universidad se encuentra dentro del valle interandino, y como ya se mencionó antes presenta gran cantidad de elevaciones, sin embargo la universidad se encuentra en un terreno relativamente plano que presenta pendientes no mayores a 10% de elevación



### 1.5.3.1.5 Paisaje natural.

El análisis del paisaje comprende visitas de campo y descripciones paisajísticas para poder evaluar este componente en la universidad y sus alrededores.

Existen varios estudios y experiencias que recogen que más del 80% de la percepción de una persona vidente proviene de la vista (Kaplan, 1979). Según el Visual Landscape Design Training Manual (Forest Service de la British Columbia, Canada) la percepción humana se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 9. Percepción humana

Esquema de la percepción Humana	
Vista	87%
Oído	7%
Olfato	3-5%
Gusto	1%
Tacto	1-5%

Fuente: (Forest service British Columbia)

- **Identificación e inventario de recursos paisajísticos**

Se entiende por recursos paisajísticos los elementos lineales o puntuales singulares de un paisaje o grupo de éstos que definen su individualidad y que tienen un valor visual, ecológico, cultural y/o histórico.

Así pues definidas las unidades de paisaje se procede a identificar aquellos elementos singulares de los cuales va a depender, como se comprobará, su valoración ambiental.

- **Valoración de la calidad del paisaje**

El valor paisajístico es el valor relativo que se le asigna a cada unidad de paisaje y a cada recurso paisajístico por razones ambientales, sociales, culturales o visuales. Dicho valor está determinado por la calidad paisajística intrínseca de la unidad y la visibilidad que posea.

La visibilidad de las unidades paisajísticas y los recursos paisajísticos existentes en la cuenca visual se determina y analiza de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

Tras la definición y caracterización de las unidades de paisaje y de los recursos paisajísticos existentes en ellas, se procedió a la valoración de la calidad paisajística. Ver anexo 5: Matriz de valoración paisajística.

## **Resultados**

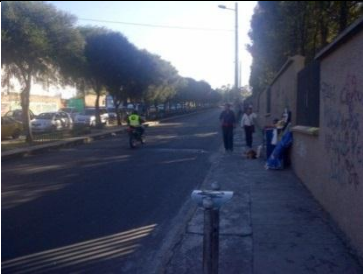


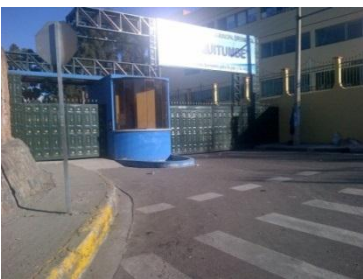

### **Descripción general del paisaje**

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Campus Sur, se encuentra en la Av. Morán Valverde y Rumichaca, como se encuentra construida en una vía de primer orden es normal el alto movimiento vehicular y comercial.

En general el sistema en donde se encuentra construida la universidad corresponde al “Sistema Paisajístico Cultural Densificado” por la presencia de pendientes no muy pronunciadas, con la presencia de tráfico vehicular, viviendas y comercio.



Tabla 10. Descripción de las unidades de paisaje

Sistema paisajístico	Unidad de paisaje
Cultural densificado	Quitumbe-Morán Valverde
<p><b>Descripción:</b> Presenta una morfología llana con pendientes no mayores al 10% de elevación, rodeada por terrenos urbanos. Es una zona con presencia de casas de pisos, pequeños negocios y una cancha deportiva. Se observa otras unidades educativas como la “Unidad Educativa Municipal Quitumbe” frente a U.P.S, y la Escuela “Rafael Buchelli” colindando. Dentro del entorno paisajístico se encuentra la presencia del Hospital “Un Canto a la Vida” y el Parque “Las Cuadras”</p>	
<p>Sensibilidad paisajística: <b>baja</b></p>	
	
<p>Av. Rumichaca</p>	<p>Av. Morán Valverde</p>
	
<p>Locales comerciales</p>	<p>Locales comerciales</p>
	
<p>Unidad Educativa Municipal Quitumbe</p>	<p>Escuela Rafael Buchelli</p>
	
<p>Hospital Padre Carollo</p>	<p>Parque las cuadras</p>

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

De las matrices de evaluación paisajística se obtuvo un total 1,77 de sensibilidad paisajística y 3.33, de cambio de paisaje, de lo cual se puede concluir que la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Campus sur, tiene **incidencia leve** sobre el paisaje puesto que se encuentra en una zona totalmente intervenida con la presencia de tráfico vehicular y locales comerciales.

#### 1.5.3.1.6 Clima.

Para la caracterización del clima del área de estudio se ha recurrido a la información proporcionada por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) en los anuarios meteorológicos, ubicando la estación meteorológica más cercana mediante la comparación de las coordenadas. Siendo así la estación IZOBAMBA (M003) ubicada aproximadamente a nueve km del área de ubicación de la universidad y registrando datos desde el año 2000 al 2008; cuenta con las siguientes coordenadas:

Tabla 11. Coordenadas

LATITUD	LONGITUD
0°21'45''S	78°33'11''W

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología)

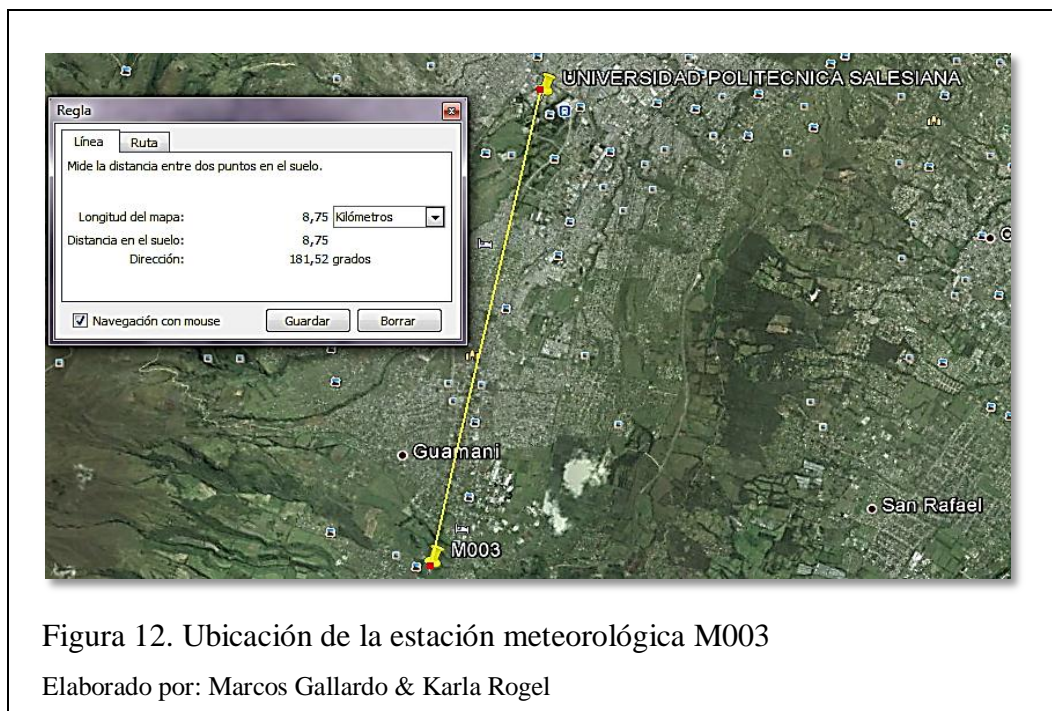
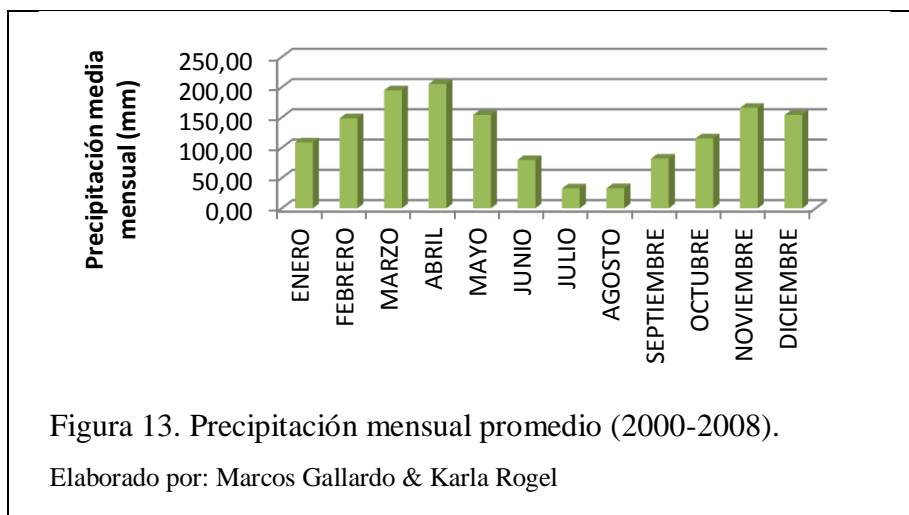


Figura 12. Ubicación de la estación meteorológica M003

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

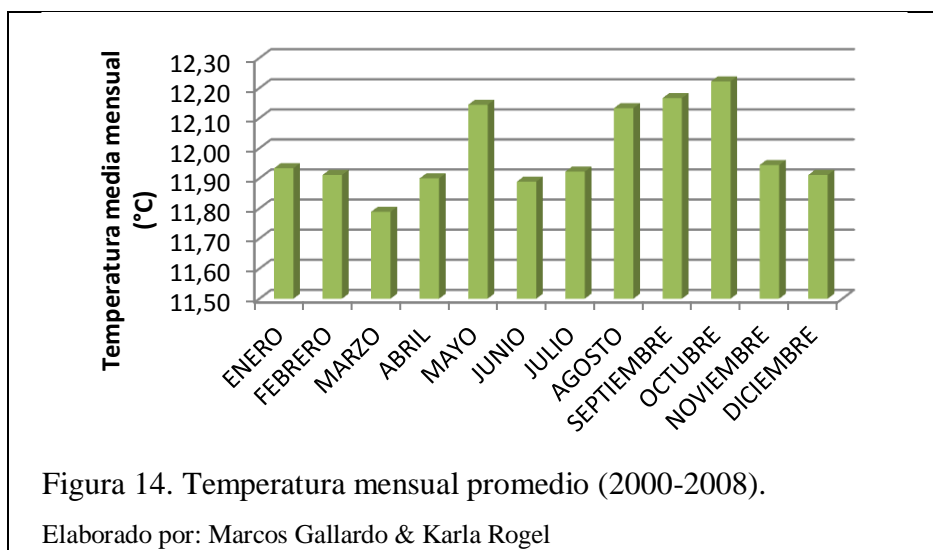
- **Precipitación media mensual**

El área en estudio presenta un régimen de precipitaciones pronunciadas entre los 122,82 milímetros al año. La época lluviosa se extiende de febrero a mayo y la seca de junio a septiembre. Los meses más secos son: julio, y agosto registrando valores de 32,94 mm y 33,04mm respectivamente; los meses más lluviosos corresponden a marzo y abril encontrando precipitaciones de 194,88mm y 205,12mm respectivamente.



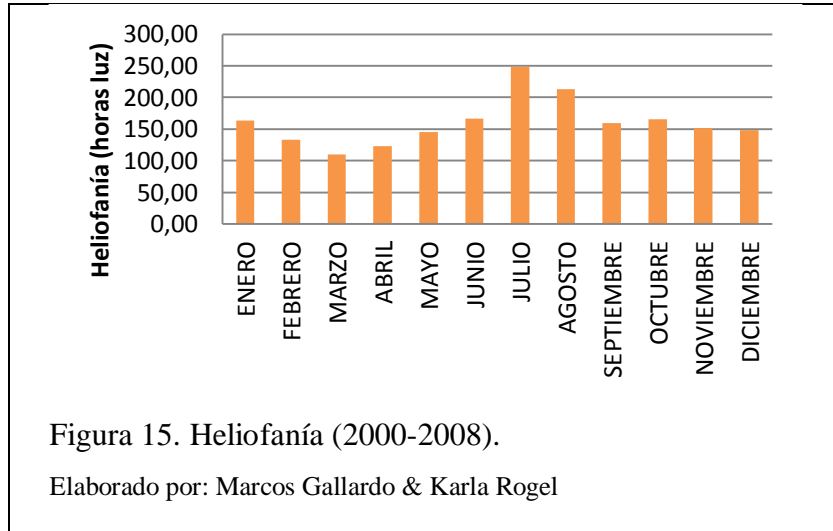
- **Temperatura media mensual**

De los datos registrados en la estación meteorológica IZOBAMBA (MOO3), se ha podido determinar y registrar que la temperatura media del aire es de 11,99 grados centígrados. La temperatura máxima es de 12,22 °C registrada en el mes de octubre, mientras que la temperatura mínima corresponde al mes de junio con 11,89 °C



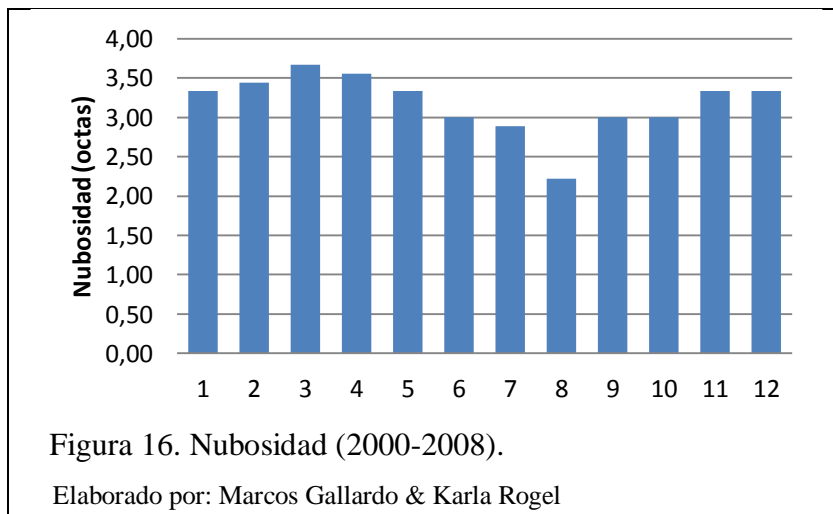
- **Heliofanía**

Las horas luz que registró la estación meteorología IZOBAMABA desde los años 2000 al 2008, tiene un promedio de 160.52 horas, de los cuales el mes con mayor heliofanía corresponde a julio con 284,99 horas y el mes que registra una menor heliofanía es el mes de marzo con 109,73 horas.



- **Nubosidad**

La nubosidad es la medida de cantidad de nubes que se encuentran presentes en la atmosfera, de los datos registrados en la estación IZOBAMBA (M003), de los años 2000 al 2008 presenta una nubosidad 3,18 octas de cielo cubierto, es decir un cielo parcialmente cubierto por nubes. El mes que presenta mayor cantidad de nubes en la atmosfera es el mes de marzo con un valor de 3,67 octas, y los meses con menor cantidad de son junio, septiembre y octubre con 3 octas de cielo cubierto.



### ***1.5.3.2 Medio biótico.***

Por tratarse de una zona intervenida por el ser humano, con la existencia de tráfico vehicular, se describirá la cobertura vegetal, la fauna y flora existente en el sector y sus alrededores, además en forma similar a lo planteado para la parte física, se procedió a obtener información básica de la visita a la zona y se complementó con información secundaria referente a datos bióticos del piso climático.

#### ***1.5.3.2.1 Flora.***

La información se recopiló a través de recorridos de campo a lo largo del terreno de la universidad y sus alrededores, se identificó y evaluó las formaciones vegetales mediante observación directa y se determinó su estado de conservación.

El acelerado proceso urbanístico y el crecimiento poblacional han ido transformando la parroquia de Quitumbe y todo el Distrito Metropolitano de Quito, lo que ha ocasionado la reducción y desaparición de bosques naturales y vegetación nativa.

Por esta razón la presencia de espacios verdes y arborización en la universidad se ha hecho presente para obtener un valor estético y también como se trata de una zona altamente transitada por vehículos. Estos espacios sirven para purificar el ambiente circundante.



Figura 17. Áreas verdes, y calle arborizadas

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Las condiciones de suelo de la universidad y el clima presentan condiciones favorables para el crecimiento espontáneo de maleza. Crecen sobretodo hierbas, pequeñas plantas herbáceas, así como algunas especies de matorral. En las cercanías de la quebrada se encuentra la presencia de hierba (*Pennisetum clandestinum*).

La universidad se encuentra en una zona donde convergen ecosistemas naturales con mínima presencia y sistemas ecológicos intervenidos o con presencia de vegetación antrópica y ornamental. Bajo estas premisas a continuación se describe la fauna existente dentro del área de estudio:

Tabla 12. Flora











Nombre científico	Nombre común	Imagen
<i>Acacia dealbata</i>	Arobo	
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Hierba	
<i>Phoenix canariensis</i>	Palma Fenix	
<i>Sambucus nigra</i>	Tilo	
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	
<i>Yucca aloifolia</i>	Palma	
<i>Callistemon viminalis</i>	Cepillo	
<i>Pelargonium grandiflorum</i>	Geranio	

Tabla 12. Flora (continuación...)

<i>pinus radiata</i>	Pino de Monterey	
<i>Trifolium repens</i>	trébol	

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

#### 1.4.3.2.2 Fauna.

Para el componente de fauna se realizó una revisión de la información bibliográfica existente generada en estudios anteriores para el área donde se encuentra construida la universidad, además se utilizaron técnicas de observación directa para determinar la presencia de este componente en el área de influencia.

Como la universidad se encuentra en un área totalmente intervenida, la presencia de los jardines y la quebrada existentes son importantes para la fauna adaptada a vivir con la presencia del ser humano, este tipo de fauna es de carácter generalista, es decir; no tiene preferencias de hábitat y son de baja sensibilidad.

Dentro del área de estudio se destaca el grupo de las aves ya que son los más abundantes y el mejor adaptado a vivir en este tipo de ecosistemas.

Tabla 13. Fauna




Nombre científico	Nombre común	Imagen
Aves		
<i>Senaida auriculata</i>	Tortola orejuda	
<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	
<i>Turduss fuscater</i>	Mirlo grande	

Tabla 13. Fauna (continuación...)

<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión	
Reptiles		
<i>Pholidobulus montium- Teiidae</i>	Lagartija de jardín	
Insectos terrestres		
<i>Apis mellifera</i>	Abeja	
<i>Musca doméstica</i>	Mosca doméstica	
Mamíferos		
<i>Mus musculus</i>	Ratón domestico	
<i>Rattus rattus</i>	Rata negra	
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata Noruega	
<i>Canis familiaris</i>	Perro domestico	
<i>Felis silvestris catus</i>	Gato domestico	

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### ***1.5.3.3 Aspectos socio – económicos y culturales de la población que habita en el área de influencia.***

Se procedió a recabar información de campo acerca de los datos socio económicos de la zona, complementado con datos estadísticos del INEC, INFOPLAN, ODEPLAN y el SIISE.



#### 1.5.3.3.1 Aspectos demográficos.

El Distrito Metropolitano de Quito es un cantón natamente urbano, un 73% de la población se localiza en el área urbana de la ciudad y el 27% restante corresponde a la población suburbana y rural.

La población en el área de influencia directa corresponde a la parroquia Quitumbe del cantón Quito ubicado en la provincia de Pichincha, por lo que los datos presentados corresponden a los resultados emitidos por el INEC del último censo realizado en el 2010 sobre la población de la parroquia, con un valor de 77.546 habitantes aproximadamente. Según el sistema de información social 2007 DMQ, en la zona existe alta presencia de migrantes indígenas y campesinos de las diferentes provincias especialmente de la Sierra Centro y Sur.

#### 1.4.3.3.2 Condiciones de vida.

El nivel de pobreza en el área de influencia de la universidad está calificado como un nivel medio-alto debido a que la mayoría de habitantes del sector tienen acceso a la mayoría de los servicios básicos.

Tabla 14. Indicadores de pobreza

Indicador	
Pobreza	Porcentaje (población total)
Personas en hogares con alta dependencia económica	1,9
Personas en hogares con hacinamiento crítico	12
Extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)	5,4
Personas que habitan viviendas con características físicas inadecuadas	1,8
Personas que habitan viviendas con servicios inadecuados	15,1
Pobreza por necesidades básicas insatisfechas	25,6
Personas en hogares con niños que no asisten a la escuela	1,1

**Fuente:** ( Sistema Integrado de Indicadores Sociales- SIISE, 2010)

Es una zona con alta presencia de industrias y empresas, existen 82 empresas privadas importantes distribuidas a lo largo de la Av. Pedro Vicente Maldonado,

existe una concentración de la pobreza de alrededor del 60% por bajos ingresos y por demandas insatisfechas, el índice de desempleo en promedio tanto por ingresos como por necesidades básicas insatisfechas es del 70%.

- **Educación**

Dentro del área de estudio se encuentran tres instituciones educativas de las cuales una corresponde a la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, campus sur, es una unidad educativa municipal y la tercera es una escuela bilingüe.

Tabla 15. Educación

Institución	Sostenibilidad	Tipo de educación	Número de maestros	Número de estudiantes
U.P.S	Particular Religiosa	Superior	148	3.693
Unidad Educativa Quitumbe	Municipal	Regular	98	2.149
Escuela Rafael Buchelli	-	-	-	-

Fuente: ( Sistema Integrado de Indicadores Sociales- SIISE, 2010)

Dentro de los indicadores de educación de la parroquia tenemos los siguientes:

Tabla 16. Indicadores de educación

Educación	Porcentaje
Analfabetismo	2,4
Educación básica completa	72,2
Primaria completa	93,5
Instrucción superior	36,7

Fuente: ( Sistema Integrado de Indicadores Sociales- SIISE, 2010)

- **Salud**

Para el análisis de la salud, se ha recurrido a datos del INEC, en los siguientes aspectos:

- **Establecimientos de salud:**

Se trata de organizaciones destinadas al cuidado y atención de la salud a través de la prevención y/o el diagnóstico y/o el tratamiento, en una sola ubicación física para lo cual se dividen en dos tipos:

Los establecimientos sin internación hospitalaria ofrecen atención a pacientes que no requieren intervención prolongada o que solo necesitan un diagnóstico.

Los establecimientos con internación hospitalaria involucran instalaciones permanentes que incluyen camas, atención profesional constante y cuidados continuos.

En la zona existen 20 unidades operativas de salud en dos áreas: en Guamaní con 8 unidades que atiende emergencias y partos, pero con dificultad y en Chillogallo con 12 unidades. De acuerdo al Ministerio de Salud los habitantes de Quitumbe deben ser atendidos por el Área de Salud N° 19, donde se reporta como principales causas de consulta médica en el periodo del 2010-2011 las siguientes:

Tabla 17. Indicadores de salud

Causa De Morbilidad	Porcentaje
Infección respiratoria	60,17
Infecciones de transmisión sexual	20,38
Enfermedad Diarreica aguda	8,61
Obesidad	2,48
Depresión	1,90
Diabetes Mellitus	1,44
Ansiedad	0,75
Accidentes terrestres	0,41
Violencia y maltrato	0,21
Otras causas	0,27

Fuente: ( Sistema Integrado de Indicadores Sociales- SIISE, 2010)

- **Vivienda**

El área de estudio comprende una zona netamente urbana, donde el estrato social de los habitantes es medio-bajo. Mayoritariamente la zona de influencia directa está compuesta por viviendas de uno y dos pisos de estructura de hormigón.

Uno de los problemas fundamentales de la zona es la irregularidad en la propiedad de la tierra, existe unos 177 barrios irregulares y 40% de la población son arrendatarios, esto equivale a 22,400 familias son vivienda. Para el sector la dotación de servicios públicos es la siguiente:

Tabla 18. Indicadores de vivienda

Indicador	
Vivienda	Porcentaje
Medios de eliminación de basura	98,8
Servicio eléctrico	99,6
Personas con acceso a medios de eliminación de excretas	99,8
Red de alcantarillado	96,2
Servicio de teléfono convencional	64
Personas que viven en hogares con computadoras	55,7
Vivienda propia	47,1

Fuente: ( Sistema Integrado de Indicadores Sociales- SIISE, 2010)

- **Estratificación**

La actividad que la universidad no altera las tradiciones culturales de los habitantes de las zonas aledañas a donde se encuentra la misma, sin embargo mejora el nivel de vida puesto que genera fuentes de empleo tanto directa como indirectamente, además que contribuye a crear profesionales de calidad en el ámbito laboral. El sitio donde se encuentra la universidad es una zona urbana, es decir está compuesta principalmente de viviendas y las actividades de los sectores secundarios y terciario, siendo insignificante el primario.

- **Infraestructura física**

La Universidad Politécnica Salesiana se encuentra construida en la Av. Morán Valverde y Rumichaca, cantón Quito, provincia de Pichincha. La calle en la que se localiza la estación de servicio es de primer orden lo que implica ser altamente transitada por vehículos, buses intercantonales, buses interparroquiales, entre otros.

En la Av. Morán Valverde no existe la presencia de desarrollo industrial, pero existe una fuerte actividad comercial en las que se encuentran tiendas, locales de internet y restaurantes justamente por la presencia de instituciones educativas cercanas. A 700 m aproximadamente se encuentra el estadio del Aucas, que es un lugar de recreación y una infraestructura importante en donde se desarrollan diversos eventos.

Otro lugar de importancia es el centro comercial “Quicentro del Sur” ubicado a 1 km aproximadamente, dicho lugar es de importancia comercial y turística para el sector.



Figura 18. Infraestructura física

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

#### 2.1 Materiales y métodos

Para seleccionar un proceso de tratamiento o combinar algunos de ellos se considera ciertos factores y características del lugar y de las aguas residuales a tratar como:

- Características del agua cruda.
- Calidad final del agua.
- Disponibilidad de espacio.
- Costos de construcción y operación.

Los procesos se seleccionan según cada caso individual de acuerdo a requerimientos necesarios de disminución de la carga contaminante o usos posteriores del agua.

#### 2.2 Muestreo

##### 2.2.1 Sitio del muestreo.

El muestreo fue realizado en el punto final la caja de revisión donde se unen todas las redes hídricas de la UPS-Q-S que es el lugar que aporta la contaminación total del campus, y se encuentra ubicado en la parte posterior del bloque G previo a la descarga en la quebrada.



Figura 19. Punto de muestreo

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

##### 2.2.2 Material.

**Limnígrafo- muestreador:** Es un equipo fabricado para cumplir dos funciones, la primera es la de medir y registrar el caudal, y la segunda es la de recolectar muestras

de agua compuestas durante un periodo de tiempo específico. Debido a la sensibilidad del equipo este fue fabricado dentro de una caja que sirve como protección para permanecer en la intemperie y cuenta con su propio regulador de voltaje, instalación eléctrica, software y un sensor externo, además de componentes hidráulicos por donde se maneja la muestra, incluye una bomba y un vertedero pequeño.



## 2.3 Muestreo de campo

### 2.3.1 Caudal efluente UPS-Q-S.

Ante la dificultad de realizar una medición manual del caudal en el punto de muestreo de la UPS-Q-S se realizó una medición directa utilizando el limnógrafo descrito anteriormente, el cual hizo mediciones del caudal proveniente de baños, cafetería, jardines, laboratorios y aguas lluvia que se conectan al sistema de drenaje de la UPS-Q-S y bajan a una caja de revisión previo a la descarga en el sistema de alcantarillado centralizado.

El limnógrafo es un dispositivo que funciona con un sensor que recibe información del nivel de agua en una tubería PVC de 50 cm de diámetro y registra el caudal. El equipo fue instalado detrás del bloque A en la última caja de revisión de la red hídrica de la UPS-Q-S.

La instalación del equipo comenzó con la colocación del vertedero en el fondo de la caja de revisión; para que pueda realizarse la medición primero se tuvo que sellar la salida del efluente utilizando una tapa de plástico con diámetro de 50 cm, valor

aproximado al orificio de salida y se utilizaron soportes de madera para apuntalar y evitar posibles fugas.

La tapa estuvo conectada al vertedero para poder controlar toda el agua residual que se descargue y no tener problemas para medir el caudal, tomar muestras y evacuar el agua a través del vertedero.



Figura 21. Tapa para el sellado y colocación del vertedero lugar: UPS-Q-S

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

El vertedero tenía anexado una tubería PVC con la finalidad de colocar en la parte superior el sensor que mediría el caudal.



Figura 22. Vertedero instalado

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Posteriormente se realizaron las conexiones hidráulicas, y se sumergió la bomba en el agua residual, se utilizó la red eléctrica de la construcción del nuevo bloque para la UPS-Q-S para poner en funcionamiento el sistema.





Figura 23. Conexiones hidráulicas vertedero-  
caja de revisión con el equipo

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Las mediciones fueron programada para ser realizadas cada 10 minutos durante 31 horas obteniendo como caudal promedio: 0,944 l/s.



Figura 24. Equipo instalado y listo para  
funcionar

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

## 2.4 Caracterización del agua residual

Para la caracterización del agua residual del limnógrafo se tomó una muestra compuesta de aproximadamente 20 litros, la misma que fue transportada bajo refrigeración al laboratorio CICAM en la Escuela Politécnica Nacional.

La calidad del agua residual (AR), está dada por sus características basadas en sus parámetros físicos, químicos y biológicos es por ellos que para la caracterización del AR se emplean diferentes métodos analíticos que miden estos parámetros. Las

alteraciones físicas más importantes se establecen por parámetros como el contenido en sólidos totales, que engloba:

- Sólidos suspendidos
- Sólidos sedimentables
- Materia coloidal
- Sólidos disueltos

Es importante que se realice dentro de las instalaciones un monitoreo periódico de aguas residuales que permita conocer en forma sistemática las alteraciones de la calidad de los efluentes, para proponer acciones y estrategias a aplicarse con fin de cumplir con los estándares establecidos en la legislación ambiental ecuatoriana.

“Cada persona genera 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113.5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio.” (Mara & Cairncross, 1990)

El propósito de realizar una caracterización de los efluentes de la UPS-Q-S fue determinar los contaminantes que se encuentran en esta y así proponer un adecuado tratamiento.

La demanda de estudiantes es cada vez mayor lo que implica un aumento en el caudal de aguas residuales y por consiguiente una mayor contaminación no solo al agua sino también a la población y al ambiente en general.

Considerando estas premisas se realizó el muestreo y análisis de los efluentes de la universidad dichas muestras fueron realizadas en el Laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional-Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM), el mismo que se encuentra acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano OAE.

#### **2.4.1 Parámetros.**

Los parámetros que se analizaron del agua proveniente de las descargas de la UPS-Q-S se tomaron de la tabla B.1, de la ordenanza 213, que se detallan a continuación:

Tabla 19. Parámetros analizados

Parámetro	Unidad	Límite alcantarillado	Límite cauce de agua
Potencial hidrógeno	....	5.0<pH<9.0	5.0<pH<9.0
Aceites y Grasas	mg/l	100	50
Coliformes fecales	NMP/100ml		
Coliformes totales	NMP/100ml		
Demanda bioquímica de oxígeno DBO5	mg/l	120	70
Demanda química de oxígeno DQO	mg/l	240	123
Fenoles	mg/l	0,2	0,2
Sólidos sedimentables	ml/lh	10	1
Sólidos suspendidos	mg/l	95	53
Sólidos totales	mg/l		
Tensoactivos (detergentes anionicos)	mg/l	0,5	0,5

Fuente: Tabla b.1, ordenanza 213. Distrito Metropolitano De Quito

#### 2.4.2 Metodología de muestreo y análisis.

Las muestras de agua recolectadas en la caja de revision final fueron etiquetados e ingresadas al laboratorio del CICAM para el análisis respectivo.

En este laboratorio se analizó el pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, coliformes totales, coliformes fecales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos totales y tensoactivos, dichos análisis se realizaron de acuerdo con la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito (Ordenanza Sustitutiva del Título V “Del Medio Ambiente”, Libro Segundo del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito).

El análisis agua y su compuestos, se realiza en base a métodos estandarizados, procedimientos tanto de campo como de laboratorio.

La metodología de muestreo y preservación utilizada en el laboratorio fue:

- Método APHA “Standard Methods for examination of water and wastewater”

### 2.4.3 Resultados.

Para realizar la interpretación de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de las muestras de agua, se hizo necesario utilizar los parámetros establecidos por la normativa ecuatoriana en este caso la Ordenanza 213 para el Distrito Metropolitano de Quito.

El principal factor que incide sobre la calidad de las aguas es la cantidad de habitantes que realizan cotidianamente sus actividades dentro de las instalaciones. Los datos de laboratorio indican un elevado índice de coliformes fecales, DBO<sub>5</sub> y DQO además a esto hay que añadirle las precipitaciones que se registran que arrastran sedimentos y tomar en cuenta la poca o nula capacidad de auto-depuración de la quebrada a donde se dirigen todas estas aguas.

Es importante considerar que gracias a estas descargas no solo el ambiente se deteriora sino también la salud de la población, puesto que por el mal olor que emana la quebrada, la proliferación de fauna nociva como son ratas, mosquitos y otros vectores es evidente.

Algunos parámetros como el olor no fueron analizados en el laboratorio, sin embargo organolépticamente en las visitas de campo, se pudo determinar que tenía un fuerte olor a materia fecal en descomposición causado por el desprendimiento de Esكاتول C<sub>9</sub>H<sub>9</sub>N al momento de pudrirse la materia orgánica.

Otro parámetro que se analizó *in situ* fue el color, este presentaba un color café-grisáceo.

Tanto el color como el olor son importantes al momento de analizar el grado de incomodidad que producen, así como los efectos tóxicos que pueden producir en la población.

En la tabla que se muestra a continuación están los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de agua.

Tabla 20. Resultados

Parámetros	pH	Aceites y grasas	Coliformes fecales	Coliformes totales	DBO <sub>5</sub>	DQO	Fenoles	Sólidos sedimentables	SS	ST	Tensoactivos
Descarga líquida de la UPS-Q-S	8,83	234	460x10 <sup>2</sup>	15x10 <sup>4</sup>	352,3	1510	0,749	5	340	1242	1,957
Ordenanza 213 Tabla B:1	5.0<pH<9.0	100			120	240	0,2	10	95		0,5
<b>CUMPLE NORMA</b>	<b>SÍ CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>			<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>	<b>SÍ CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>		<b>NO CUMPLE</b>

Fuente: Tabla b.1, Ordenanza 213. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2007)

De los resultados obtenidos se puede observar que solamente el pH y los sólidos sedimentables se encuentran cumpliendo la norma ambiental vigente.

Los aceites y grasas encontrados en la muestra de agua sobrepasan el límite máximo permisible lo que indicaría poca sedimentación de sólidos y por ende una mala depuración de la misma. Las actividades que se realizan en la universidad que podrían ser responsables son las aguas provenientes de los laboratorios y también del agua utilizada en la cafetería para cocinar. Es importante tener en cuenta que la presencia de estos contaminantes ocasionan grandes problemas en los sistemas de recolección y tratamiento de aguas.

Las aguas residuales generadas dentro de la UPS-Q-S presentan una elevada carga orgánica medida como  $DBO_5$  y sólidos suspendidos.

Los fenoles sobrepasan el límite máximo permisible por la degradación de los productos fitosanitarios que proceden de la universidad.

Los tensoactivos encontrados en la muestra sobrepasan el límite, esto se puede atribuir principalmente a las actividades de limpieza que se realiza dentro de las instalaciones.

## **2.5 Mediciones en laboratorio**

### **2.5.1 Tiempo de sedimentación.**

La sedimentación es la remoción por efecto de la gravedad las partículas en suspensión de un fluido. En el tratamiento de aguas residuales es necesario sedimentar las partículas más grandes para mejorar el rendimiento y el funcionamiento de procesos posteriores.

Para determinar cuál será el tiempo de sedimentación se realizó una prueba de determinación de sólidos sedimentables en laboratorio con un instrumento conocido como cono Imhoff con capacidad de 1.000 ml y una muestra de agua residual homogenizada. Este método permite una fácil visualización de la cantidad que se va sedimentando en intervalos de tiempo (Sánchez, 2013).

- Se colocó la muestra en el cono de Imhoff hasta la marca de 1000 ml.
- Cada 5 minutos se registraron los datos del volumen de sólidos sedimentados en la parte inferior del cono expresado en ml/l.

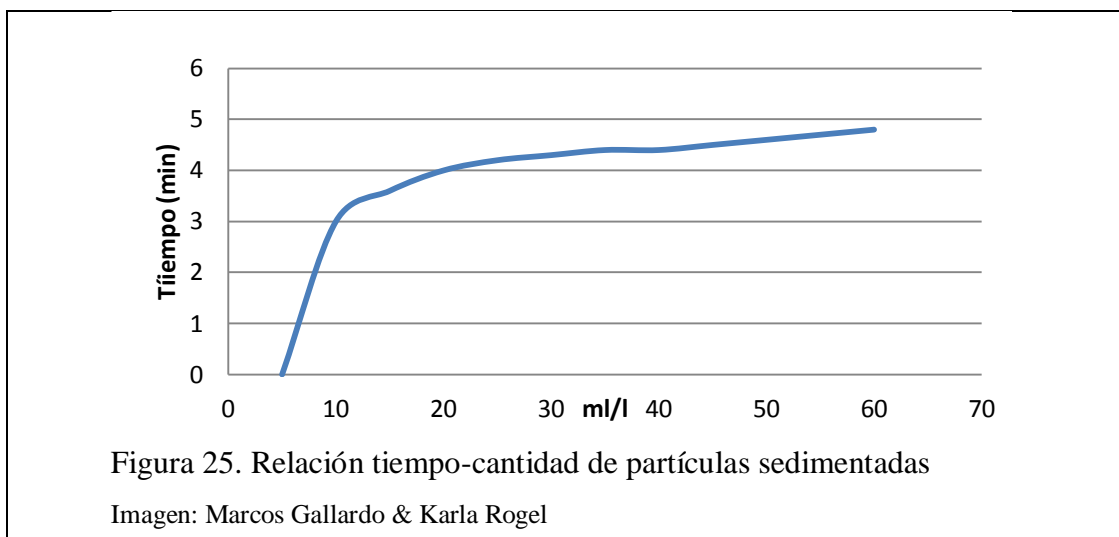
- Se dejó sedimentar durante 60 minutos.
- Con los datos obtenidos se realizó una gráfica y un análisis para determinar el tiempo más adecuado de sedimentación.

Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 21. Resultados cono Imhoff

Cono Imhoff	
Tiempo (min)	ml/l
5	0
10	3
15	3,6
20	4
25	4,2
30	4,3
35	4,4
40	4,4
45	4,5
50	4,6
55	4,7
60	4,8

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel



Pasados los 20 minutos se sedimentó la mayor cantidad de partículas y la cantidad más significativa fue a los 12 minutos por lo tanto el tiempo de sedimentación seleccionado para el diseño fue de 12 minutos

### 2.5.2 Determinación de la turbidez.

“La turbidez es una medida de la capacidad de un agua para dispersar y absorber la luz en línea recta a través de una muestra y es indicativa de la presencia de material disperso, emulsificado o suspendido” (Ramos, 2003, pág. 78).

Para la determinación de la sedimentación, turbidez y pH del agua residual proveniente de la UPS-Q-S se procedió hacer la denominada prueba de jarras en las instalaciones de la universidad. Se utilizó dicho equipo compuesto de 6 jarras de acrílico, cada uno de 1 litro de capacidad. Tomando en cuenta las concentraciones iniciales de pH=5,679 y turbidez=141,5 NTU.



Figura 26. Prueba de jarras

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Para determinar la dosis óptima del coagulante que en este estudio fue el sulfato de aluminio, se incorporaron al agua cruda distintas cantidades pesadas en el laboratorio, 0,25g/l, 0,50g/l, 0,75g/l, 1g/l, 1,25g/l y 1,5g/l se colocaron en las jarras en orden ascendente como se muestra en la fotografía. El tiempo de la mezcla rápida fue de 1 minuto a 100 rpm en los cuales se pudo observar que en la concentración de 1,25 no se formaron los flóculos esperados así que volvió a mezclar por un tiempo de 3 minutos a 100rpm. (Sánchez, 2013)





Figura 27. Prueba de jarras-concentraciones de sulfato de aluminio

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Posterior a esto se dejó reposar todas las muestras, al cabo de 10 minutos se pudo observar que la mayoría se sedimentó como se esperaba. Se estimó como la concentración óptima a la menor es decir; a la de 0,25g/l de sulfato para obtener la turbiedad más baja.



Figura 28. Muestra inicial-muestra final

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Una vez realizada la prueba de jarras se procedió a medir el pH y la turbidez de las muestras ya sedimentadas.

Para medir el pH se utilizó un medidor digital de pH, se verificó que el mismo se encuentre calibrado, evidenciado esto se procedió a colocar el electrodo dentro de la

jarra y se leyó directamente el valor en el equipo, esto se realizó con cada una de las jarras.



Figura 29. Medidor de pH digital

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Una vez medido el pH precedimos a medir la turbidez del agua, esto lo hicimos colocando una muestra del agua ya sedimentada con el sulfato de aluminio en la celda, y se la coloco en el turbidímetro previamente calibrado con muestras de agua que tenían una turbidez ya conocida, luego se leyó el valor.



Figura 30. Medición de turbidez-turbidímetro

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Los datos de turbidez posteriores a la prueba de jarras fueron satisfactorios ya que la turbidez bajó más de un 80% como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22. Resultado de prueba de jarras

Concentración de floculante	pH	Turbidez	% de remoción
0,25 g/l	5,66	14,26	89,92%
0,5 g/l	5,672	19,49	86,22%
0,75 g/l	5,671	22,26	84,26%
1 g/l	5,671	21,69	84,67%
1,25 g/l	5,671	20,27	85,67%
1,5 g/l	5,671	23,99	83,04%

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Al momento de determinar el porcentaje de remoción se realizaron los siguientes cálculos:

$$\% \text{ de remoción} = \frac{\text{concentracion inicial} - \text{concentracion final}}{\text{concentracion inicial}} \times 100$$

Para [0,25]

$$\% \text{ de remoción} = \frac{141,5 - 14,26}{141,5} \times 100 = 89,92 \%$$

Para [0,5]

$$\% \text{ de remoción} = \frac{141,5 - 19,49}{141,5} \times 100 = 86,22 \%$$

Para [0,75]

$$\% \text{ de remoción} = \frac{141,5 - 22,26}{141,5} \times 100 = 84,26 \%$$

Para [1]

$$\% \text{ de remoción} = \frac{141,5 - 21,69}{141,5} \times 100 = 84,67 \%$$

Para [1,25]

$$\% \text{ de remoción} = \frac{141,5 - 20,67}{141,5} \times 100 = 85,67 \%$$

Para [1,5]

$$\% \text{ de remoción} = \frac{141,5 - 23,99}{141,5} \times 100 = 83,04 \%$$

## CAPÍTULO 3

### CÁLCULOS Y RESULTADOS

#### 3.1 Sistema de lagunas

Las lagunas como sistema de tratamiento constituyen un método simple que puede ser conveniente debido a su bajo costo de construcción y sencillez operacional. Las lagunas son construcciones formadas por excavaciones poco profundas y cercadas.

Es un método de bajo costo de inversión, operación y mantenimiento, además admite grandes caudales con altos porcentajes de remoción de DBO y coliformes fecales. Estos tratamientos son usualmente usados en comunidades rurales y pequeñas.

Existen diferentes tipos de lagunas, siendo más utilizadas las lagunas facultativas que combinan procesos anaerobios y aerobios en un mismo medio para aumentar su eficiencia. Es por ello que en este capítulo se ha diseñado un sistema de lagunas facultativas y de aireación para comprobar si la construcción de esta será una solución viable para el tratamiento de los efluentes líquidos residuales dentro de la universidad.

##### 3.1.1 Diseño lagunas facultativas.

Las lagunas facultativas por lo general tienen profundidades entre 1,5 a 2,5 metros para proporcionar características adecuadas para que se puedan formar y actúen las bacterias que van a disminuir la carga contaminante del agua residual. Las lagunas facultativas constan de tres zonas:

- **La zona aerobia:** Se encuentra en la superficie aquí es en donde existen bacterias aerobias y algas que ayudan a formar un medio oxigenado.
- **La zona intermedia:** Lugar con características aerobias y anaerobias, aquí actúan bacterias facultativas principalmente que descomponen la materia orgánica.
- **La zona anaerobia:** Ubicada en el fondo, donde se descomponen los lodos y sólidos sedimentados por acción de bacterias anaerobias.

El sistema elimina principalmente la materia orgánica a través de una serie de procesos físicos, químicos y biológicos; principalmente se tiene:

- La sedimentación de material sólido, reduce la materia orgánica del efluente del agua residual.
- La formación de algas por medio de la fotosíntesis proporcionarían el oxígeno necesario para las bacterias aerobias en una relación de simbiosis.
- Transformaciones de los compuestos del agua residual por acción de bacterias disminuyendo la carga contaminante.

El diseño realizado de la laguna requirió del conocimiento de los parámetros.

- Caudal a tratar del agua residual
- Tiempo de retención
- DBO<sub>5</sub>
- Profundidad o calado

El caudal utilizado es el de la UPS-Q-S.

$$Q_{promedio} = 0,944 \frac{l}{s}$$

$$Q_{promedio} = 81.56 m^3/día$$

La profundidad necesaria para proporcionar tanto un medio aireado en la superficie y anaerobio en la profundidad debe ser mayor a un metro. Si se considera que una mayor profundidad reducirá el espacio necesario para la laguna, se seleccionó a 1,8 metros como la medida de diseño.

#### **a. Tiempo de retención**

El tiempo de retención se refiere al tiempo que tiene que permanecer cierto volumen de agua en la laguna para que pueda darse el efecto de remoción y disminución de la carga contaminante por descomposición aerobia.

Para encontrar el tiempo de retención adecuado para cumplir con la normativa se utilizó la fórmula del DBO<sub>5</sub> (Sánchez, 2013).

$$C_f = C_o \times e^{-kt}$$

Dónde:

C<sub>f</sub>= DBO<sub>5</sub> remanente a un tiempo t (concentración final)

C<sub>o</sub>= DBO<sub>5</sub> inicial o cuando t=0 (concentración inicial)

k= Constante específica de velocidad de reacción

Para hallar el tiempo se necesita conocer el valor de k, para definirlo se utiliza la relación entre Cf/Co: 0.7 y tiempo 1 día.

$$k = \frac{-\ln \frac{Cf}{Co}}{t} = 0,356/\text{día}$$

La DBO inicial es el valor correspondiente al análisis de la muestra de laboratorio y es la concentración inicial:

$$Co = 352,3 \frac{mg}{l}$$

La concentración final corresponde a la DBO final (concentración que requerimos llegar para cumplir con la norma de descarga) es de:

$$Cf = 120 \frac{mg}{l}$$

$$t = \frac{-\ln \frac{cf}{co}}{k}$$

$$t = \frac{-\ln \frac{120}{352,3}}{0,356} = 3,03 \text{ días}$$

El tiempo de retención adecuado es de al menos 3 días.

### **b. Volumen**

Al conocer el caudal y el tiempo de retención se puede calcular el volumen

$$V = Q \times T = 81,56 \text{ m}^3/\text{día} \times 3 \text{ días}$$

$$V = 244,7 \text{ m}^3$$

Dónde:

V: volumen

Q: caudal

T: tiempo

### **c. Área superficial**

Para hallar el área superficial se utiliza la profundidad seleccionada con el volumen calculado.

$$A = \frac{V}{P} = \frac{244,7}{1,8} = 135,94 \text{ m}^2$$

Dónde:

A: área superficial

V: volumen

P: profundidad

#### **d. Lagunas facultativas en serie**

En los sistemas de lagunas como tratamiento de aguas residuales se usan más de una por ventajas operativas y el notable efecto sobre la calidad del agua tratada. Se utilizan lagunas en serie o en paralelo según la conveniencia y características del agua y del lugar.

En el presente estudio al analizar el tiempo de retención, el caudal promedio y considerando que el flujo de agua corresponde a una institución educativa que funciona en diferentes horarios se optó por el diseño de dos lagunas en serie.

#### **Dimensiones:**

Las dimensiones de cada laguna facultativa corresponden a la distribución del área anteriormente definidas de la siguiente forma:

$$A = \frac{135,94 \text{ m}^2}{2}$$
$$A = 68 \text{ m}^2$$

El volumen de cada laguna es:

$$A = \frac{V}{P}$$
$$V = A * P$$
$$V = 122,3 \text{ m}^3$$

El largo y ancho de cada laguna individual se encuentra por medio de relaciones adecuadas para dimensionar lagunas facultativas.

$$\frac{3}{1} = \frac{L}{a}$$

Dónde:

L: largo

a: ancho

$$L = 3 \times a$$

$$\text{Área} = L \times a$$

Entonces:

$$A = 3a \times a$$

$$A = 3a^2$$

$$a^2 = \frac{A}{3}$$

$$a = 4,8 \text{ m}$$

$$L = 14,3 \text{ m}$$

Tabla 23. Dimensiones laguna facultativa

Parámetro	Medida
Caudal	81,56 m <sup>3</sup> /día
Tiempo de retención	3 días
Número de lagunas	2 en serie
Profundidad	1,8 m
Volumen	122,3 m <sup>3</sup>
Área superficial	68 m <sup>2</sup>
Ancho	4,8 m
Largo	14,3 m

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

En las figuras que se muestran a continuación se indican las figuras de la laguna.

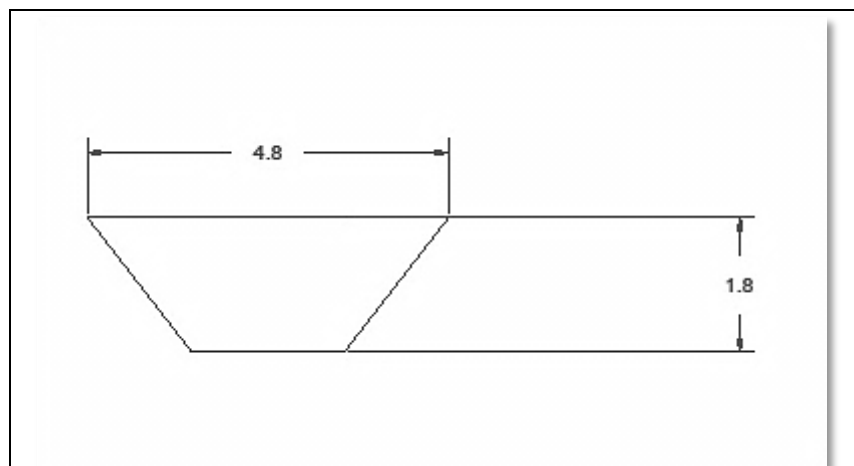
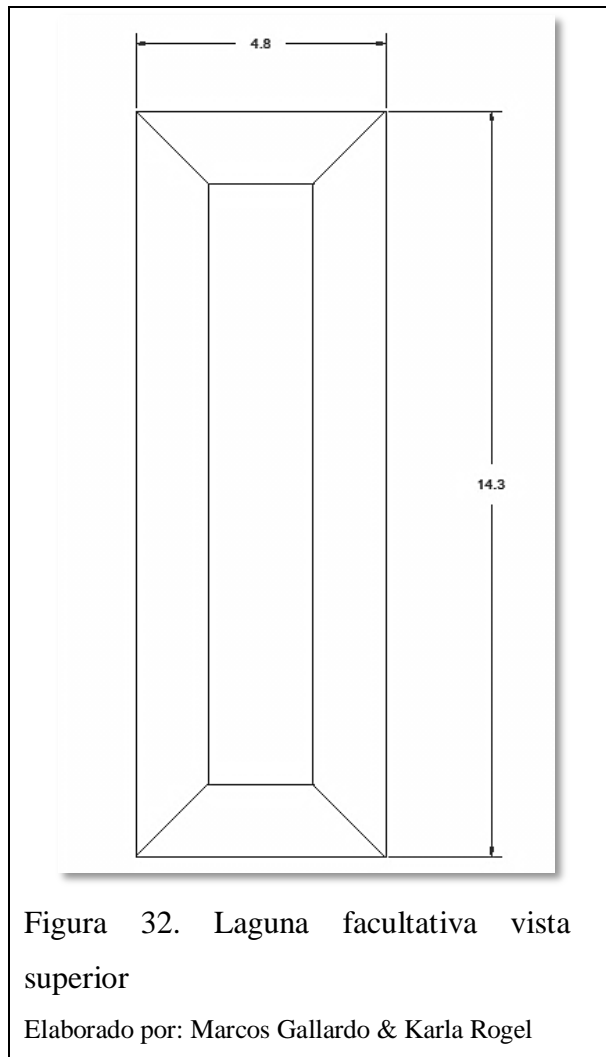


Figura 31. Laguna facultativa vista frontal

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel





### 3.1.2 Diseño laguna de aireación.

Las lagunas de aireación como complemento a otras lagunas previas, cumplen la función de sistema desinfectante y de oxigenación. Su funcionamiento es de apoyo a otros procesos por lo que también son llamadas lagunas de maduración cuando se usan como proceso final. En todo el proceso se mantiene un ambiente oxigenado, por lo que su profundidad no debe ser mayor a un metro. Se plantea este proceso por las ventajas que presenta:

- Incrementa el tiempo de retención dentro del sistema lo que también incrementa el tiempo de remoción de agentes patógenos.
- Disminuye el DBO.
- Clarificación y oxigenación del efluente.
- Mejora la calidad del agua antes de ser descargada.

Para el diseño se considera que existe ya planteado un tratamiento previo (2 lagunas en serie) que va a reducir la carga contaminante y también que se trata de un proceso de apoyo, por lo que no se puede considerar como igual los parámetros de diseño; ya que se presentaría como resultado las dimensiones necesarias para tratar un agua residual con altas cargas contaminantes y al tratarse de un sistema aerobio que requiere menor profundidad, aumentará el espacio necesario para todo el sistema.

Las dimensiones fueron determinadas a conveniencia considerando las características mencionadas y el proceso previo. Los valores fueron aproximados a las lagunas facultativas en lo referente a largo y ancho, la profundidad fue de 0,60 m para permitir un ambiente aerobio, y también consta de una serie de canales que ayudarán en el proceso de oxigenación.

El caudal promedio es.

$$Q_{promedio} = 0,944 \frac{l}{s}$$
$$Q_{promedio} = 81.56 m^3/día$$

**a. Dimensiones**

$$Largo (L) = 14,6 m$$

$$Ancho (a) = 4,8 m$$

**b. Área superficial**

$$A = L \times a$$

$$A = 14,6 \times 4,8 = 70,08 m^2$$

**c. Volumen**

Al conocer el caudal y el tiempo de retención se calcula el volumen

$$V = \text{Área} \times \text{Profundidad}$$

$$V = 70,08 \times 0,6 = 42,05 m^3$$

**d. Tiempo de retención**

El tiempo de retención está en función de los valores conocidos volumen y caudal

$$t = \frac{42,05}{81,6}$$

$$t = 0,5 \text{ días}$$

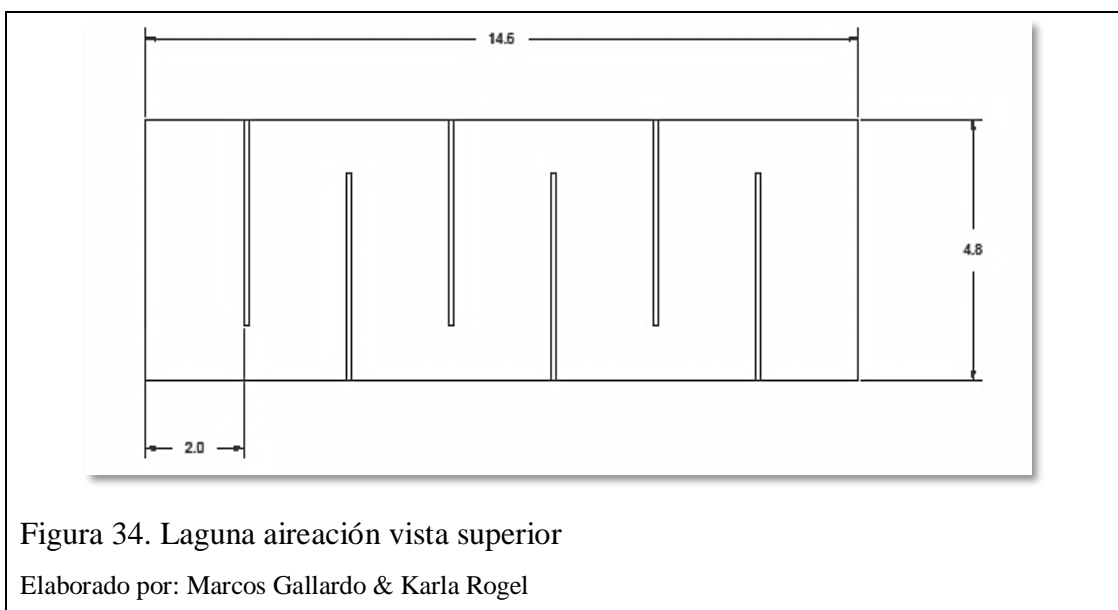
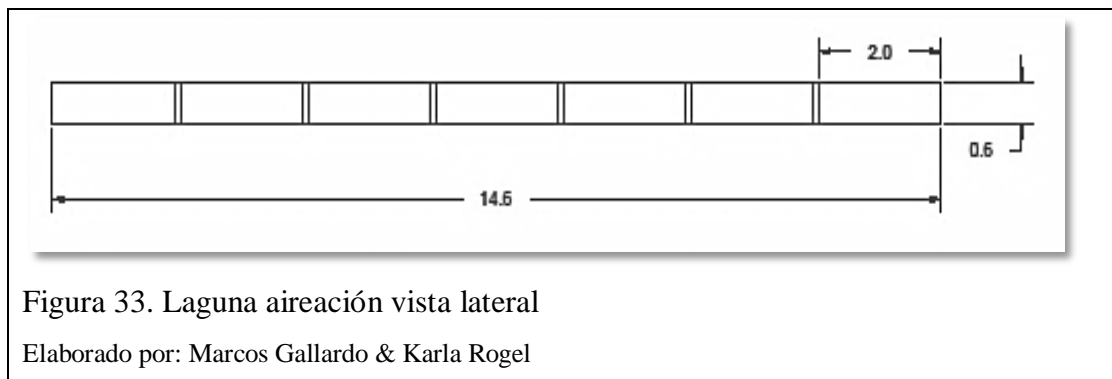
El tiempo de retención adecuado es de al menos 12 horas.

Tabla 24. Dimensiones la laguna de aireación

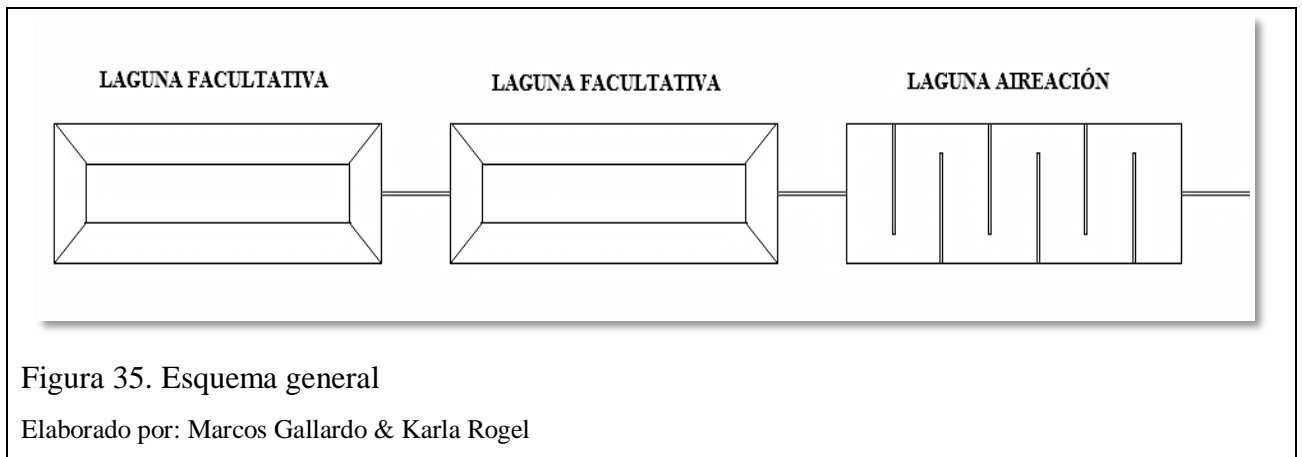
Parámetro	Medida
Caudal	81,56 m <sup>3</sup> /día
Tiempo de retención	1 día
Profundidad	0,6 m
Volumen	42,05 m <sup>3</sup>
Área superficial	70,08 m <sup>2</sup>
Ancho	4,8 m
Largo	14,6 m

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

En las figuras a continuación se indica el esquema de la laguna.



La figura del sistema general:



Una vez dimensionada las lagunas se llega a la conclusión de que la construcción de la misma dentro de las instalaciones de la universidad presenta una serie de dificultades.

- Para que funcione el sistema de forma adecuada se requieren adicionar otros sistemas de tratamiento físico como cribado, desarenador y sedimentador que van a aumentar el espacio requerido de construcción y operación.
- Por las características de todo sistema basado en lagunas hay que tener en cuenta los problemas más usuales como son la excesiva presencia de plantas acuáticas y el mal olor. Según las características de las instalaciones el sistema solo podría ir ubicado a lado de la quebrada, lo que puede generar en una alta presencia de vectores en el área operacional y en las zonas verdes cercanas.
- Las precipitaciones pluviales tienen una influencia; lluvias aisladas o escasas no provocan efectos significativos en las lagunas, con lluvia continua el tiempo de retención hidráulica se reduce mientras que lluvias intensas diluyen el contenido de materia orgánica a la laguna y acarrean material orgánico y mineral por medio del escurrimiento (C.N.A., 1996). Según los datos registrados por la estación meteorología IZOBAMBA de los años 2000 al 2008 la zona de estudio presenta una precipitación media mensual de 122,82mm al año es decir; es un régimen de precipitaciones pronunciadas dificultando aún más la construcción de esta.
- Según los resultados de las caracterizaciones del agua residual proveniente de la universidad destaca que no solo existe presencia de materia orgánica en elevadas cantidades, también existen tensoactivos, fenoles y un DQO por

encima de los límites permitidos. Las lagunas por lo general su especialización se centra en la reducción de la DBO y la materia orgánica, por lo que un sistema de lagunas no resultaría muy efectivo a la hora de tratar los contaminantes de las aguas.

Además, el terreno donde se construiría la laguna es decir; en la parte la quebrada es bastante irregular se hace imprescindible el diseño de otro sistema para tratar los efluentes dentro de la universidad.

### **3.2 Reactor blanket de flujo ascendente (UASB)**

Como ya se comprobó el diseño de una laguna para tratar los efluentes de la universidad es poco viable, es por ello que se diseñó un reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB, en inglés) para verificar su factibilidad como tratamiento.

Este tipo de reactores tienen un bajo costo y una alta eficacia en la remoción de contaminantes, por lo que es ideal para tratar las aguas residuales provenientes de la universidad y así cumplir con las normas ambientales establecidas.

#### **3.2.1 Diseño de un reactor blanket de flujo ascendente (UASB)**

Para el diseño del UASB se debe contemplar algunos parámetros como por ejemplo la forma en la que se va a operar y las implicaciones del diseño para su operación. Algunos puntos de importancia que se tomaron en cuenta para el diseño son:

- Ubicación de la planta: El lugar más adecuado para implementar el reactor es a lado de la quebrada y del sendero que conduce a la Cámara de Comercio de Quito. Se determinó que podría ser construida la planta por la corta distancia con la última caja de revisión.

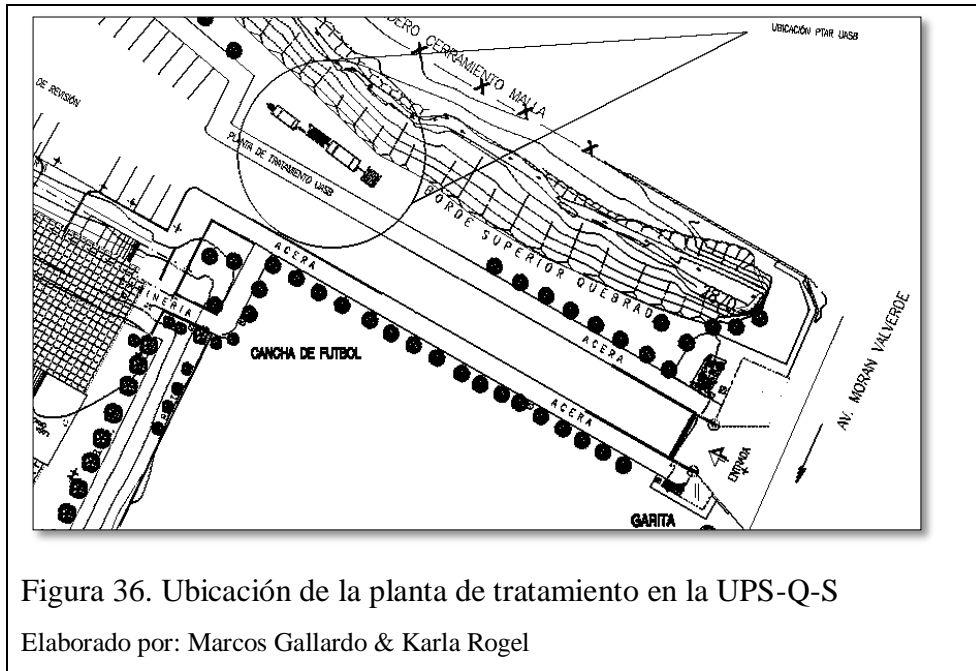


Figura 36. Ubicación de la planta de tratamiento en la UPS-Q-S

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

- Evaluación de los componentes del sistema: este tipo de reactores no puede trabajar en forma aislada, requiere de una serie de tratamientos previos para aumentar su eficacia:
  1. Cribado: La función del cribado es la de retener cualquier material como partículas o papel que pueda obstruir el paso del agua hacia el sistema y así perjudicar el buen funcionamiento de la planta.
  2. Desarenador: La función es la de separar arenas y partículas gruesas (iguales o superiores a 0.2 mm) del flujo de agua residual, ya que podrían afectar el funcionamiento de los siguientes procesos.
  3. Canal Parshall: Es un canal con pendiente, su función es la de mezclar sustancias químicas formadoras de flóculos con el flujo de agua.
  4. Floculador: El floculador se plantea para mantener las condiciones de pH dentro de la planta.
  5. Sedimentador: Su función es la de sedimentar las partículas en suspensión más pequeñas (entre 0.05 mm a 0.2 mm) del flujo de agua y también a los flóculos que se formaron en la etapa anterior

En la siguiente figura se indica los procesos planteados.

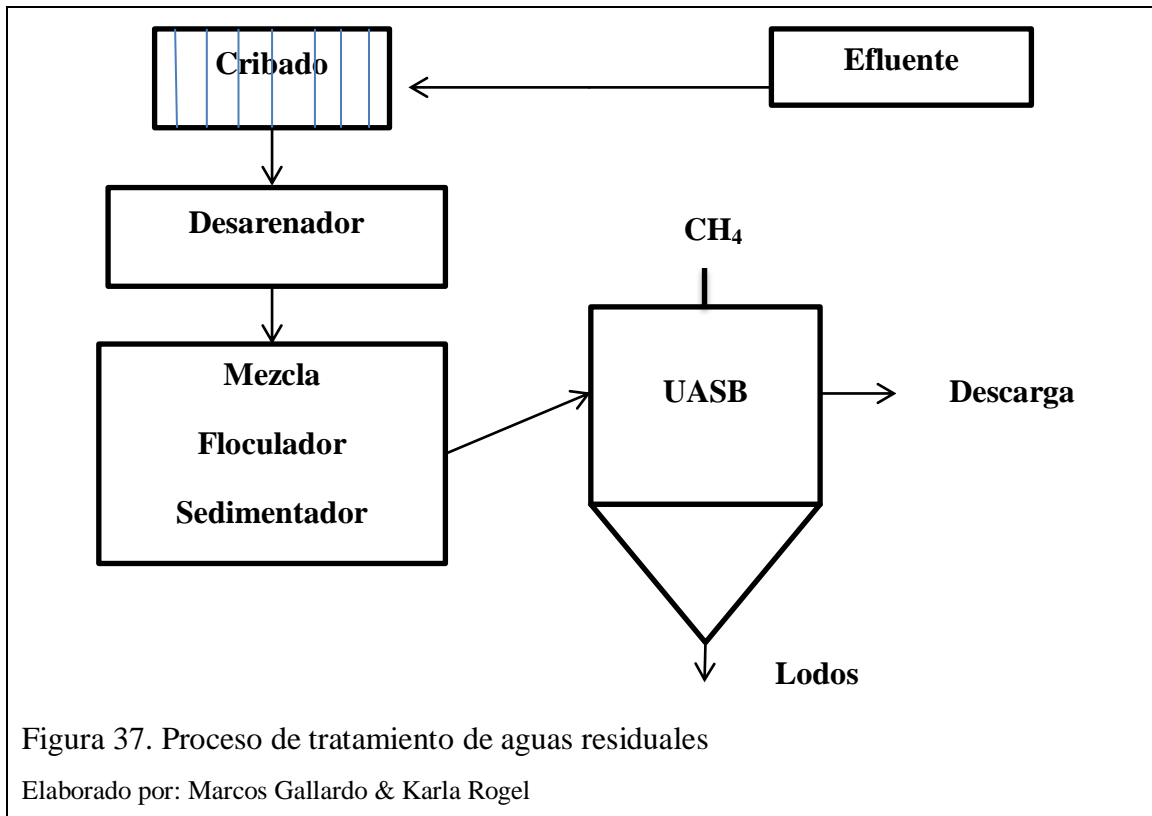


Figura 37. Proceso de tratamiento de aguas residuales

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### 3.2.2 Dimensionamientos.

#### 3.2.2.1 Cribado.

El cribado consiste en la colocación de rejillas en la zona de entrada del agua residual a la planta de tratamiento, con el objetivo de retener por intercepción mecánica a los sólidos con elevado volumen que son arrastrados por las aguas residuales y podrían averiar o impedir el funcionamiento adecuado de procesos posteriores por obstrucción. Se utilizan dos tipos de rejillas, de limpieza manual y mecánica; al analizar las características del estudio se seleccionó las rejillas de limpieza manual ya que el caudal no es muy elevado.

El dimensionamiento se realizó según las consideraciones del Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obra Sanitaria (MIDUVI, 2010) y también según lo propuesto por Romero (2010). Las dimensiones de las rejillas deben ser suficientes para impedir el paso de cualquier material sólido, pero debe evitarse que existan obstrucciones totales con demasiada frecuencia ya que pueden provocar roturas de las barras.

Es recomendable que las rejillas se coloquen con una inclinación de 44° a 60° respecto al plano horizontal; las del presente estudio fueron ubicadas a 45°. (Romero,

2010). Las barra son de 0,01 metros (1 cm) separadas entre sí por 0,025 metros (2,5cm); el espesor es de 0,025 metros (2,5cm), la altura y el largo total, para evitar concentraciones de sólidos y cualquier posibilidad de taponamiento serán de 0,5 metros (50 cm).

Tabla 25. Dimensiones cribado

Parámetro	Medida
Velocidad de paso	0,3 m/s
Ancho de las barras	0,01 m
Espesor de las barras	0,025 m
Área libre	0,260 m <sup>2</sup>
Número de espacios entre barras	14
Número de barras	15
Separación entre barras	0,025 m

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

En la siguiente figura se indican las dimensiones definidas.

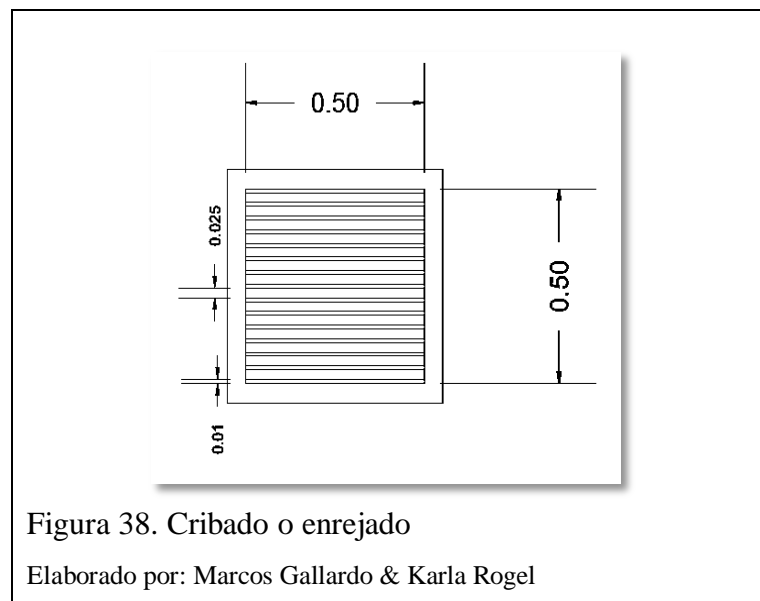


Figura 38. Cribado o enrejado

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### 3.2.2.2 Desarenador.

El desarenador es un tanque profundo que tiene como objetivo el separar las arenas y partículas en suspensión gruesas del agua residual mediante un proceso de sedimentación en un tiempo adecuado previamente calculado.



Se debe considerar que el diámetro de las partículas a sedimentar incluye a valores iguales o superiores a 0,2 mm (Romero, 2010).

El tanque también cuenta con una cámara que impide y disminuye la velocidad del afluente para mejorar las características de sedimentación, también sirve para retener las partículas con mayor volumen que no fueron retenidas por las rejillas.

#### **a. Diseño**

El diseño de un tanque desarenador se realizó a partir de los parámetros caudal y tiempo de sedimentación. El caudal con el que se van a realizar los diseños será el de la UPS-Q-S.

$$Q = 0,000944 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### **b. Tiempo de sedimentación**

Fue determinado mediante una práctica en el laboratorio usando un cono Imhoff obteniendo 12 minutos (720 segundos) como el tiempo adecuado de retención y sedimentación.

#### **c. Volumen**

El volumen del tanque se determina con el caudal y el tiempo de retención; pero si se tiene en cuenta posibles incrementos del caudal debido a las lluvias características del sector en invierno o por cualquier motivo, se aumenta la capacidad del tanque por seis como factor de seguridad.

$$V = Q \times T$$

$$V = 0,000944 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 720 \text{ s} \times 6$$

$$V = 4,08 \text{ m}^3$$

#### **d. Área superficial**

El área superficial se determina con el valor del volumen y de la profundidad que va a tener el desarenador, en este caso el valor de calado es de 1.2 metros para no tener problemas al momento de retirar los lodos.

$$A = \frac{V}{P}$$

$$A = \frac{4,08 \text{ m}^3}{1.20 \text{ m}}$$

$$A = 3,40 \text{ m}^2$$

**e. Relación largo/ancho**

El largo y ancho de la laguna fueron determinados por medio de relaciones adecuadas para dimensionar sedimentadores (Romero, 2010).

$$\frac{3}{1} = \frac{L}{a}$$

Dónde:

L: largo

a: ancho

$$L = 3 * a$$

$$A = L \times a$$

$$A = 3a^2$$

$$a = 1,06 \text{ m} ; L = 3,19 \text{ m}$$

Tabla 26. Dimensiones de desarenador

Parámetro	Medida
Caudal	0,000944 m <sup>3</sup> /s
Tiempo de sedimentación	12 minutos
Tiempo de retención hidráulica	1,2 horas
Profundidad	1,2 m
Volumen	4,08 m <sup>3</sup>
Área superficial	3,19 m <sup>2</sup>
Ancho	1,06 m
Largo	3,19 m

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

En las siguientes figuras se indican las dimensiones determinadas.

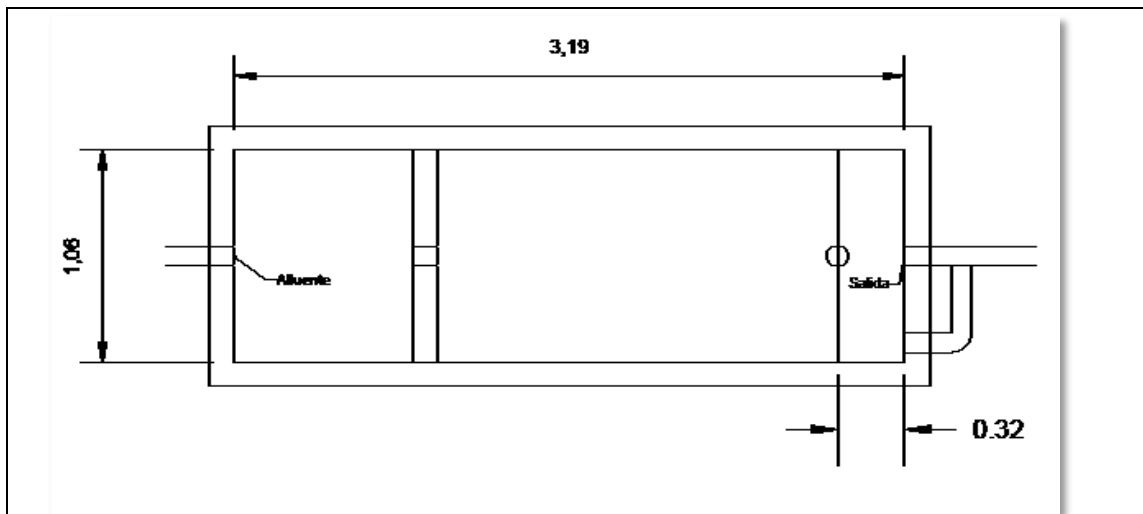


Figura 39. Desarenador vista en planta

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

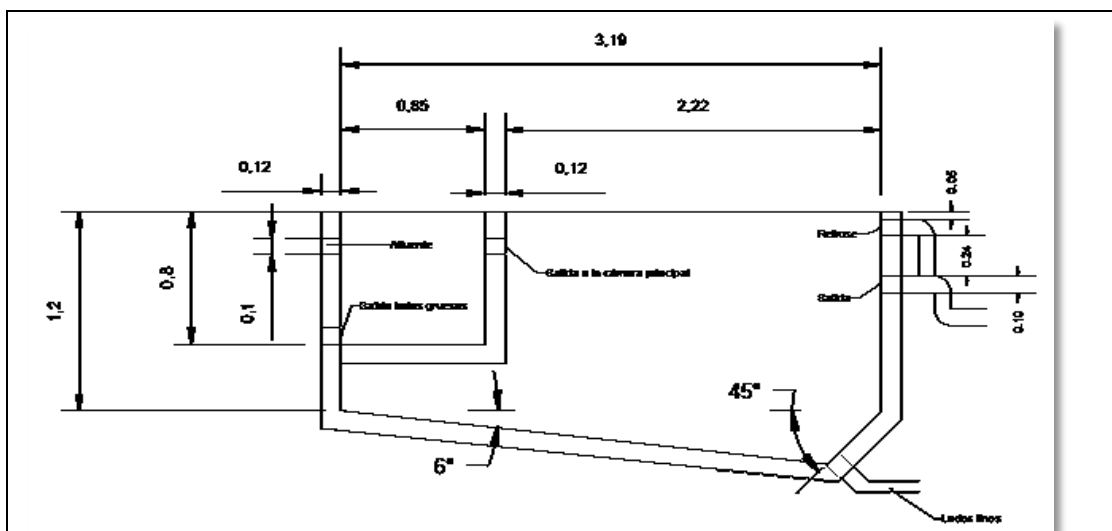


Figura 40. Desarenador vista lateral

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### 3.2.2.3 Canal de mezcla Parshall.

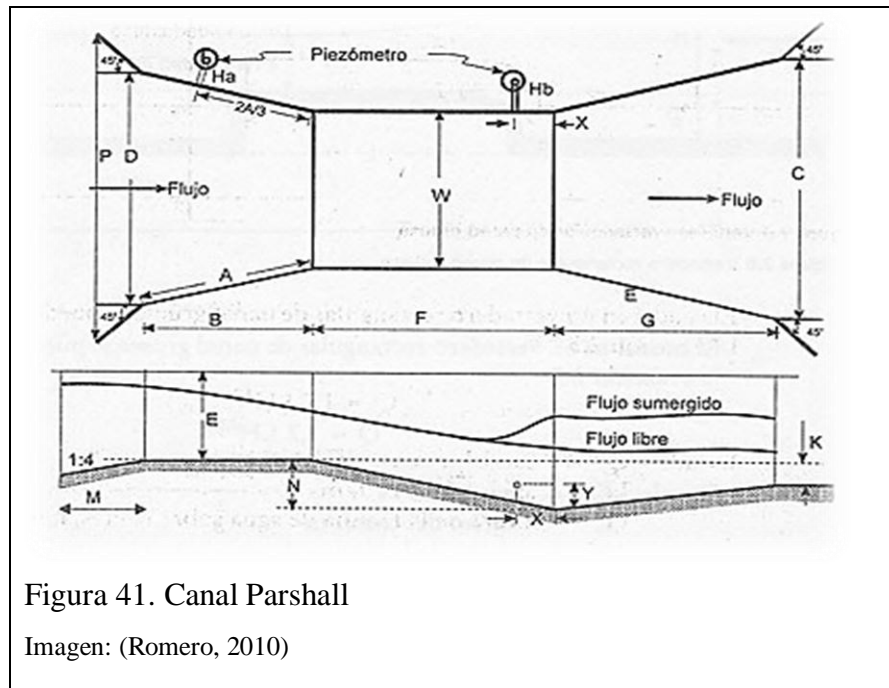
Es una estructura hidráulica que se lo utiliza para medir caudales y para agregar y mezclar sustancias químicas con el agua. Su función será la de mezcla: aplicar sustancias químicas floculantes al flujo de agua residual (Romero, 2010).

Se compone de las siguientes partes:

- La zona de entrada que debe tener una ligera pendiente ascendente,

- La zona horizontal donde disminuye el ancho del canal hasta llegar a la parte conocida como garganta que es una zona con paredes paralelas donde el piso desciende.
- La zona final es la sección donde la pendiente cambia y el piso asciende.

En la siguiente figura se indican sus partes y como está configurado el canal Parshall:



El dimensionamiento de este tipo de canales se los realiza en base a tablas con valores establecidos. En el presente estudio se utilizaron los valores según Romero (2010).

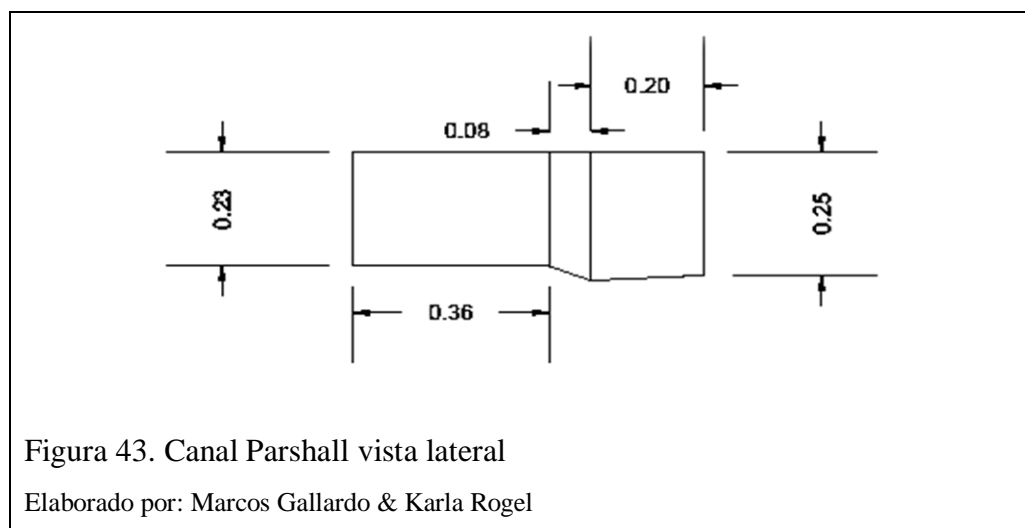
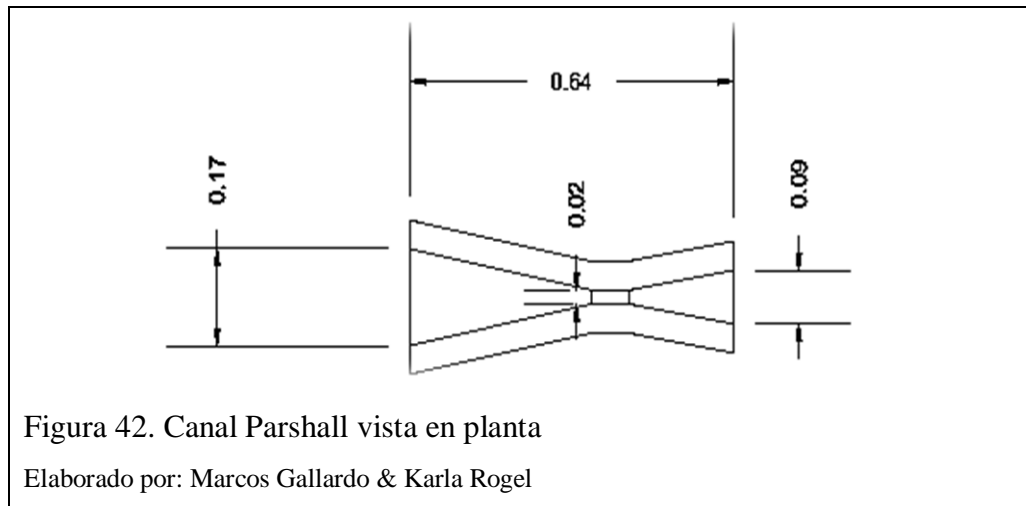
Fue seleccionado el valor del ancho de la garganta  $w$  (cm): 2,5; ya que es el valor que mejor se ajusta al caudal del presente estudio, y con este valor se verifican todas las dimensiones teniendo en metros:

Tabla 27. Dimensiones canal Parshall

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y
0,025	0,363	0,356	0,093	0,168	0,229	0,076	0,203	0,019	0,029	-	-	0,5	0,008	0,013

Fuente: Romero Rojas, 2010

En las siguientes figuras se indican las figuras determinadas.



#### 3.2.2.4 Floculador.

Es un proceso que tiene como objetivo mejorar las condiciones del agua residual cambiando las características de compuestos que son insolubles, suspendidos y disueltos por medio de la adición de sustancias químicas en un proceso de agitación, que facilita la formación de flóculos que son partículas que resultan de la agrupación de sólidos en suspensión para obtener partículas más grandes y con más volumen que son fácilmente sedimentables.

##### a. Diseño

Para la determinación de las variables necesarias para el diseño se realizó la prueba de jarras donde se obtuvo el tiempo de formación de flóculos. Fueron de tres minutos a 100 RPM, y la velocidad con la que se trabajó fue de 0,25 m/s. (Sánchez, 2013)

**b. Longitud:**

La distancia que es necesaria recorrer durante el proceso se calcula con:

$$V = 0,25 \text{ m/s}$$

$$H = 3 \text{ min}$$

$$L = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 3 \text{ min} \times \frac{60\text{s}}{1 \text{ min}} = 45\text{m}$$

Dónde:

V = velocidad

H = tiempo de retención

L = longitud

Los 45 metros corresponde a la distancia que debe estar contenido dentro de una estructura (canales), se planteó que el ancho de cada canal será de 0,1 metros y la altura inicial planteada es igual. La estructura fue dividida a la mitad para disminuir la superficie necesaria y poder cubrir los 45 metros.

En las dimensiones exteriores el ancho escogido fue de un metro(0,50 metros cada división) y el largo fue determinado según la longitud (45m) que tiene que ser contenida en todo el floculador considerando el valor de cada canal individual y la separación entre canales de 0,05 m. Obteniendo como largo del floculador 2,35 metros.

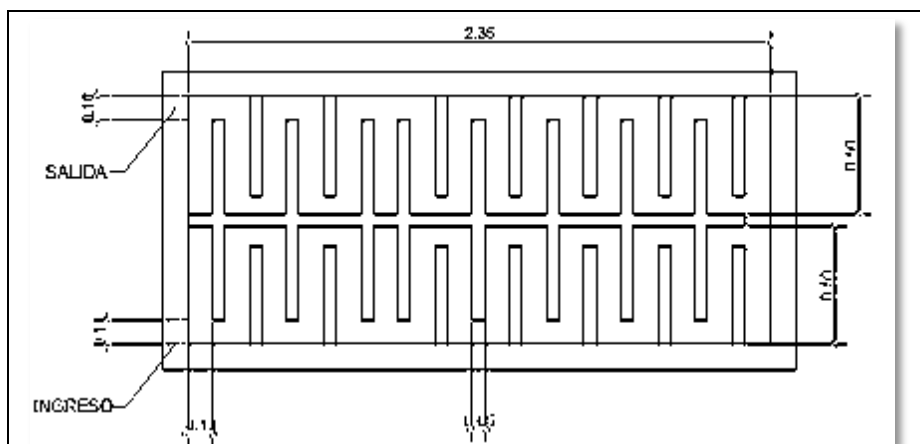


Figura 44. Floculador vista en planta

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### c. Cálculo de pérdidas

La estructura al estar formada por diversos canales tendrá pérdidas hidráulicas. Es necesario el calcular un valor de altura que se ajuste y evite ineficiencias en el sistema.

#### Pérdidas por longitud

$$h_f = 10,67 \times \left( Q \frac{(m^3/S)}{C} \right)^{1,852} \times \frac{L (m)}{D^{4,87} (m)}$$

$$h_f = 10,67 \times \left( \frac{(0,000944 m^3/S)}{120} \right)^{1,852} \times \frac{45 m}{0,07^{4,87} m} = 0,08 m$$

Dónde:

$h_f$ : pérdida por longitud

C: cte. para el hierro y cemento (formula de Darcy)

D: diámetro hidráulico

#### Pérdidas por accesorios

$$h = k \times \left( Q \frac{(V^2)}{2g} \right)$$

$$h = 88 \times \left( 2 \left( \frac{(0,25 m/s)^2}{20 \frac{m}{s^2}} \right) \right) = 0,56 m$$

Dónde:

g: gravedad

Q: caudal valor constante

h: pérdida por accesorios

k: número de vueltas que recorre el agua en el floculador

### d. Altura definitiva

El valor que optimo será la suma de la altura más el de las pérdidas.

$$h \text{ definitivo} = 0,1 + 0,08 + 0,56 = 0,74 m$$

$$h \text{ definitivo} = 0,70 m$$

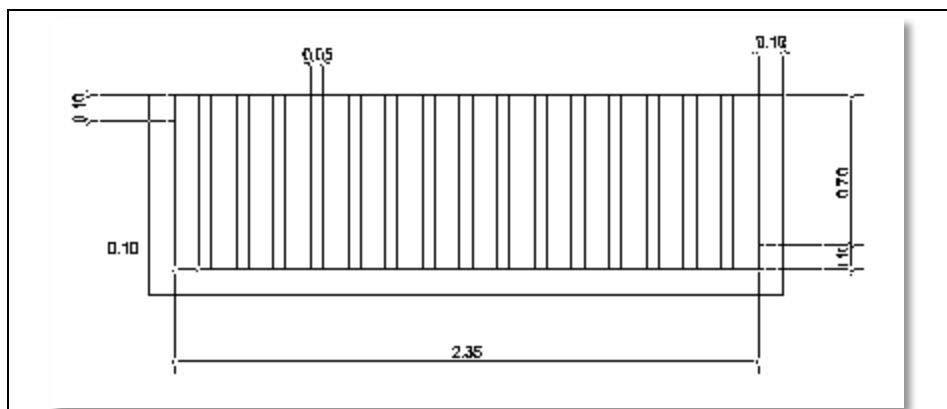


Figura 45. Floculador vista en planta

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### 3.2.2.5 Sedimentador.

Se trata de un proceso simple y esencial que disminuye la cantidad de sólidos suspendidos que no fueron retenidas en procesos anteriores. El sedimentador es similar al desarenador funciona bajo el mismo principio, pero varían en el tamaño de partículas que sedimentan. Un desarenador funciona para retener la mayor cantidad de arenas y partículas sólidas y normalmente es el primer proceso, el sedimentador está enfocado en la retención de partículas de procesos como coagulación-floculación y por eso es necesario en el diseño ya que los flóculos formados en el proceso anterior podrían obstruir los ingresos de agua de los siguientes procesos.

El sedimentador consiste en un tanque donde reposa cierto volumen de agua residual y mediante la acción de fuerzas gravitatorias se precipitan en un lapso de tiempo suficiente la mayor cantidad de sólidos suspendidos presentes en el agua que se está tratando. El diámetro de las partículas que se sedimentan en este proceso corresponde a valores superiores a 0,05 mm y menores a 0,2 mm (Romero, 2010).

El afluente al ingresar primero entra a la cámara que tiene la función de disminuir la velocidad del flujo y retener las partículas más grandes; luego pasa a la cámara donde se desarrollará el proceso de sedimentación.

#### a. Diseño

El diseño se realiza al igual que en el desarenador con los valores de caudal y el tiempo de retención.



### **b. Caudal**

El caudal de diseño corresponde a la UPS-Q-S

$$Q_{total} = 0,000944 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **c. Tiempo de sedimentación**

En la prueba de jarras se estimó que el tiempo de sedimentación de los flóculos fue de 10 minutos pero para asegurar un proceso de sedimentación efectivo se seleccionó 20 minutos como el tiempo de retención.

### **d. Volumen**

El volumen se determina con el caudal y el tiempo de retención. Al igual que con el desarenador se aumenta la capacidad multiplicando por un factor de seguridad seis.

$$V = Q \times T$$
$$V = 0,000944 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 600 \text{ s} \times 6$$

$$V = 6,80 \text{ m}^3$$

### **e. Área superficial**

El área superficial se calcula con el valor del volumen y de la profundidad que va a tener el sedimentador y será el mismo valor que para el desarenador 1.20 m.

$$A = \frac{V}{P}$$
$$A = \frac{0,000944}{1,20}$$
$$A = 5,66 \text{ m}^2$$

### **f. Relación largo/ancho**

El largo y ancho de la laguna se determina por medio de las relaciones adecuadas para dimensionar sedimentadores establecidas (Romero, 2010).

$$\frac{3}{1} = \frac{L}{a}$$

Dónde:

L: largo

a: ancho

A: área superficial

$$L = 3 * a$$

$$A = L \times a$$

$$A = 3a^2$$

$$a = 1,37 \text{ m}$$

$$L = 4,1 \text{ m}$$

Tabla 28. Cálculos sedimentador

Parámetro	Medida
Caudal	0.000944 m <sup>3</sup> /s
Tiempo de retención	20 minutos
Profundidad	1.2 m
Volumen	6.80 m <sup>3</sup>
Área superficial	5.66 m <sup>2</sup>
Ancho	1.37 m
Largo	4.1 m

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

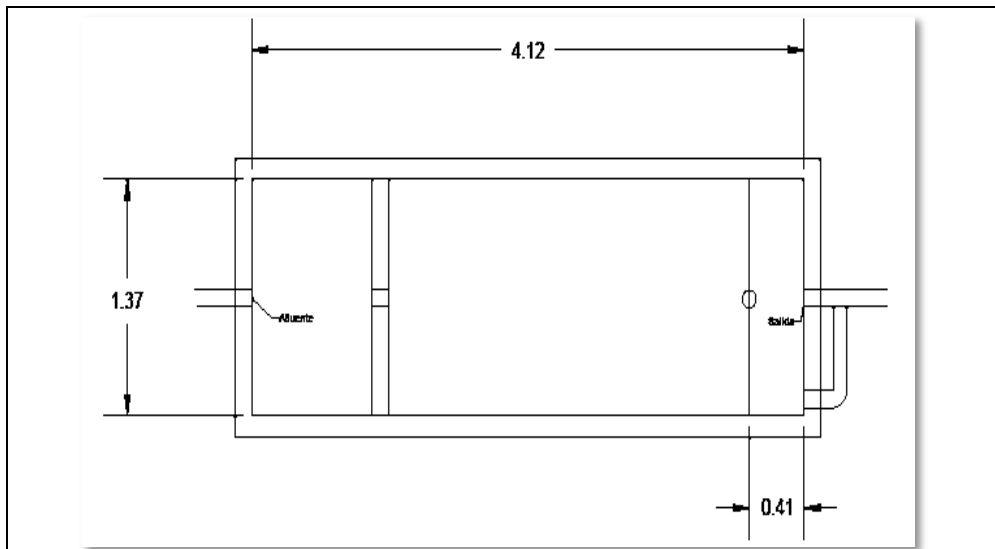


Figura 46. Sedimentador vista en planta

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

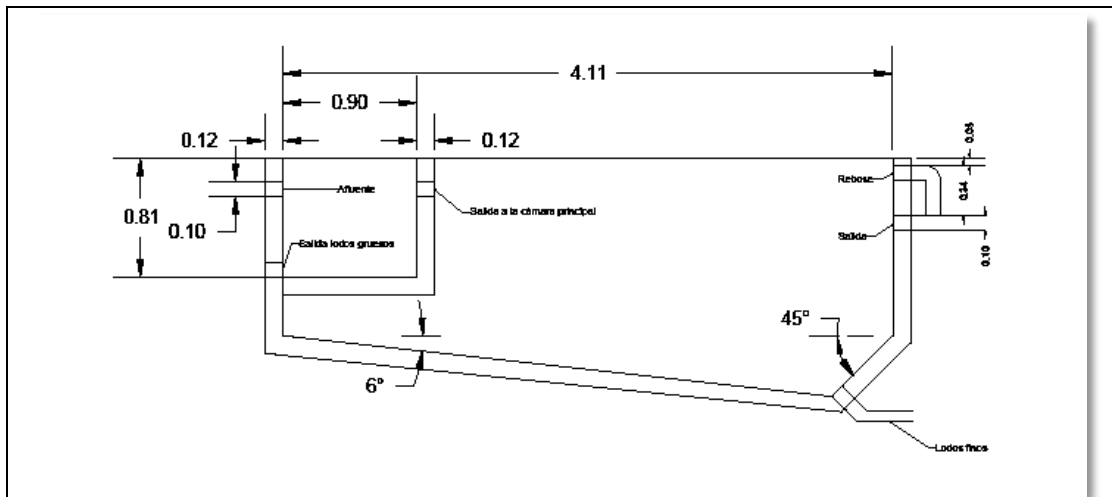


Figura 47. Sedimentador vista lateral

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### 3.2.2.6. Reactor blanket de flujo ascendente (UASB).

Este reactor es un sistema de tratamiento anaerobio en el cual el flujo se alimenta con el agua a tratar desde el fondo. Este digester comprende un tanque generalmente construidos a base de hormigón armado, sobre la superficie del terreno. En este reactor es donde toda la materia orgánica se degrada y se retienen sólidos en suspensión que no fueron retenidos anteriormente.

Según las características topográficas del terreno y la ubicación donde posiblemente se adecue el reactor, es decir; junto a la quebrada que se encuentra en la parte baja de la universidad, se puede aprovechar el desnivel para no utilizar mecanismos eléctricos para el ingreso de agua o se puede plantear la necesidad de utilizar bombas eléctricas. Un subproducto del proceso en el reactor es el biogás, el biogás será captado por tuberías de media pulgada de acero inoxidable para evitar riesgos de incendio.

#### a. Condiciones de temperatura del ambiente

La temperatura es un factor ambiental de importancia en el proceso de digestión anaerobia de aguas residuales en un medio cerrado, depende del clima; sin embargo, el reactor funciona con una temperatura por debajo de la temperatura óptima para la digestión anaerobia (30 a 35°C) (van Haandel & Lettinga, 1994).

El proceso anaerobio se presenta como una opción con mayores porcentajes de efectividad en climas cálidos, donde la temperatura del agua residual no está por

debajo de los 18°C. (Vieria, 1989). Como se puede apreciar en el Capítulo II la temperatura media mensual ambiental para el área de influencia es de 11,99°C y la del agua residual de 15,7 °C, lo que incrementa el tiempo de retención hidráulica. En la tabla siguiente se presenta una guía tentativa para la capacidad de diseño de Reactores UASB en base a la temperatura (Lettinga, Hobma, Hulshoff, & de Zeeuw, 1983).

Tabla 29. Valores de carga orgánica volumétrica en función a la temperatura

Temperatura (°C)	Carga orgánica volumétrica Kg DQO/m <sup>3</sup> .d
40	15 – 25
30	10 – 15
20	5 – 10
15	2 – 5
10	1 – 3

Fuente: (Lettinga, Hobma, Hulshoff, & de Zeeuw, 1983)

#### b. Diseño

En cuanto a la forma geométrica del reactor, existen dos opciones: rectangular o circular. Por facilidades técnicas se seleccionó la forma rectangular. En la siguiente tabla se presentan parámetros de los reactores UASB

Tabla 30. Características de diseño del proceso (UASB)

Parámetro	Valor
DQO del afluente, mg/L	5.000- 15.000 500- 20.000
Relación SSV/DQO, para aguas residuales fuertes	< 1
SS del afluente, mg/L	< 1000
pH del afluente	6,5- 7,5
Relación SS/DQO, del afluente	< 0,5
Relación DQO/SO <sub>4</sub> , del afluente	> 7
Relación DBO/N/P, del afluente	≤ 350/5/1
Temperatura del afluente °C	> 15
Entrada del afluente, N <sub>0</sub> /m <sup>2</sup>	>1
Tiempo de retención, h	4- 12 ≤ 24

Tabla 30. Características de diseño del proceso (UASB) (continuación...)

Carga orgánica, kg DQO/m <sup>3</sup> d	0,5- 40 4- 12 8- 40
Carga de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N Kg/m <sup>3</sup> d	2,4- 3,4
Profundidad del digestor	≤ 4,5
Profundidad del sedimentador	≤ 1,5
Profundidad del reactor, m <sup>3</sup>	≤ 6
Velocidad ascensional de flujo, m/h	1- 2
Carga extractor de gas, m <sup>3</sup> gas m <sup>2</sup> d	< 120
Eficiencia de remoción de DQO, %	75- 85
Aguas residuales domésticas	60- 70
Aguas residuales fuertes	80- 90
Producción de gas L de CH <sub>4</sub> /g DQOR @ PTN	
Aguas residuales domésticas	0,15
Aguas residuales fuertes	0,30
Remoción de patógenos	baja
Remoción de N y P	Nula
Carga superficial del sedimentador, m/d	≤36
Pendiente paredes del sedimentador, grados	50
Disposición de lodos	Sobre el suelo
Disposición del biogás	Sobre la atmósfera o quemada

Fuente: (Romero, 2010)

Para realizar el diseño se consideró las características de diseño propuestas por Romero (2010). Para el dimensionamiento del reactor se utilizó la velocidad ascensional de flujo. Este valor se refiere a la velocidad con la que el agua a tratar va a ascender en el reactor.

EL rango propuesto para la velocidad ascensional óptima para la formación de gránulos en el manto de lodos (Field, 1987) es:

Mínimo: 0,125 m/h (metros/hora).

Máximo: 6 m/s (metros/segundo).

Considerando los valores de Romero (2010) en la tabla anterior, se seleccionó como la velocidad ascensional de flujo a 1,5 m/h (0,0004167 m/s), valor que es adecuado y

se encuentra dentro del rango de formación de lodo granular propuesto por Field (1987).

**c. Área de la base.**

El área fue determinada con la relación entre el caudal (valor correspondiente a las descargas líquidas de la universidad) y la velocidad de flujo anteriormente seleccionada.

$$\text{Área (A)} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Velocidad}}$$

$$A = \frac{0,000944 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0004167 \text{ m/s}} = 2,27 \text{ m}^2$$

El valor del área de diseño fue de:

$$A = 2,27 \text{ m}^2$$

**d. Longitud de la base.**

La base del reactor de flujo ascendente con manto de lodos será cuadrada por lo tanto el valor de cada lado es de 1,5 metros.

**e. Altura.**

La altura en un reactor UASB debe ser elevada para disminuir el uso del suelo y para dar espacio a que ocurran los procesos anaeróbicos internos y contar con el separador de gases, líquidos y sólidos. Por funcionalidad según lo recomendado la máxima altura es de seis metros (altas cargas contaminantes); para el presente estudio se seleccionó el valor de tres metros (Romero, 2010).

**f. Volumen.**

El volumen es la capacidad total de almacenamiento del reactor y se determinó con el valor del área y la altura:

$$V = A \times h$$

$$V = 6,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = 6,8 \text{ m}^3$$

### **g. Carga orgánica volumétrica.**

La carga orgánica volumétrica del reactor se calcula considerando el caudal de ingreso del agua residual, la concentración contaminante del afluente en este caso DQO y la capacidad del reactor su volumen (Field, 1987).

$$COV = \frac{S * Q}{V}$$

Dónde:

COV: carga orgánica volumétrica

S: concentración contaminante del afluente DQO 1510 mg/l (ver anexo 9 Resultados de análisis de aguas UPS-Q-S)

Q: caudal promedio 0,94 l/s

V: volumen del reactor 6796,8 l

$$COV = \frac{(1510 \text{ mg/l}) * (0,94 \text{ l/s})}{6796,8 \text{ l}}$$

$$COV = 0,208 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

### **h. Tiempo de retención hidráulico.**

El tiempo desde el ingreso del agua residual, el ascenso del flujo y la salida en los reactores UASB está en función de parámetros como la temperatura del agua residual o los compuestos que se están tratando (carga contaminante). Mientras mayor sea la temperatura del agua residual el tiempo de retención será menor y por el contrario aguas con temperaturas más bajas requerirán de más tiempo.

Al tomar en cuenta cuando existe mayor actividad en la universidad y otros factores como la ubicación en este caso la zona es característica por sus temperaturas ambientales no excesivamente elevadas (12°C) y considerando que la temperatura promedio del agua residual según los datos arrojados por el limnógrafo fue de 15,7 °C, se determina un tiempo de retención entre 6 a 12 horas como un valor adecuado.

### **i. Separador de tres fases GLS (Gas- Líquido- Sólido)**

Se trata de un sistema característico y necesario en los reactores UASB, son bandejas que se localizan en la parte superior del tanque y su función es de separar el biogás del flujo ascendente (gas-líquido-sólido), para evitar la acumulación de gránulos y

partículas grandes en la parte superior; también sirve como barrera para el manto de lodos ya que evita que sea evacuado con el agua tratada y exista disminución de la actividad bacteriana en el reactor. El separador debe ser adecuado para evitar la fuga del manto del lodo, pero debe permitir el paso y evacuación del agua tratada.

La separación ocurre cuando las partículas sólidas que asciende en el flujo adheridas a los gases producidos dentro del reactor chocan con el separador (pantallas o bandejas), lo que provoca que el gas se libere y las partículas sólidas se sedimenten hacia el manto de lodos (Field, 1987).

El gas libre es captado por tuberías hasta un depósito o a un sistema de incineración según el uso que se le quiera dar.

Para el diseño se tomó en cuenta guías tentativas propuestas (Almeida, 2013, pág. 63).

1. El ángulo de la parte baja del sedimentador debe estar entre 45-60°.
2. El área superficial de las aberturas entre los colectores de gas debe ser de 15-20% del área superficial del reactor.
3. La altura del colector de gas debe estar entre 1.5-2 metros de la altura de un reactor de 5-7 metros.
4. Una interface líquido-gas debe ser mantenida en el colector de gas para facilitar la descarga y recolección de las burbujas de gas y para combatir la formación de una capa espumosa.
5. El traslapo de los baffles instalados debajo de la apertura debe ser de 10-20 cm. con el fin de evitar que las burbujas de gas ascendentes entren al compartimento de sedimentación.
6. Generalmente los baffles de la capa espumosa deben instalarse al frente de los vertederos del efluente.
7. El diámetro de los conductos de salida de gas deben ser suficientes para garantizar la fácil remoción del biogás de la campana de recolección de gas, particularmente en el caso de formación de espuma.
8. En la parte de arriba de la campana de gas, se deben instalar boquillas rociadoras antiespumantes en el caso de tratamiento de aguas residuales con alto contenido de espuma.



Después del análisis de la bibliografía y de las recomendaciones propuestas por distintos autores se determina la información, dimensiones y cálculos del reactor:

Tabla 31. Cálculos UASB

Parámetro	Medida
Caudal	0.000944 m <sup>3</sup> /s
DQO del afluente	1510 mg/l
Tiempo de retención	6 a 12 horas
pH	5,66
Altura	3 m
Volumen	6,8 m <sup>3</sup>
Área superficial	2,27 m <sup>2</sup>
Ancho	1,5 m
Largo	1,5 m
Velocidad ascensional de flujo	1,5 m/h
Temperatura	12 <sup>o</sup> C
Carga orgánica volumétrica	0,208 $\frac{kg}{m^3 * día}$

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

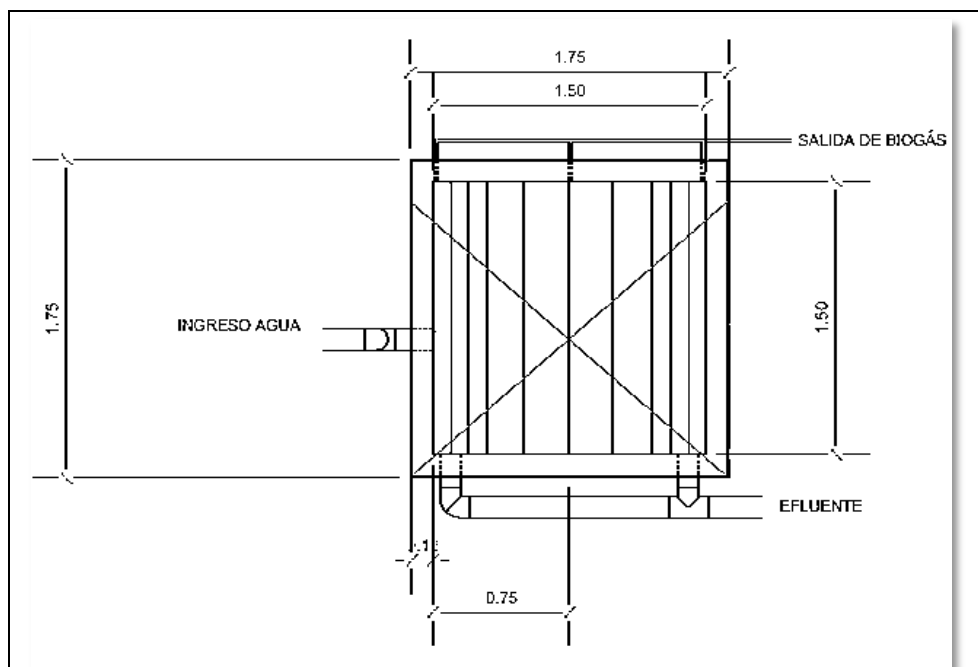


Figura 48. UASB vista en planta

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

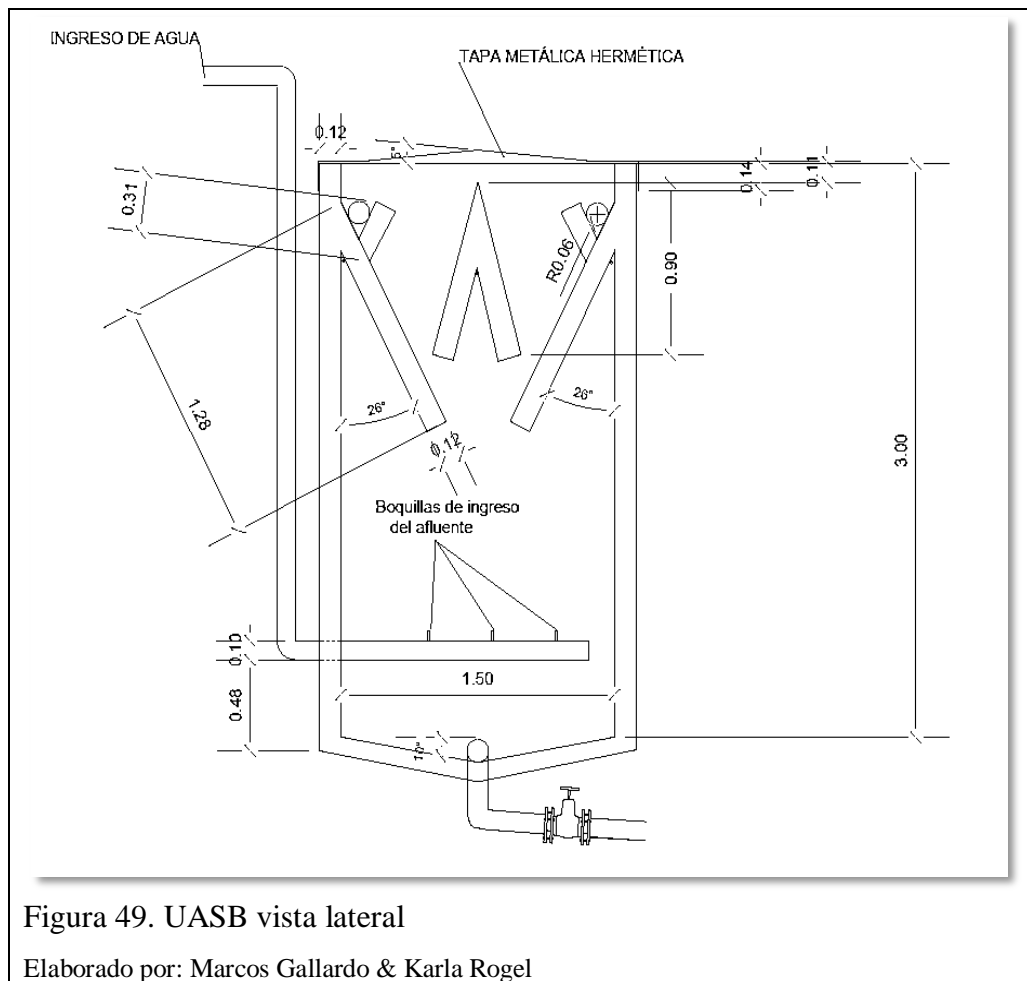


Figura 49. UASB vista lateral

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

#### j. Proceso anaerobio en el reactor

El proceso dentro del reactor consiste en la digestión anaerobia de la materia orgánica, que ocasiona la descomposición de compuestos orgánicos en ausencia de oxígeno y por acción de bacterias presentes en el reactor. Las bacterias anaerobias comparadas con las aerobias resultan menos eficientes durante sus procesos metabólicos por lo que su crecimiento y actividad bacteriana es inferior como consecuencia se tiene que la producción de materia celular es inferior a relación de procesos aerobios (Zegers, 1987).

Esta característica en el tratamiento de aguas residuales puede ser ventajosa; al tener baja producción celular la cantidad de lodo producida y que se requiere evacuar será menor pero como desventaja la baja actividad bacteriana incrementa el tiempo de retención (Zegers, 1987).

La descomposición anaerobia se desarrolla en dos etapas; en la primera los elementos más complejos se convierten en más simples y por la formación de ácido

se denomina fermentación ácida; luego los compuestos son transformados principalmente en metano proceso que se conoce como fermentación metanogénica. (Ponce Abad , 2001).

### **Fermentación ácida**

**Hidrólisis:** Los compuestos que presentan mayor complejidad (lípidos, carbohidratos y proteínas) son hidrolizados por enzimas que son producidas por bacterias fermentativas o ácidogénicas llamadas extracelulares que convierten los compuestos insolubles y más complejos en compuestos solubles y simples como ácidos grasos, aminoácidos, azúcares.

**Acidificación:** Los elementos simples y solubles pasan con facilidad a través de la pared celular de las bacterias fermentativas donde son metabolizados y convertidos en ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico). En esta fase los compuestos son convertidos en ácidos orgánicos.

**Acetogénesis:** En esta etapa las bacterias acetogénicas convierten algunos compuestos formados al final de la acidificación (ácido propiónico y butírico) en ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno.

Las principales bacterias no metanogénicas que se han encontrado en reactores anaerobios (Romero, 2010) son:

- *Clostridium spp.*
- *Peptococcus anaerobes.*
- *Bifidobacterium spp.*
- *Straphylococcus.*
- *Escherichia coli.*

### **Fermentación metanogénica**

Es la última fase de la descomposición anaerobia y es aquí donde se produce la remoción biológica. Las bacterias metanogénicas metabolizan en su interior el ácido acético, los ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, alcoholes y el hidrógeno convirtiéndolos en metano.

La producción del metano proviene en su mayor parte de la descomposición del ácido acético. El proceso es posible por la acción de dos tipos de bacterias metanogénicas.

- a) Las bacterias hidrogenófilas producen metano a partir del hidrógeno y del dióxido de carbono
- b) Las bacterias acetilclásticas generan metano por la conversión del ácido acético y el dióxido de carbono en solución.

Las principales bacterias metanogénicas que son muy usuales en condiciones anaerobias son:

- *Methanobacterium*.
- *Methanococcus*.
- *Methanosarcina*.
- *Methanobacillus*.

A continuación se indica un esquema del proceso anaerobio considerando que el agua a tratar ingresa por la parte inferior y es ahí donde inicia la digestión anaerobia.

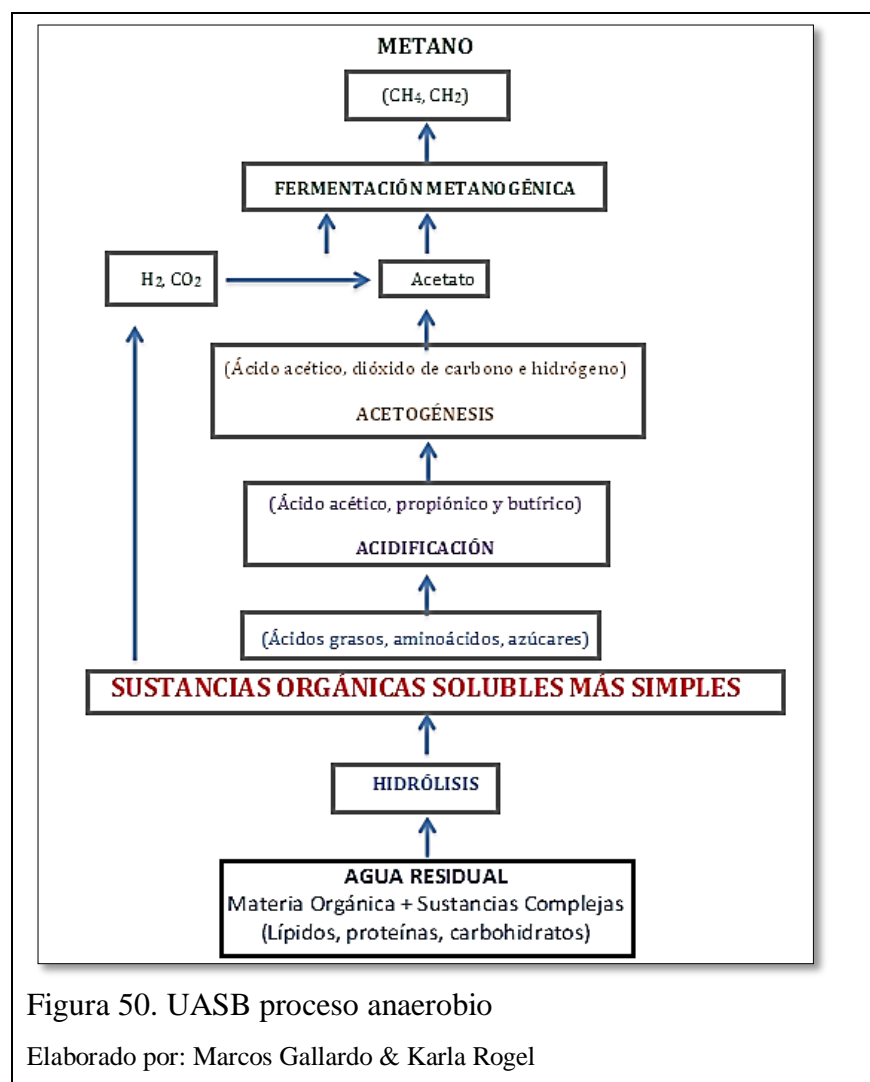


Figura 50. UASB proceso anaerobio

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

#### **k. Requerimientos ambientales**

Para que exista un crecimiento bacteriano adecuado los microorganismos necesitan condiciones ambientales que les favorezcan, en especial las bacterias formadoras de metano que son muy sensibles a las variaciones del sistema. Los diferentes factores pueden acelerar, retardar o evitar que sucedan los diferentes procesos anaerobios (Zegers, 1987). Los principales factores son:

##### **Temperatura**

La temperatura altera la velocidad metabólica de las bacterias, también influye en la solubilidad de los compuestos presentes en el agua. Son recomendables valores superiores a 10<sup>0</sup>C en especial las temperaturas elevadas favorecen el proceso, pero si el valor es mayor a 38<sup>0</sup>C el sistema se altera de forma negativa (Romero, 2010).

##### **Potencial de hidrógeno pH**

El nivel de acidez o de alcalinidad de sustancias se expresa con el parámetro conocido como pH. Su importancia en un sistema anaerobio radica en que los microorganismos para que puedan la digestión anaerobia requieren de un pH óptimo, de lo contrario el sistema se inhibe. En un reactor de flujo ascendente se requiere de un pH ligeramente inferior al valor neutro en el proceso de fermentación ácida, pero de ser muy bajo el pH la cantidad de ácidos que se formen serán excesivos e inhibirán el proceso de metanogénesis (Romero, 2010).

##### **Nutrientes**

Las bacterias necesitan nitrógeno, fósforo, potasio, carbono, nitrógeno, hidrógeno en mayor cantidad y en menor proporción azufre, calcio, hierro, magnesio, etc. (Romero, 2010).

Las aguas residuales contienen la mayoría de nutrientes requeridos en especial las que son de carácter doméstico, pero si es necesario se puede suplir cualquier requerimiento añadiendo el nutriente necesario al flujo que ingresa al reactor.

##### **Ausencia de oxígeno, compuestos inhibidores y tóxicos**

Para que exista un proceso anaerobio es esencial la ausencia de oxígeno disuelto para que ocurra la fermentación. El efecto de los compuestos inhibidores y tóxicos varía según su concentración, el manto de lodos, también los elementos en el agua residual

y los factores como pH- temperatura. En bajas concentraciones muchos elementos que resultan tóxicos a altas, pueden beneficiar los procesos aportando nutrientes.

Según las caracterizaciones del agua residual de la UPS-Q-S entre las sustancias inhibidoras se encuentra que se excede el límite máximo permisible de fenoles, la norma establece un valor de 0,2 mg/l, pero en el muestreo se detectó un valor de 0,5 mg/l que a pesar de no cumplir no resulta inhibitor del proceso anaerobio. A continuación se indican valores de concentraciones tóxicas de compuestos que son usuales en procesos anaerobios.

Tabla 32. Concentraciones inhibitoras de crecimiento biológico

Parámetros	Concentraciones tóxicas (mg/l)
Amoniaco	1.600
Calcio	2.500
Cianuros	60
Cloruros	15.000
Fenoles	140
Hierro	1.000
Nitritos- N	36
Sólidos disueltos	16.000
Sulfuros	100

Fuente: (Romero, 2010)

### **I. Operación y funcionamiento UASB**

El reactor es un tanque rectangular de hormigón con una altura de tres metros, su volumen es de 6,8 m<sup>3</sup>, con un tiempo de retención hidráulica de 6 a 12 horas. La temperatura medida promedio fue de 12 °C del aire y 15,7 °C del agua residual. El pH como se estimó es de 5,6.

Se requiere que el agua que ingresa al interior del sistema cumpla con ciertas características en pH, temperatura, nutrientes y un flujo constante; por lo que necesita de procesos previos que acondicionen el agua a tratar.

Los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales fueron dimensionados considerando un caudal promedio estimado de la medición realizada con el

limnógrafo, tomando en cuenta las características de las aguas producidas en la UPS-Q-S, tiempos de retención y otros factores de diseño.

Los procesos necesarios en el proceso de tratamiento planteado son:

- Cribado.
- Desarenador.
- Canal de mezcla Parshall.
- Floculador.
- Sedimentador.
- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (UASB).
- Salida del efluente.

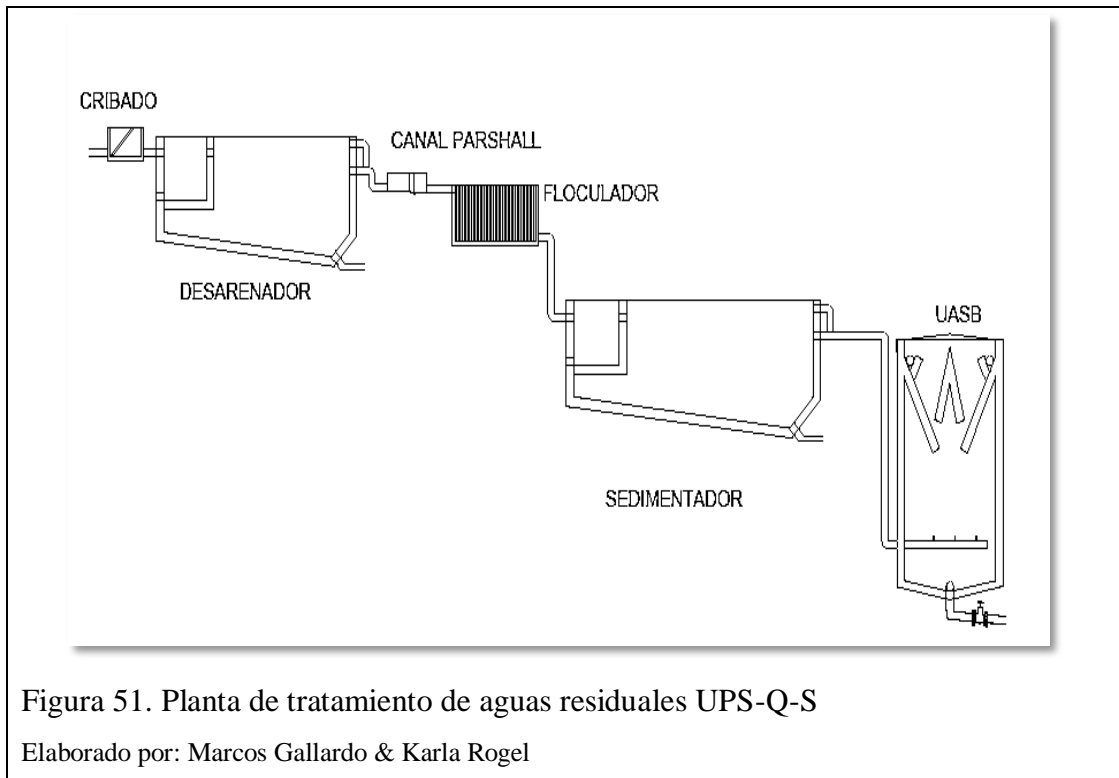
El agua que ingresa al reactor proviene del tanque sedimentador e ingresa por la parte inferior para que pueda recorrer la distancia durante el tiempo de retención ya definido.

Para esto precisamente se ha dispuesto una serie de boquillas de ingreso del afluente, por donde se inyectará el agua a tratar. Las tuberías de ingreso al UASB son de 4 pulgadas.

Se cuenta con un fondo de cono truncado que deposita el resto de sólidos sedimentables que pudieran encontrarse todavía en el afluente, así como también este lecho de lodos va reteniendo los sólidos suspendidos y otros tipos de contaminantes que pudiera encontrarse.

Los lodos deberán ser evacuados cada quince días si su cantidad es abundante.

Un subproducto del proceso es el biogás, el biogás está siendo captado por tuberías de media pulgada de acero inoxidable para evitar riesgos de incendio. El biogás debe conducirse hasta una unidad de depósito de biogás, o en su defecto un quemador.



Para un óptimo funcionamiento del reactor no pueden ocurrir cambios bruscos de temperatura ni de pH. Debe mantenerse lo más bajo posible la concentración de compuestos tóxicos inhibidores del sistema.

Si el tiempo de retención fuera mayor y la carga orgánica volumétrica se redujera, la eficiencia del digestor puede incrementarse.

### **m. Prueba experimental**

Se realizó una prueba experimental del reactor UASB a nivel de laboratorio para comprobar la efectividad de la remoción de contaminantes de aguas residuales con alta carga orgánica y como ejemplo se tomó un efluente de lixiviados el cual tiene altas cantidades de  $DBO_5$ , lo cual garantiza la eficiencia del tratamiento para el caso de la Universidad.

En la primera etapa se desarrollan todas las condiciones necesarias para lograr un arranque del reactor, para lo cual se realizaron pruebas experimentales, con varios químicos (floculantes) que separen los metales pesados y material inhibitor.

Los análisis iniciales, indican los siguientes resultados



Tabla 33. Resultados iniciales de la concentración de contaminantes

Compuesto	Unidades	Resultados
DBO <sub>5</sub>	mg/l	967
DQO	mg/l	2488
Cromo VI	mg/l	8,20
Fenoles	mg/l	0,079
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/l	63,6
Coliformes totales	NMP/100 ml	23
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<1,8

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Primeramente se adaptó a una columna de separación (acrílico sin costura), un total de cinco llaves distribuidas proporcionalmente con la altura de la columna. Estas llaves sirven para la toma y medición de muestras. En la figura siguiente se muestra la distribución longitudinal de las llaves.

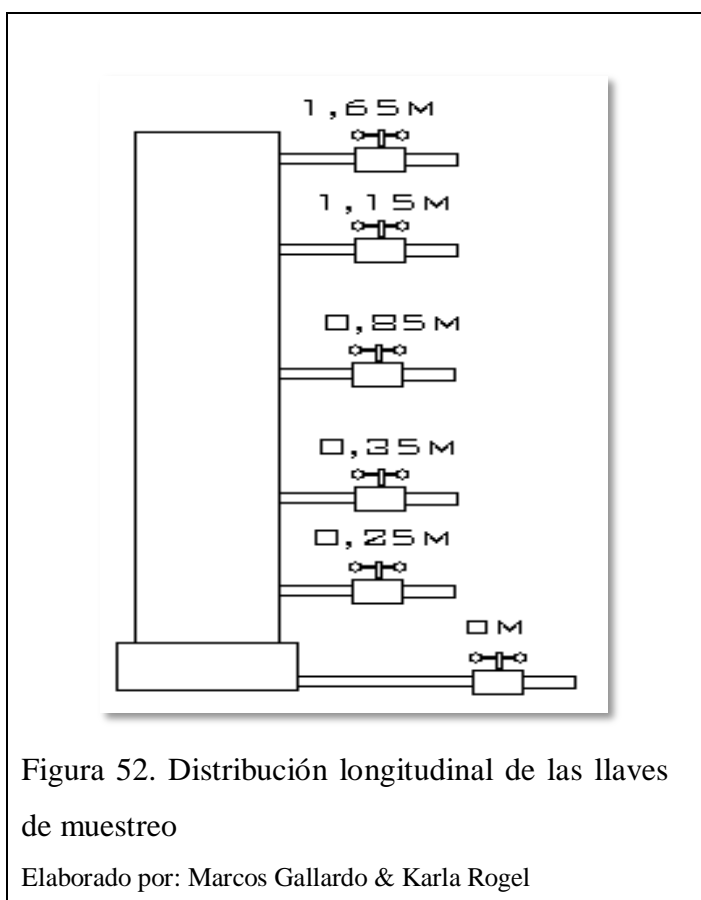


Figura 52. Distribución longitudinal de las llaves de muestreo

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

El efluente, fue colocado en la columna de separación, para iniciar el proceso de experimentación, como se muestra a continuación.

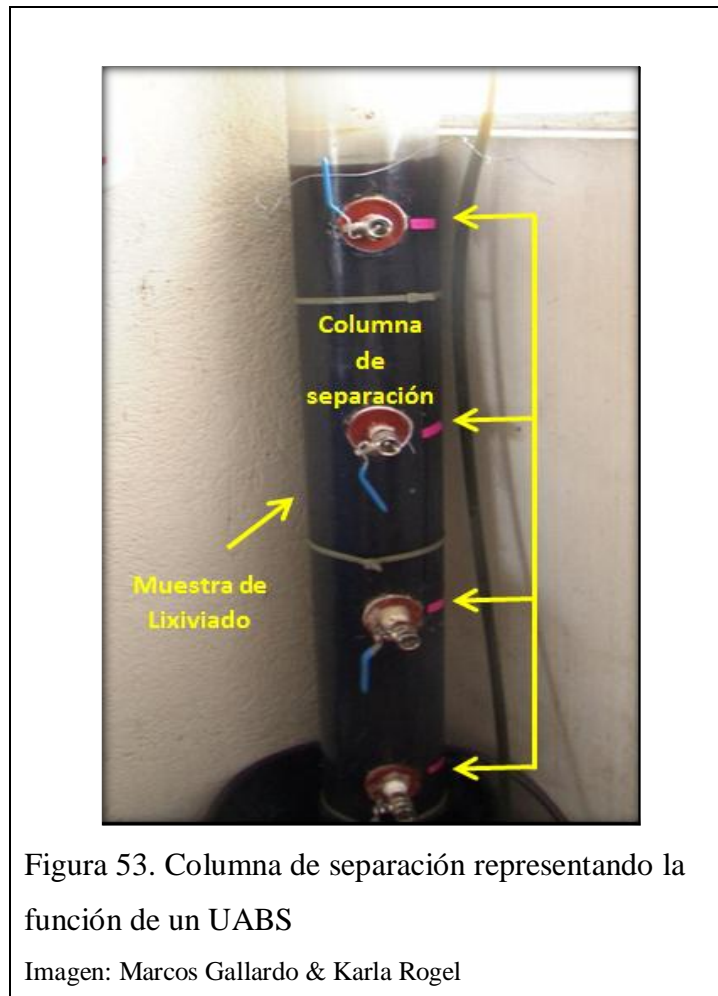


Figura 53. Columna de separación representando la función de un UABS

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### Proceso de tratamiento químico

Para el proceso de tratamiento químico experimental se tomó sectorialmente cuatro grupos de compuestos químicos los cuales servirán para corregir cuatro problemas distintos que son:

- Formación de espuma al ingreso del UASB experimental
- Metales pesados y otros compuestos biosidas al ingreso del reactor
- Alto pH
- Falta de nutrientes para la digestión.

### Coaguladores- floculadores

La coagulación– floculación implica tres etapas: adición de coagulante, desestabilización de la partícula coloidal y formación de flóculos. La adición de sales coagulantes como sulfato de aluminio, el policloruro de aluminio, produce cationes

poliméricos cuyas cargas positivas neutralizan las cargas negativas de los coloides, permitiendo que las partículas se unan formando aglomerados pequeños denominados flóculos, que tienen un peso molecular para que floten.

En la investigación con el reactor UASB, se usó concentraciones desde 0,1 hasta 3 g/l de sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) y policloruro de aluminio ( $[\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}]^{7+}$ ) en las mismas cantidades. El rango de variación fue de 0,5 g/l, ocasionando también un cambio en los datos de pH y turbidez. Las dosis óptimas de sulfato de aluminio y policloruro de aluminio fueron de 3 g/l en todos los casos.



Figura 54. Sulfato de aluminio y policloruro de aluminio

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### Reducción de pH

Para la reducción del pH en el lixiviado se procedió a tomar 100 ml de ácido nítrico en una bureta y se agregó a la mezcla de lixiviado para neutralizar su pH. Por cada mililitro de ácido nítrico colocado en la mezcla de lixiviado se procedió a medir el pH hasta obtener el potencial de hidrogeno adecuado.



Figura 55. Ácido nítrico y bureta, ácido nítrico con efluente, medición de pH por cada ml de ácido añadido

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### **Cantidad de nutrientes**

La cantidad de nutrientes medidos en el lixiviado no son suficientes para el crecimiento bacteriano deseado en un reactor anaerobio, por lo que es necesario agregar más del nutriente limitante, que en este caso es el fósforo.

El nitrógeno no es un nutriente limitante, ya que se tiene más de 2 gramos por litro en el efluente. La siguiente fórmula, indica la cantidad necesaria de nitrógeno en el reactor:

$$\text{DBO}_5 \text{ entrada} / [\text{N}] = 70$$

Para el fósforo se tiene la fórmula:

$$\text{DBO}_5 \text{ entrada} / [\text{P}] = 350$$

En el caso del lixiviado analizado se tiene un relación nitrógeno– fósforo de 700, lo que indica la necesidad de aumentar al doble la cantidad del nutriente en mg/l. en las siguientes fotografías se muestra lo mencionado anteriormente.



Después de haber normalizado las condiciones iniciales en el reactor experimental UASB, las cepas de bacterias descomponen la mezcla de lixiviado. Se deja actuar este proceso por quince días

### **Resultados obtenidos en el reactor experimental**

A los quince días posteriores de la experimentación, se realizó una toma de muestra de la mezcla de lixiviado en el reactor experimental, como se muestra en la fotografía a continuación:



Figura 57. Toma de muestra en el reactor experimental, muestra de lixiviado tratado

Imagen: Marcos Gallardo & Karla Rogel

Como se observa en la figura, la mezcla de lixiviado tiene una coloración más clara que la del lixiviado antes de la experimentación, mostrando que las condiciones finales han mejorado.

Para comprobar, se llevó la muestra de lixiviado a un laboratorio certificado, donde se solicitó realizar análisis de coliformes totales, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), y demanda química de oxígeno (DQO).

A continuación se muestran los resultados de los análisis realizados.

Tabla 34. Resultados finales de la concentración de contaminantes

COMPUESTO	UNIDADES	RESULTADOS
DBO <sub>5</sub>	mg/l	1298
DQO	mg/l	1720
Coliformes totales	NMP/100 ml	>1600
Coliformes fecales	NMP/100 ml	23

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

### Evaluación de la eficiencia del tratamiento en la disminución del DQO

La eficiencia se determina mediante:

E: eficiencia

So: carga contaminante de entrada mg/ L

S: carga contaminante de salida mg/ L

$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100$$

$$E = \frac{(2488 - 1720)}{2488} \times 100$$

$$E = 30,9\%$$

El proceso reduce la carga contaminante de DQO en un 30,9%. Hay que tomar en cuenta que a nivel de laboratorio no se consideraron procesos previos como los planteados en el presente estudio (desarenador, canal Parshall, floculador, sedimentador).

### **3.3 Tanque séptico**

Otro de los métodos empleados para la remoción de contaminantes de las aguas residuales son los tanques sépticos, por su facilidad de diseño y operación. Se ha contemplado en este trabajo de titulación realizarlo para tener un mayor número de opciones de diseño para la universidad.

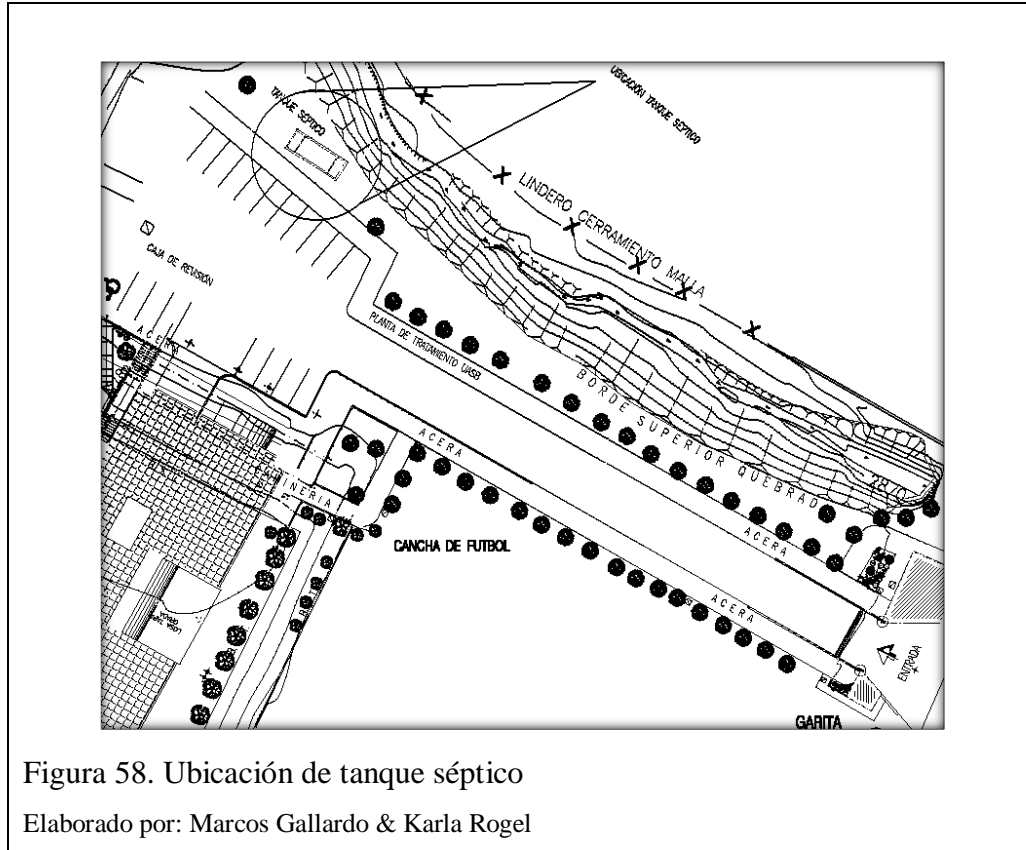
La construcción de un tanque séptico dentro de las instalaciones de la universidad contará con unos requisitos previos que se describen a continuación (CEPIS/OPS, 2003).

- a. La universidad cuenta con espacio suficiente para la construcción del tanque séptico y sus sistemas de infiltración.
- b. La distancia de construcción del tanque séptico a la caja final de revisión no deberá ser menor a 2m.
- c. La universidad cuenta con un tipo de suelo óptimo para la construcción del tanque séptico
- d. El periodo de limpieza de un tanque séptico no deberá ser menor a dos 2 años ni menor a 5.

#### **3.3.1 Ubicación.**

El lugar óptimo de implementación del tanque séptico en las instalaciones de la universidad es en el lindero que colinda con la quebrada. Se consideró la facilidad

para construir otras conexiones o realizar algún tipo de desvío, además por el buen acceso que tendría el equipo previsto para la construcción, operación y mantenimiento, como por ejemplo volquetas que ingresarían para la construcción y los equipos, maquinarias necesarios para el retiro de lodos.



### 3.3.2 Diseño.

En el diseño del tanque séptico es necesario determinar los siguientes aspectos (CEPIS/OPS, 2003):

- Tiempo de retención hidráulica
- Volumen del tanque
- Volumen de almacenamiento de lodos,
- Volumen de natas, y
- Espacio de seguridad.

### 3.3.3 Tiempo de retención hidráulica de diseño.

El tiempo estimado de retención recomendado para que el tanque séptico opere adecuadamente es de 6 horas. (CEPIS/OPS, 2003)

$$6 \text{ horas} = 21600 \text{ segundos}$$

### 3.3.4 Volumen de diseño del tanque.

El volumen del tanque se calculó en base a la fórmula de caudal, el mismo que es 0,96l/s, y considerando el tiempo de retención hidráulica en segundos.

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

Donde:

Q: caudal

V: volumen

t: tiempo

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

$$V = Q * t$$

$$V = 0,94l/s * 21600s$$

$$V = 20304l$$

$$V = 20,3m^3$$

### 3.3.5 Volumen de lodos producidos.

La cantidad de lodos producido por habitante y por año, depende de la temperatura ambiental y de la descarga de residuos de cocina. (CEPIS/OPS, 2003)

Los valores a considerar son:

Clima cálido 40 litros/habitante-año

Clima frío 50 litros/habitante-año

Como dentro de las instalaciones de la universidad existe un bar-restaurante para docentes y estudiantes en el cual cuenta con lavaplatos, pueda que exista el peligro de introducir cantidad suficiente de grasa que afecte el buen funcionamiento del sistema de evacuación de las aguas residuales, a los valores anteriores se le adicionará un valor de 20 litros/habitante-año.

### 3.3.6 Volumen de natas.

Como valor normal se considerará un volumen mínimo de 0,7 m<sup>3</sup> (CEPIS/OPS, 2003).



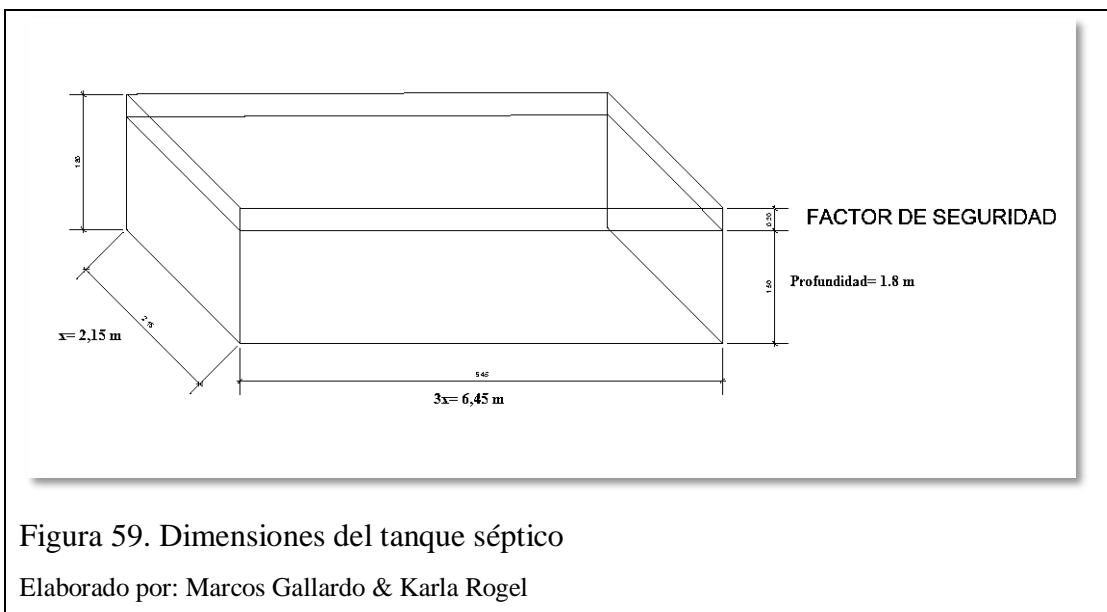
**Espacio de seguridad:** La distancia entre la parte inferior del ramal de la te de salida y la superficie inferior de la capa de natas no deberá ser menor a 0,10 m. el valor escogido es 0,3.

### 3.3.7 Profundidad neta del tanque séptico.

Según la OPS (2003) la profundidad óptima para el presente caudal es de 1,5m y más espacio de seguridad la profundidad neta es de: 1,8 m

### 3.3.8 Dimensiones de lados.

La distancia (largo y ancho) se obtiene con el volumen y la profundidad del tanque séptico



$$V = x * 3 * 1,5$$

$$x = \frac{\sqrt{20,3m^3}}{3 * 1,5}$$

$$x = a = 2,15 m$$

El ancho es de 2, 15 metros.

El largo es 3 veces el ancho

$$L = 3x = 3 * 2,15 = 6,45 m$$

El área superficial correspondiente al diseño del tanque séptico es:

$$A = 2,15m * 6,45 m$$

$$A = 2,15m * 6,45 m$$

$$A = 13,86 m^2$$

Tabla 35: Cálculos tanque séptico

Parámetro	Medida
Caudal	0.000944 m <sup>3</sup> /s
Volumen	20,3 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	6 horas
Profundidad	1,80 m
Área superficial	13,86 m <sup>2</sup>
Ancho	1,5 m
Largo	1,5 m
Espacio de seguridad	0,30 m

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

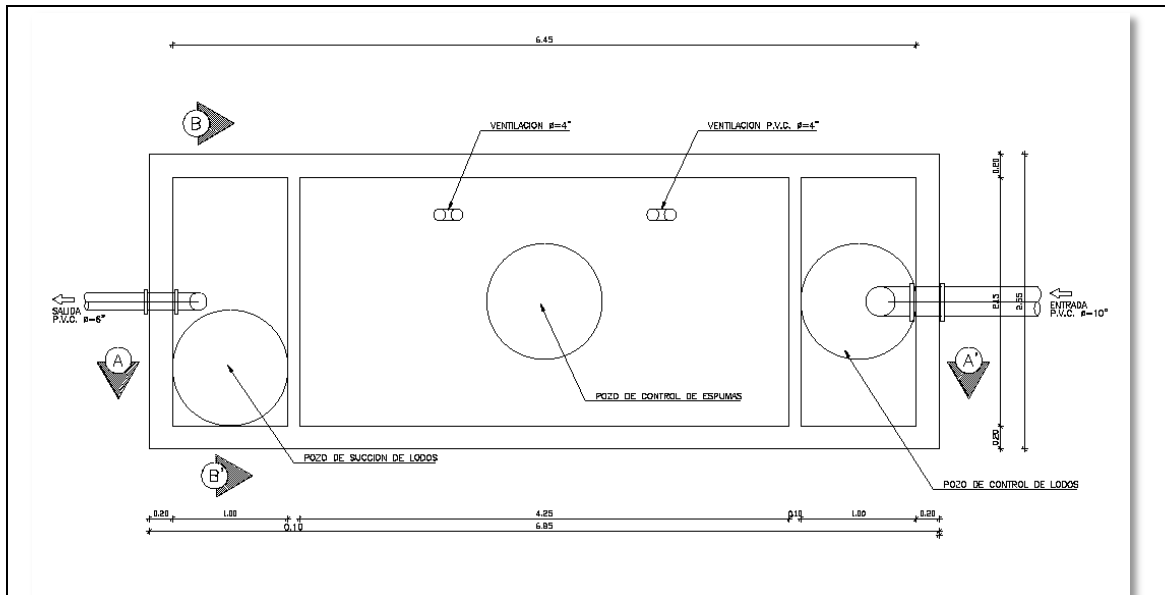


Figura 60. Vista en planta del tanque séptico

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel



## CAPÍTULO 4

### EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS PLANTEADOS

De los tres diseños que se han planteado dentro de este estudio, se ha optado por hacer un cuadro comparativo para elegir el que mejor se adapte a las necesidades de la universidad, tanto en mantenimiento operación y costos.

Tabla 36. Evaluación de procesos

Planta de tratamiento	Operación	Costo de mantenimiento	Costo final de construcción y mantenimiento
Lagunas	Cualquier persona	Anual 6000\$	125.000 \$
UASB	Personal altamente capacitado	Mensual 200 \$	45.000\$
Tanque séptico	Cualquier persona	Bianual 90 ctv el Kg de lodos	13.000

Elaborado por: Marcos Gallardo & Karla Rogel

El sistema de lagunas es un tratamiento más enfocado a trabajar con altos caudales sobretodo de áreas rurales (poblaciones), frente a esa magnitud sus costos pueden resultar convenientes, pero al ser utilizados para tratar las aguas de instalaciones urbanas autónomas únicamente no resulta ni económica ni técnicamente adecuado.

Como tratamiento más económico se encuentra el Tanque séptico, tanto en operación como en mantenimiento por lo que resulta conveniente, pero si se considera otros factores como la remoción de elementos químicos queda cuestionable los resultados que se puedan obtener como único tratamiento.

El UASB al ser de un costo promedio a otros tratamientos de aguas puede resultar adecuado, pero hay que considerar que requiere de otros procesos y que requieren ser operados de forma técnica y constante. Como tratamiento de aguas su rendimiento es óptimo ya que se encarga de retener sólidos, y remover sustancias contaminantes.

## CONCLUSIONES

- Tras este estudio se considera al Área de influencia directa de la UPS-Q-S como un área de poco valor natural puesto que no existe la presencia de fauna o flora endémica, sino por el contrario se la considera de alto valor comercial. Sin embargo, por la presencia de una quebrada adjunta a la misma es imprescindible la presencia de una planta de tratamiento de aguas para evitar la contaminación por descargas en esta quebrada.
- Después de la comparación con la normativa ambiental vigente de los resultados de la caracterización de las aguas residuales se demostró que solo el pH y los sólidos sedimentables cumplen con la normativa, mientras que parámetros como: aceites y grasas, DQO, DBO<sub>5</sub>, tensoactivos, sólidos suspendidos y fenoles no se encuentran bajo los límites permisibles.
- El sistema de lagunas propuesta en primera instancia para el tratamiento de aguas residuales de la UPS-Q-S, no puede ser construida dentro de las instalaciones de la universidad por que abarcaría una extensión de superficie destinada a otros fines (recreativos, o de futuras construcciones) y su costo de operación y construcción es bastante elevado además de problemas visuales, de olores, vectores, entre otros comunes de lagunas.
- A diferencia de la laguna los costos operativos y de construcción para el reactor UASB, son menores. La necesidad de mantenimiento es mínima, debido principalmente a la baja producción de lodo.
- El reactor UASB es un tratamiento para aguas residuales que, alcanza eficiencias de remoción aceptables, requiriendo poca área superficial y costos operativos relativamente bajos.
- Todo el proceso de tratamiento de aguas del sistema UASB consta de un cribado, desarenados, mezclador o canal Parshall, floculador, sedimentador y finalmente el reactor UASB.
- Si bien es cierto un tanque séptico es de bajo costo de operación, construcción y mantenimiento, además ocupa una menor superficie, es

imposible que este sea considerado puesto que dentro de las aguas residuales existen metales pesados, y este tipo de tratamiento no los remueve.

- El sistema de tratamiento planteado puede servir como método de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental en distintas materias afines impartidas y que se relacionan con el presente estudio o como interés personal.

## RECOMENDACIONES

- Se debe verificar y evitar que se realicen descargas líquidas con altas concentraciones de sustancias con características tóxicas y contaminantes como metales pesados o fenoles por cualquier motivo en cualquier sitio de las instalaciones de la UPS-Q-S.
- Las descargas líquidas provenientes de laboratorios deberían ser diferenciadas de la red hídrica general de la UPS-Q-S, porque pueden tratarse de sustancias tóxicas o de compuestos que pueden cambiar sus características y pueden causar una disminución en el rendimiento del tratamiento.
- En la limpieza y en cualquier actividad afín en las instalaciones de la UPS-Q-S que requiere de insumos químicos, utilizar productos biodegradables para evitar la presencia de sustancias contaminantes de difícil tratamiento.
- Plantear iniciativas o proyectos encaminados a la disposición final de lodos provenientes del tratamiento de las aguas residuales.
- Realizar caracterizaciones por lo menos dos veces al año de las descargas de la universidad.
- Plantear programas de prevención y manejo adecuado de sustancias químicas antes de ser descargados al sistema común de aguas.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Coval. (2010). Recuperado el 17 de febrero de 2014, de [http://www.coval.com.co/pdfs/manuales/man\\_eternit\\_tanque\\_septico.pdf](http://www.coval.com.co/pdfs/manuales/man_eternit_tanque_septico.pdf)
- Almeida, J. C. (2013). *Diseño de un biodigestor para el tratamiento de aguas residuales y producción de biogás para su aprovechamiento en el nuevo campus de la ESPE extensión Latacunga*. Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga.
- C.N.A. (1996). *Diseño de lagunas de estabilización. Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México: Comisión Nacional del Agua.
- CEPIS/OPS. (2003). *Especificaciones Técnicas para el diseño de Tanque Séptico*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Crites, & Tchobanoglous. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Bogotá: McGraw- Hill.
- EPA. (s.f.). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Recuperado el 19 de septiembre de 2013, de <http://www.epa.gov/superfund/spanish/glosario/index.html>
- Field, J. (1987). *Parámetros operativos del manto de lodos aneróbicos de flujo ascendente*. Santiago de Cali: Presentado en "Curo Arranque y operación de sistemas de flujo ascendente con manto de lodo UASB".
- Forest service British Columbia. (s.f.). *Visual landscape design manual*. Canada.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (s.f.). *Anuarios Meteorológicos*. Quito.
- Kaplan, R. (1979). *Perception and landscape assessment: Conceptions and Misconceptions, Proc. Nat. Conf. Applied Techniques for Analysis Management of the Visual Resource* . Nevada.
- Lettinga, G., Hobma, S., Hulshoff, L., & de Zeeuw, W. (1983). *Design Operation and Economy of Anaerobic Treatment* . Wageningen: Water Science & Technology.
- Mara, D., & Cairncross, S. (1990). *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Metcalf, & Eddy. (1996). *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización*. México D.F.: MacGraw-Hill.



- MIDUVI. (2010). *Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obra Sanitaria MDGFI– MIDUVI Abastecimiento de Agua Potable y eliminación de Aguas Residuales en el Área Urbana Norma CO 10.7-601*.
- Ministerio del Ambiente. (2003). *Texto unificado de legislación ambiental, Libro VI, anexo I*. Quito.
- Moscoso, J., & León, R. (1996). *Curso de Tratamiento y uso de aguas residuales*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2005). *Ordenanza Metropolitana No. 146*. Quito: Concejo del Distrito Metropolitano de Quito.
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2007). *Ordenanza Metropolitana No. 213*. Quito: Concejo del Distrito Metropolitano de Quito.
- Ponce Abad , A. P. (2001). *Comportamiento de un reactor anaerobio de lecho fijo en el tratamiento de aguas residuales de una producción de bebidas carbonatadas*. México D.F: UNAM.
- Ramos, R. (2003). *El agua en el medio ambiente Muestreo y Análisis*. Baja California: Editores Plaza y Valdez.
- Romero, J. A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sánchez, R. (Abril de 2013). Tutoría de diseño de plantas de trataiento de aguas residuales. (M. Gallardo, & K. Rogel, Entrevistadores)
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales- SIISE. (2010). *Datos parroquia Quitumbe*. Quito.
- Souza, M. (Abril de 1997). *Metodología de análisis de decisiones para seleccionar alternativas de tratamiento y uso de aguas residuales*. Brasilia: Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Brasilia.
- U.S. Department of Agriculture. (1975). *Soil Taxonomy* . Washington D.C.
- van Haandel, A., & Lettinga, G. (1994). *Tratamiento Anaeróbico de Esgotos*. Campina Grande: EPGRAF.
- Vieria, S. (1989). *Study Case- Domestic Sewage Treatment*. Bogotá: Presentado en "Seminario Internacional de Digestión Anaerobia- Elementos de Diseño.
- Zambrano, X., Saltos, X., & Villamar, F. (2004). *Diseño del Sistema de Tratamiento para la Depuración de las Aguas Residuales Domésticas de la Población San Eloy en la Provincia de Manabí por medio de un Sistema de Tratamiento Natural compuesto por un Humedal Artificial de Flujo Libre*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Zegers, F. (1987). *Microbiología*. Santiago de Cali: Presentado en "Curso Arranque y operación de sistemas de flujo ascendente con manto de lodo UASB".

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Aguas residuales:** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original (Ministerio del Ambiente, 2003).

**Caracterización del agua residual:** Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico (Ministerio del Ambiente, 2003).

**Carga contaminante:** Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidad de tiempo (Ministerio del Ambiente, 2003).

**Cuerpo receptor o cuerpo de agua:** Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales (Ministerio del Ambiente, 2003).

**Descargar:** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita (Ministerio del Ambiente, 2003).

**Demanda bioquímica de oxígeno:** Medida de la cantidad de oxígeno consumida en los procesos biológicos que descomponen materia orgánica en agua. A mayor cantidad de DBO, mayor grado de contaminación (EPA).

**Demanda química de oxígeno:** Medida de la cantidad de oxígeno necesario para oxidar todos los compuestos que se encuentran en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos (EPA).

**Descomposición anaeróbica:** La pérdida del nivel de energía neta y el cambio de la composición química de materia orgánica causada por microorganismos en un ambiente sin oxígeno (EPA).

**Efluente:** Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad (Ministerio del Ambiente, 2003).

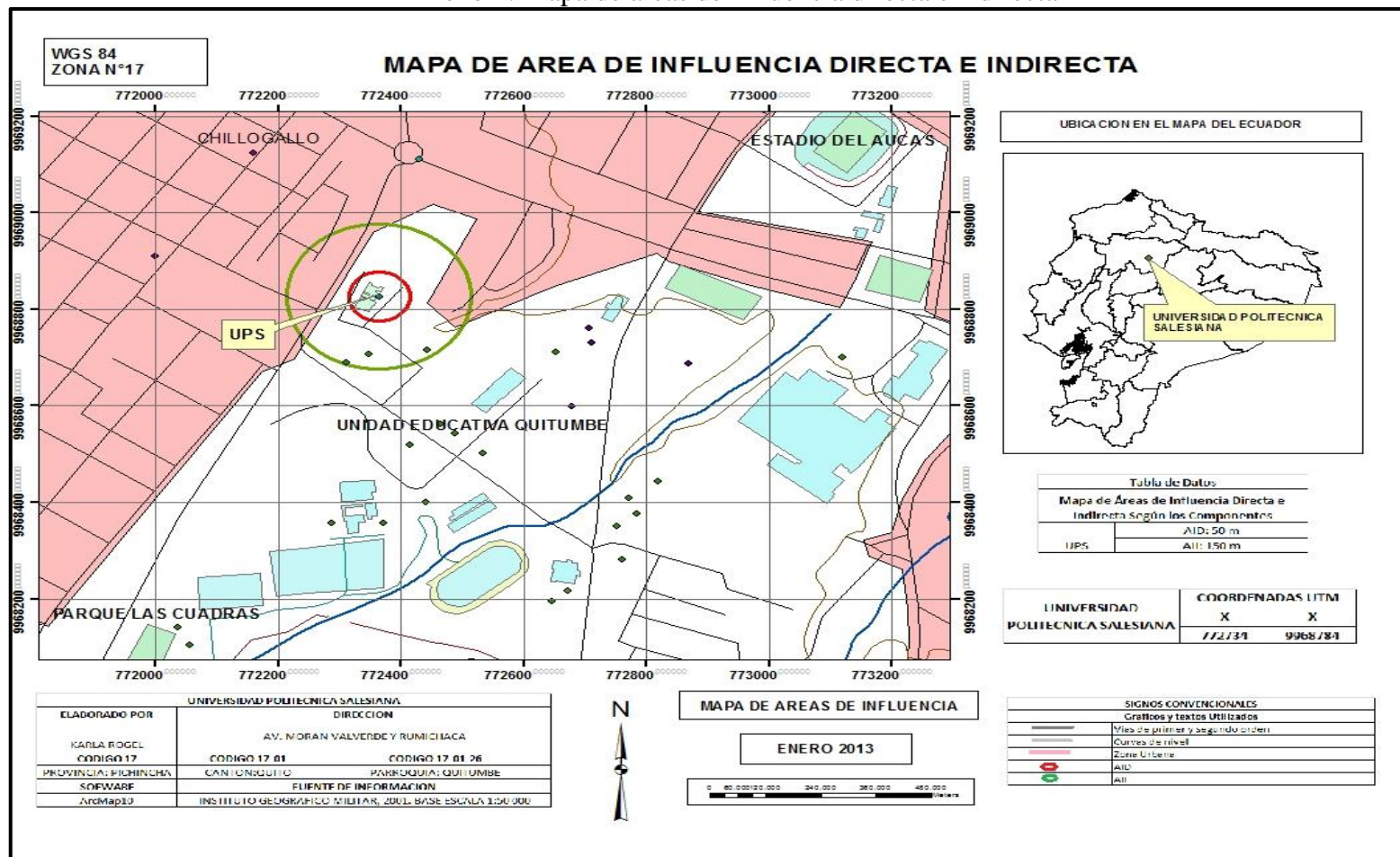
**Laguna aireada:** Un estanque de retención y/o tratamiento que acelera el proceso natural de descomposición biológica de desperdicios orgánicos al estimular el crecimiento y la actividad de la bacteria que degrada al desperdicio orgánico (EPA).

**Línea base:** Denota el estado de un sistema en un momento en particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades industriales o humanas (Ministerio del Ambiente, 2003).

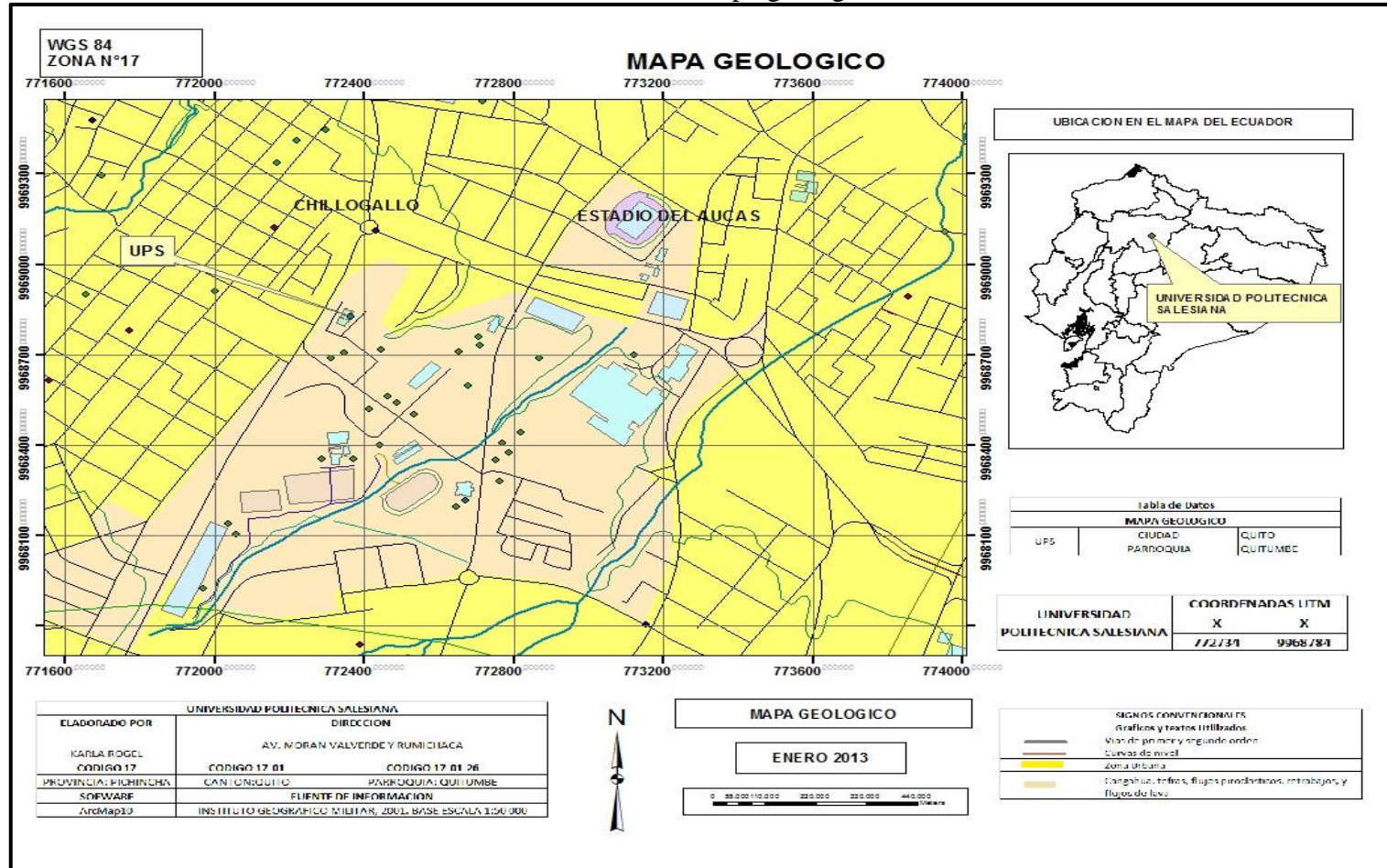
**Metales pesados:** Metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación (Ministerio del Ambiente, 2003).

**Polución o contaminación del agua:** Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua (Ministerio del Ambiente, 2003).

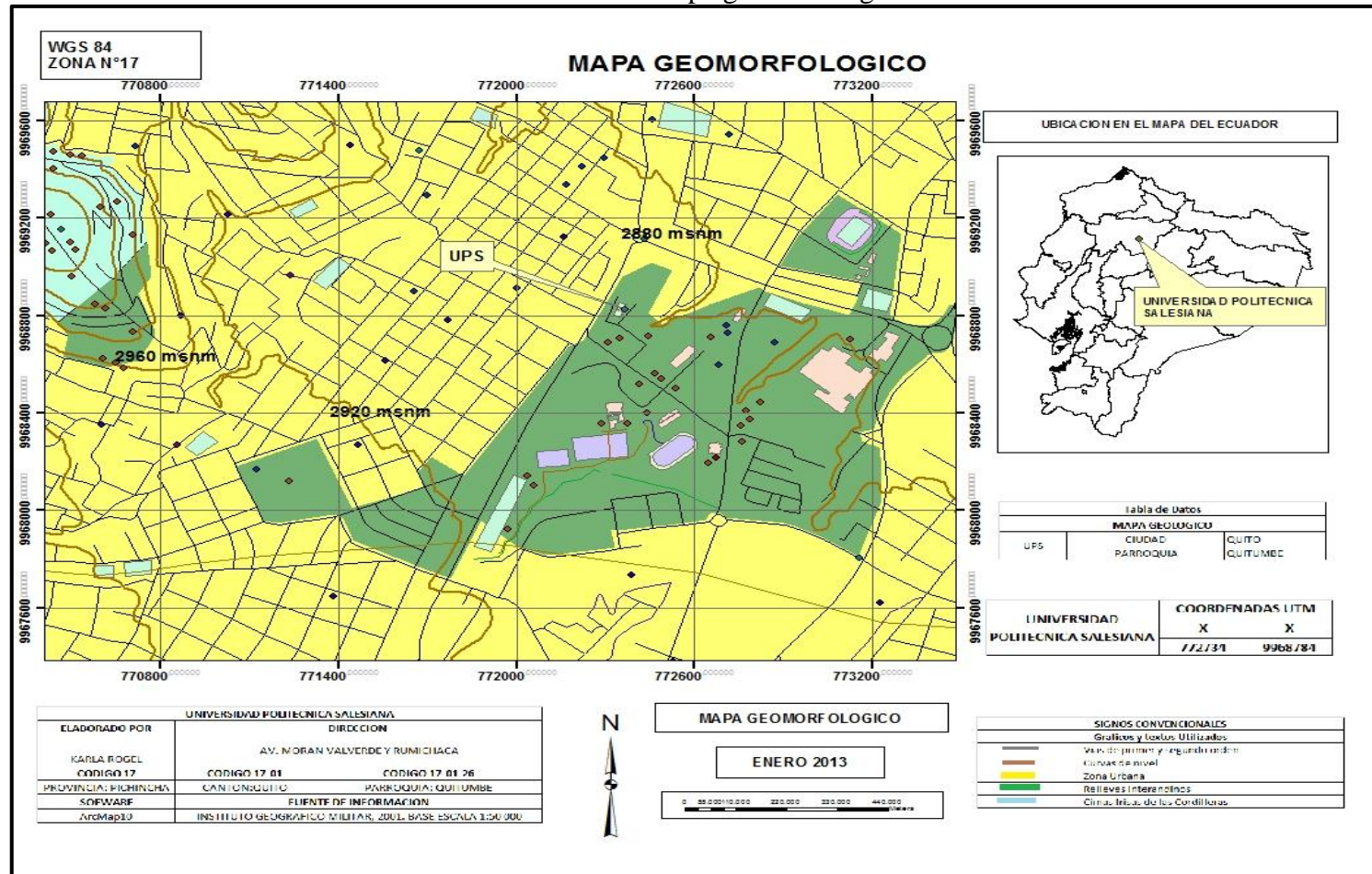
### Anexo 1. Mapa de áreas de influencia directa e indirecta



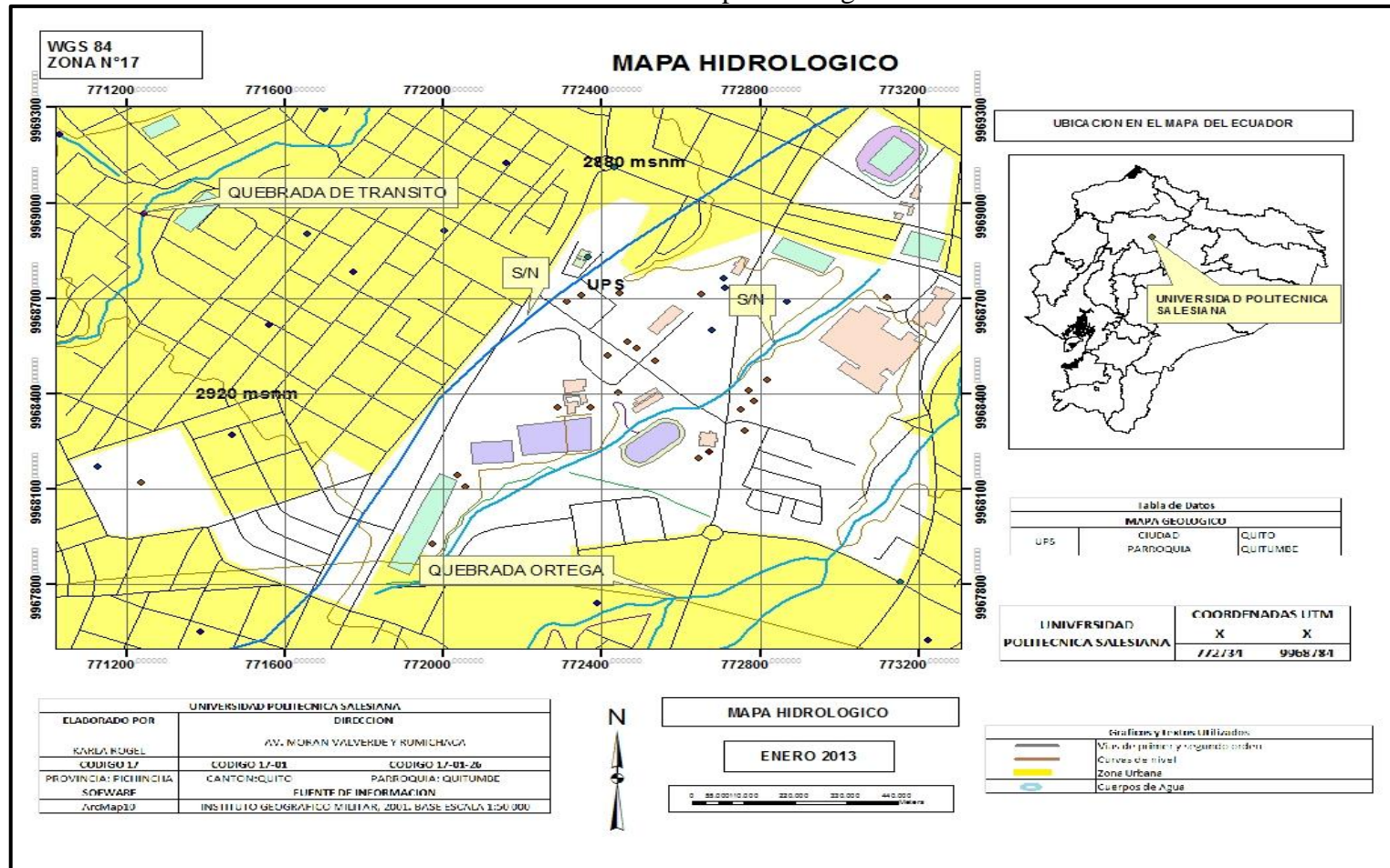
## Anexo 2. Mapa geológico



### Anexo 3. Mapa geomorfológico



### Anexo 4. Mapa hidrológico





### Anexo 5. Matriz de valoración del paisaje

Extensión		Impacto		Incidencia		Duración	Carácter		Individualidad		Magnitud	
<b>Puntual (P)</b>	Cuando el impacto solo puede ser percibido dentro de la actuación	<b>Positivo</b>	(+)	<b>Directo (D)</b>	Cuando tiene repercusión inmediata sobre algún elemento del paisaje.	<b>A corto plazo (C)</b>	<b>Reversible (R)</b>	Aquel en el que la alteración que supone puede ser asimilada por el paisaje sin necesidad de intervención humana.	<b>Impacto simple (S)</b>	Aquel que se manifiesta sobre un solo componente del paisaje, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación, ni en la de su sinergia.	<b>Compatible ó leve (L):</b>	impacto positivo o negativo de poca entidad, consiguiéndose (en caso de ser negativo) la recuperación inmediata de las condiciones originales una vez cesada la causa del efecto, una adecuada integración paisajística en el entorno o una fácilmente recuperación por los mecanismos de autodepuración-protección del medio.
<b>Zonal (Z)</b>	Cuando el impacto pueda ser percibido desde fuera de la actuación y hasta una distancia de 1,5 km a contar desde el perímetro de la misma.	<b>Negativo</b>	(-)	<b>Indirecto (In)</b>	Cuando el efecto sea debido a la repercusión inmediata de las interdependencias entre los elementos del paisaje.	<b>Medio plazo (M)</b>	<b>Irreversible (I)</b>	Aquel en que la alteración que supone no puede ser asimilada por el paisaje por los procesos naturales presentes en la zona.	<b>Impacto acumulativo (A)</b>	Aquel que se prolonga en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento del agente causante del daño	<b>Moderado (M):</b>	impacto de cierta entidad en el que (en caso de ser negativo) la recuperación de las condiciones originales o la integración de la actuación en el entorno requiere cierto tiempo y la aplicación de alguna medida correctora leve.
						<b>Largo plazo (L)</b>					<b>Severo (S):</b>	la magnitud del impacto es importante y (en caso de ser negativo) requiere la aplicación de fuertes medidas correctoras para la recuperación de las condiciones iniciales, exigiendo dicha recuperación un período de tiempo prolongado.
											<b>Crítico (C):</b>	Se trata de impactos negativos irreversibles a escala humana, no existiendo medidas correctoras que puedan disminuir el impacto a valores aceptables

<b>IMPACTO PAISAJÍSTICO</b>	<b>EXTENSIÓN</b>	<b>SIGNO</b>	<b>INCIDENCIA</b>	<b>DURACIÓN</b>	<b>CARÁCTER</b>	<b>INDIVIDUALIDAD</b>	<b>MAGNITUD</b>
<b>Modificaciones fisiográficas</b>	Z	(-)	D	M	R	S	M
<b>Eliminación de formas</b>	P	(-)	D	M	R	S	M
<b>Introducción de nuevas formas</b>	P	(-)	D	C	R	S	M
<b>Modificación- alteración de cauces</b>	Z	(-)	D	L	I	A	M
<b>Eliminación de la vegetación existente</b>	Z	(-)	D	C	I	S	M
<b>Modificaciones faunísticas</b>	P	(-)	D	L	I	S	M

Sensibilidad del Paisaje

Elementos del paisaje	VALORACIÓN DE LA ESCASEZ/SINGULARIDAD			Promedio	ESCASEZ/SINGULARIDAD GLOBAL
	LOCAL	REGIONAL	GLOBAL		
Topografía-fisiografía	1	1	1	1	Abundante
Geología	1	1	1	1	Abundante
Red Hídrica superficial	2	1	2	1,66	Poco escaso
Vegetación	4	1	2	2,33	Escaso
Fauna	4	1	2	2,33	Escaso
Asentamientos urbanos	1	1	1	1	Abundante
Viviendas dispersas	4	4	1	2,66	Escaso

**TOTAL**

1,71

Rangos de valoración global	
Entre 1 y menos de 1,5	Abundante
Entre 1,5 y 2	Poco escaso
Entre mayor de 2 y 3	escaso
Entre mayor de 3 y 4	Muy escaso
Mayor de 4	singular

Rangos de valoración	
Singular	5
Muy escaso	4
Escaso	3
Poco escaso	2
Abundante	1

Cambio del Paisaje

Unidad	Tipo de vegetación	Usos de suelo	Pendiente	Visibilidad			Total puntuación	Calificación
				Frecuencia	Amplitud	Desde Casco Urbano		
Quitumbe-Moran Valverde	2	8	1	7	1	1	3.33	MEDIA

Puntuación	
10->8	MUY ALTA
8->6	ALTA
6->4	MEDIA
4->2	BAJA
2-1	MUY BAJA

Anexo 6. Anuarios meteorológicos estación Izobamba (2000-2008)  
Año 2000

M003		IZOBAMBA												INAMHI					
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación				
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Media	Mensual			Máxima en 24hrs	día					
Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual	Máxima día						Mínima día	Media			Mensual	Máxima en 24hrs	día		
ENERO	119.6	19.8	25	2.3	9	16.4	7.0	10.8	100	18	47	22	84	8.0	10.8	161.2	18.7	29	19
FEBRERO	103.7	20.5	8	1.5	9	16.4	6.1	10.5	100	23	43	8	86	7.9	10.7	184.6	27.0	28	24
MARZO	106.7	19.5	2	4.0	29	16.6	7.0	11.0	100	8	55	11	87	8.6	11.2	268.8	35.5	11	25
ABRIL	113.6	19.5	9	4.4	26	17.0	7.0	11.3	100	4	52	9	86	8.9	11.4	231.4	29.1	15	25
MAYO	100.9	18.9	2	4.5	16	16.6	6.7	11.1	100	2	57	26	87	8.9	11.4	250.5	38.2	12	28
JUNIO	145.8	20.0	29	4.3	2	17.3	6.5	11.4	100	23	48	29	83	8.3	11.0	137.7	34.6	16	20
JULIO	188.6	20.0	8	1.6	31	17.6	5.0	11.2	98	20	43	17	73	6.2	9.6	42.6	11.4	20	12
AGOSTO	174.7	21.0	30	2.5	30	17.9	5.2	11.4	98	25	39	30	73	6.3	9.6	28.8	10.5	13	9
SEPTIEMBRE	125.6	20.5	2	1.0	17	17.6	4.3	11.1	98	28	46	2	81	7.6	10.5	167.7	37.3	6	26
OCTUBRE	197.4	21.8	23	1.0	26	19.0	5.7	12.2	99	22	35	26	73	7.2	10.3	49.9	7.7	27	14
NOVIEMBRE	187.7	21.0	12	0.5	12	18.8	5.3	11.9	98	1	38	12	77	7.5	10.5	57.9	12.0	19	12
DICIEMBRE	164.0	20.9	22	2.6	18	18.4	5.4	11.7	99	7	38	18	76	7.2	10.2	73.7	12.2	28	16
VALOR ANUAL	1728.3	21.8	0.5			17.5	5.9	11.3	100	35	80			7.7	10.6	1654.8	38.2		

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)						
	Suma	Máxima en		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro	OBS	DIR										
	Mensual	24hrs	día													(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%
ENERO	82.8	5.1	4	7	1.7	3	1.7	24	1.9	25	1.4	5	1.2	11	1.6	9	1.2	5	1.0	1	17	93	5.0	E	3.1
FEBRERO	76.1	4.4	15	7	1.3	7	1.7	23	1.6	22	1.0	1	1.3	9	1.1	17	1.0	9	1.0	3	8	87	3.0	NE	3.0
MARZO	77.0	4.9	12	7	1.2	5	1.4	26	1.5	16	1.1	7	1.3	20	1.2	12	1.0	2	1.0	3	9	93	4.0	S	3.7
ABRIL	70.2	5.2	10	7	1.0	9	1.3	17	1.3	14	1.2	3	1.5	32	1.2	8	1.2	7	1.0	2	8	90	4.0	S	3.7
MAYO	79.5	5.0	1	7	1.3	4	1.3	14	1.6	11	1.7	3	1.5	27	1.5	23	1.0	3	1.1	8	8	93	4.0	NE	3.9
JUNIO	97.2	6.2	29	6	1.0	9	1.8	14	1.5	14	0.0	0	1.6	20	1.5	23	1.0	7	1.0	3	9	90	4.5	S	4.2
JULIO	115.7	6.2	16	5	1.0	9	1.9	10	2.0	24	2.3	4	1.6	22	2.5	25	1.0	3	1.0	1	3	93	6.0	E	5.6
AGOSTO	121.6	6.4	28	5	1.2	7	1.8	9	2.7	22	1.8	3	1.8	40	1.7	16	1.0	3	1.0	1	0	93	5.0	E	6.3
SEPTIEMBRE	79.2	4.8	12	6	1.5	7	1.6	22	2.4	6	1.5	3	1.3	17	1.4	6	1.0	1	1.0	1	38	90	4.0	NE	3.9
OCTUBRE	111.7	6.1	26	4	0.8	9	1.4	15	2.5	5	2.5	4	1.2	34	1.6	18	0.7	3	0.8	3	8	93	6.0	SE	4.7
NOVIEMBRE	111.8	5.6	26	6	1.0	6	0.8	16	1.2	14	1.0	7	1.0	17	1.0	12	0.5	6	0.8	2	21	90	4.0	SW	3.9
DICIEMBRE	101.8	6.1	22	5	0.9	5	0.8	20	1.0	15	1.3	2	1.0	16	1.0	15	0.5	1	0.0	0	25	93	4.0	SW	4.2
VALOR ANUAL	1124.6	6.4		6	1.2	7	1.5	18	1.8	16	1.4	4	1.4	22	1.4	15	0.9	4	0.9	2	13		6.0	E	4.0

Año 2001

M003		IZOBAMBA										INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS			MEDIAS			Máxima día	Mínima día	Media			Suma Mensual	Máxima en 24hrs día	de días con precipitación				
		Máxima día	Mínima día	Máxima	Mínima	Mensual													
ENERO	156.1	19.5	31	2.4	15	16.9	5.8	11.0	98	4	37	3	79	7.1	10.2	144.8	29.3	5	20
FEBRERO	153.3	20.5	18	4.0	4	17.9	7.0	11.8	99	26	42	16	76	7.3	10.3	168.2	34.1	26	13
MARZO	110.7	21.0	2	4.0	11	17.3	6.9	11.5	99	6	46	2	82	8.3	11.0	226.3	26.4	20	26
ABRIL	149.0	19.8	27	3.7	19	18.0	6.5	11.9	98	2	50	19	80	8.3	11.0	133.6	29.2	17	22
MAYO	130.4	21.6	7	3.4	31	18.1	6.6	12.0	98	10	49	11	80	8.4	11.1	102.0	22.7	5	22
JUNIO	207.8	21.1	16	2.8	23	18.7	5.9	12.0	96	10	37	25	71	6.5	9.7	38.2	20.2	1	13
JULIO	213.2	21.5	3	2.4	17	19.2	5.3	11.7	95	19	38	5	73	6.4	9.7	36.1	10.0	7	12
AGOSTO	256.1	23.8	20	1.5	1	19.9	5.7	12.3	89	2	30	24	62	4.6	8.5	12.4	12.4	25	1
SEPTIEMBRE	149.8	22.0	16	2.2	16	18.8	5.3	11.7	98	11	32	16	73	6.6	9.8	91.4	15.2	18	16
OCTUBRE	232.9	22.8	12	1.5	30	21.0	6.0	13.3	96	28	29	18	70	7.1	10.1	7.9	3.0	27	7
NOVIEMBRE	166.1	22.5	5	1.0	3	19.1	6.1	12.3	99	13	27	3	77	7.7	10.6	119.0	25.8	13	15
DICIEMBRE	180.2	21.7	23	3.0	2	19.0	7.3	12.6	99	7	47	8	83	9.4	11.8	192.6	26.0	3	24
VALOR ANUAL	2105.6	23.8	1.0			18.7	6.2	12.0	99		27		75	7.3	10.3	1272.5	34.1		

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel.Mayor	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)							
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS	Observada (m/s)	DIR											
			(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	%	(m/s)						
ENERO	107.1	6.6	15	6	0.5	1	1.0	18	1.3	7	1.1	5	0.8	16	0.8	12	0.5	1	2.0	3	37	93	5.0	NW	3.7	
FEBRERO	105.4	7.1	6	5	0.5	2	0.7	13	1.8	18	1.6	8	0.8	18	0.9	12	1.0	1	0.0	0	27	84	7.5	E	5.2	
MARZO	83.7	4.3	23	7	0.5	1	0.9	7	0.7	9	1.0	8	0.9	19	1.0	11	0.5	1	0.5	5	40	93	3.5	S	3.2	
ABRIL	98.8	5.7	24	6	0.9	4	0.9	12	1.3	7	0.8	4	0.9	19	0.8	13	0.5	1	0.0	0	39	90	4.0	E	3.9	
MAYO	84.4	4.4	12	6	1.0	1	0.8	20	0.9	5	1.0	5	0.6	23	0.6	9	0.5	1	0.5	1	34	93	2.0	E	3.5	
JUNIO	120.7	7.7	25	5	0.5	1	1.0	14	1.3	7	2.5	8	0.9	17	1.0	22	0.0	0	0.0	0	31	90	7.0	SE	5.6	
JULIO	118.7	6.5	3	5	0.5	1	0.9	14	2.0	7	2.1	5	0.9	15	1.0	22	0.0	0	1.0	1	36	93	4.0	E	5.0	
AGOSTO	170.2	8.1	19	3	0.5	1	2.4	5	3.0	14	3.3	14	1.8	19	1.6	30	0.0	0	0.0	0	16	93	7.0	E	8.6	
SEPTIEMBRE	109.6	5.6	16	6	0.5	1	1.2	6	1.9	4	0.8	2	1.2	32	1.0	16	0.0	0	0.0	0	39	90	4.0	E	5.0	
OCTUBRE	141.1	6.3	4	5	1.5	4	0.9	18	0.8	10	1.3	3	0.9	19	1.2	17	0.5	1	1.0	2	25	93	4.0	SW	5.3	
NOVIEMBRE	99.4	6.6	3	6																					4.1	
DICIEMBRE	113.5	6.9	10	6	0.7	7	0.9	24	0.8	10	1.5	3	0.9	5	0.8	4	0.0	0	0.8	2	45	93	2.5	SE	4.0	
VALOR ANUAL	1352.6	8.1		6																						5.0

Año 2002

M003		IZOBAMBA										INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Numero de dias con precipitación			
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Media	Mensual			Máxima en 24hrs	día					
Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima						Máxima día	Mínima día			Media	Mensual	Máxima en 24hrs	día	
ENERO	189.3	21.7	19	2.4	20	19.1	6.0	12.2	98	7	40	20	78	8.1	10.9	94.0	30.1	2	14
FEBRERO	119.9	21.7	2	3.5	9	18.3	6.8	12.0	99	6	41	15	82	8.6	11.2	93.4	18.8	27	14
MARZO	109.8	20.5	9	4.3	12	18.2	7.6	12.2	99	21	48	10	84	9.4	11.8	201.4	40.0	20	22
ABRIL	119.3	20.4	1	2.5	12	17.7	6.5	11.6	100	20	50	16	86	9.1	11.6	248.0	47.8	19	26
MAYO	150.7					18.6	7.0	12.4	99	25	48	3	79	8.6	11.2	132.7	34.5	18	15
JUNIO	188.1	21.7	28	3.2	21	17.9	6.2	11.6	100	5	30	21	75	6.8	10.0	69.7	24.3	7	11
JULIO	233.9	22.3	8	2.0	21	19.7	5.8	12.5	99	19	38	9	74	7.5	10.4	26.5	14.3	11	6
AGOSTO	254.5	22.2	31	1.5	6	19.9	5.8	12.5	99	30	40	5	72	7.2	10.2	11.8	5.8	3	4
SEPTIEMBRE	192.9	23.1	23	0.2	23	20.4	5.5	12.6					75	7.6	10.5	22.9	4.7	30	12
OCTUBRE	160.9	22.6	10	2.4	15	19.0	6.7	12.5	99	22	35	14	81	8.9	11.4	129.6	17.6	31	17
NOVIEMBRE	131.7	21.2	25	3.0	24	17.8	7.0	12.0	100	18	45	25	81	8.4	11.1	185.0	37.4	4	21
DICIEMBRE	139.1		4.4	23		18.2	7.2	12.6	100	6	55	3	84	9.8	12.2	243.6	32.6	8	21
VALOR ANUAL	1990.1					18.7	6.5	12.2					79	8.3	11.0	1458.6	47.8		

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel.Mayor		VELOCIDAD MEDIA (Km/h)														
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS	Observada (m/s)	DIR																			
			(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%
ENERO	119.3	6.5	27	5	0.8	9	1.1	23	1.1	10	3.5	1	1.2	7	0.8	16	0.5	1	0.0	0	34	93	3.5	SE	4.5									
FEBRERO	93.6	6.1	26	6	0.6	10	0.8	30	0.9	7	0.8	4	0.8	13	0.5	8	0.8	2	0.5	2	24	84	2.0	S	3.9									
MARZO	94.4	7.5	7	7	0.6	4	1.0	12	1.0	14	0.8	7	0.9	18	0.7	15	1.0	2	0.7	3	25	93	4.0	E	3.6									
ABRIL	87.3	6.4	23	6	0.5	6	0.8	18	0.9	10	0.8	4	1.1	13	1.1	9	0.5	6	0.5	1	33	90	3.0	S	3.2									
MAYO	108.4	6.1	18	6	1.0	1	0.9	9	1.4	15	1.1	5	1.2	14	0.8	16	0.7	3	0.0	0	37	93	3.0	S	5.0									
JUNIO	122.2	8.1	22	4	1.0	2	1.2	9	1.5	7	2.2	7	1.9	38	1.0	17	0.5	2	0.0	0	19	90	6.0	S	7.4									
JULIO	143.0	7.8	27	4	0.8	3	1.4	13	1.7	11	1.6	4	1.0	27	0.8	13	0.5	1	0.8	3	25	93	5.0	E	6.4									
AGOSTO	168.0	8.1	14	4	0.0	0	0.9	11	2.9	15	2.4	5	1.5	43	1.1	15	0.0	0	0.0	0	11	93	7.0	E	8.5									
SEPTIEMBRE	134.7	7.3	22	5	0.0	0	1.2	18	1.5	13	1.4	4	1.0	42	0.9	4	0.0	0	0.8	2	16	90	4.0	E	5.8									
OCTUBRE	116.6	5.7	22	6	0.7	3	1.6	22	1.1	10	1.0	7	0.9	29	1.1	5	0.5	1	0.8	2	22	93	10.0	NE	4.9									
NOVIEMBRE	92.4	5.9	25	6	0.8	2	1.3	10	2.0	13	1.1	7	1.1	28	0.9	11	0.5	1	0.0	0	28	90	10.0	E	4.4									
DICIEMBRE	87.9	5.3	31	6	0.6	4	0.9	16	0.8	14	1.1	4	0.8	17	1.7	3	0.5	2	0.5	1	38	93	3.0	SW	3.7									
VALOR ANUAL	1367.8	8.1		5	0.6	4	1.1	16	1.4	12	1.5	5	1.1	24	1.0	11	0.5	2	0.4	1	26		10.0	NE	5.0									





Año 2004

M003		IZOBAMBA										INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCÍO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Máxima día	Mínima día	Media			Mensual	Máxima en 24hrs	día			
ENERO	214.6	23.7	21	1.0	28							19.8	5.6				12.1	98	6
FEBRERO	135.8	22.4	2	2.3	22	18.5	6.0	11.8	99	23	34	2	80	8.0	10.8	66.1	11.0	11	16
MARZO	135.2	22.3	31			19.3	7.3	12.9	99	7	41	31	78	8.6	11.2	74.8	20.4	6	13
ABRIL	123.2	22.5	7	4.8	6	18.0	7.2	12.2	100	26	39	7	82	8.8	11.4	150.4	24.7	3	25
MAYO	161.8	22.7	14	5.1	3	18.6	7.5	12.8	99	1	37	14	79	8.8	11.4	147.4	37.9	18	19
JUNIO	205.5	22.0	27	4.2	10	19.2	7.1	12.5	97	5	40	24	71	6.9	10.0	24.3	13.9	9	6
JULIO	163.3	20.7	19	2.3	3	18.3	5.6	11.9	96	4	43	1	74	7.1	10.1	28.6	11.2	8	16
AGOSTO	258.6	22.5	21	3.1	26	20.0	6.3	12.6	93	5	32	12	66	6.0	9.4	3.1	1.4	25	6
SEPTIEMBRE	155.4	21.7	1	2.2	7	19.1	6.4	12.2	98	6	40	1	74	7.2	10.2	98.7	18.8	30	15
OCTUBRE	158.7	22.0	15	4.3	30	18.3	6.8	12.2	99	4	40	15	82	8.8	11.4	136.3	26.8	19	23
NOVIEMBRE	147.0	20.8	23	3.8	12	18.1	7.4	12.1					82	8.9	11.5	152.7	20.9	10	22
DICIEMBRE	176.4	21.3	31	1.0	30	18.8	6.7	12.2	99	20	45	30	82	8.8	11.4	187.7	71.4	14	19
VALOR ANUAL	2035.5	23.7				18.8	6.7	12.3					77	7.9	10.8	1129.0	71.4		

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOGIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel.Mayor	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)				
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS	Observada (m/s) DIR											
ENERO	134.9	6.5	25	1.8	18	1.1	4	0.9	10	1.4	8	1.7	8	0.0	0	1.1	7	1.4	7	40	93	5.5	N	4.7	
FEBRERO	104.7	5.9	11	1.3	8	1.2	9	1.1	21	1.5	2	0.8	6	1.0	8	1.0	5	0.8	3	38	87	2.0	NE	4.1	
MARZO	113.4	6.9	13	1.2	12	1.8	8	1.4	20	3.1	4	1.3	7	0.8	9	0.9	7	0.5	1	33	93	5.0	SE	4.8	
ABRIL	95.2	6.5	7	1.3	3	1.1	12	1.7	13	1.8	2	1.6	13	1.0	13	0.7	3	0.0	0	39	90	7.0	E	3.8	
MAYO	101.2	6.1	14	0.8	2	1.3	7	1.5	12	1.2	3	1.4	20	1.7	13	0.8	3	1.0	2	38	93	4.0	SW	4.3	
JUNIO	138.9	8.3	19	1.9	8	3.1	8	1.9	13	3.3	7	1.3	29	2.4	12	1.9	4	1.0	1	18	90	6.0	SE	7.2	
JULIO	117.3	6.6	1	0.0	0	0.0	0	1.4	11	1.9	11	1.7	14	1.6	5	1.6	27	1.0	1	31	93	5.0	S	5.3	
AGOSTO	183.7	11.4	12	0.5	1	2.3	2	0.0	0	3.1	9	3.6	27	3.6	7	2.0	46	1.5	1	8	93	7.0	SW	8.8	
SEPTIEMBRE	126.9	6.6	21	1.6	8	2.0	2	2.7	12	3.0	6	2.0	49	2.0	1	0.0	0	3.0	1	21	90	6.0	S	6.1	
OCTUBRE	108.2	5.8	18	1.4	17	1.2	12	1.1	5	1.0	1	1.2	19	1.0	2	1.4	2	1.0	2	39	93	4.0	N	3.9	
NOVIEMBRE	96.8																								3.7
DICIEMBRE	103.1	5.8	7	1.3	18	1.5	16	1.2	7	0.0	0	1.4	16	1.0	1	0.5	1	0.0	0	41	93	4.5	N	3.8	
VALOR ANUAL	1424.3																								5.0

Año 2005

M003		IZOBAMBA										INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Media	Mensual			Máxima en 24hrs	Mensual	Máxima en 24hrs		Mensual		
ENERO	172,4	21,5	28	2,0	21						19,3	5,3				12,2		99	4
FEBRERO	136,7			2,6	1	19,1	7,0	13,0	100	17	39	25	80	9,3	11,7	201,4	37,9	10	13
MARZO	103,6	20,3	2	5,6	12	17,6	8,2	11,9	100	26	58	2	85	9,3	11,8	210,2	27,2	8	25
ABRIL	119,4	20,8	15	4,4	24	18,2	7,4	12,6	100	29	8	29	82	9,2	11,8	115,7	24,3	20	21
MAYO	157,8	20,6	7	1,6	21	18,9	5,8	12,3	98	5	41	18	77	8,1	10,9	100,1	23,1	5	16
JUNIO	169,9	21,2	26	4,3	19	18,6	6,9	12,4	99	28	40	25	77	8,1	10,9	66,8	18,4	14	12
JULIO	230,4	21,5	24	2,7	13	19,4	6,6	12,2	95	14	33	23	69	6,2	9,6	50,6	12,8	4	8
AGOSTO	220,1	22,7	12	2,0	13	19,7	5,9	12,4	95	24	36	12	67	6,0	9,4	53,9	18,9	14	11
SEPTIEMBRE	202,4	23,5	30	3,9	25	20,8	6,5	12,9	98	23	33	16	69	6,7	9,8	84,1	33,0	28	10
OCTUBRE	118,6	21,8	5	2,7	15	18,8	6,5	11,9	98	23	42	12	79	8,1	10,8	83,7	28,4	10	20
NOVIEMBRE	165,7	21,5	27	-1,0	27	18,4	5,6	11,8	99	13	32	27	77	7,4	10,5	105,8	29,3	6	16
DICIEMBRE	121,1			2,4	5	17,2	6,4	11,3					84	8,4	11,1	159,4	26,6	25	25
VALOR ANUAL	1918,1			-1,0		18,8	6,5	12,2					77	7,9	10,8	1265,0	37,9		

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel.Mayor	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)						
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS	Observada (m/s) DIR											
ENERO	116,2	6,0	26	6	1,8	17	1,5	16	1,8	11	1,0	2	1,2	13	1,0	2	0,8	3	1,5	2	33	93	4,0	N	4,4
FEBRERO	92,2	5,8	24	6	1,5	21	1,3	19	1,8	10	1,0	1	1,4	14	0,0	0	0,0	0	0,0	0	35	84	5,0	E	4,2
MARZO	87,1	6,0	8	7	1,4	10	1,9	11	1,8	11	3,5	1	1,6	17	0,0	0	1,0	2	0,0	0	48	93	4,0	E	2,9
ABRIL	92,9	6,6	15	7	1,3	16	1,7	14	1,6	4	3,0	1	1,2	26	1,0	2	0,8	3	1,0	3	30	90	5,0	NE	3,5
MAYO	114,7	8,0	5	6	1,4	19	2,6	7	1,8	5	1,3	5	1,3	20	1,0	4	1,4	5	1,5	3	30	93	6,7	NE	3,7
JUNIO	108,8	6,8	15	5	1,4	18	3,0	4	1,3	3	1,9	10	1,2	33	1,0	2	0,5	1	1,0	1	27	90	6,0	NE	4,5
JULIO	142,3	7,1	28	4	1,9	11	3,4	5	1,5	13	3,2	7	1,9	43	0,0	0	0,8	2	0,0	0	19	93	8,5	N	6,4
AGOSTO	144,5	6,9	28	4	1,3	9	3,5	13	1,5	5	2,2	10	1,8	40	1,8	2	0,8	2	0,0	0	19	93	7,0	S	6,2
SEPTIEMBRE	166,5	9,2	16	5	1,1	8	2,8	9	3,5	12	2,8	3	1,9	29	1,8	10	0,9	4	0,0	0	24	90	6,0	E	5,8
OCTUBRE	104,3	5,3	27	7	1,1	13	1,3	7	1,7	8	1,5	3	1,2	18	1,3	2	1,0	3	2,0	1	45	93	3,0	NE	3,3
NOVIEMBRE	116,1	8,8	28	6	1,3	3	1,9	11	1,6	16	1,4	4	1,1	13	0,8	3	0,8	4	1,3	2	42	90	5,0	NE	3,7
DICIEMBRE	71,8			7	1,4	9	2,0	15	1,7	9	1,5	4	0,7	3	1,2	3	0,8	2	1,5	2	53	93	10,0	NE	3,1
VALOR ANUAL	1357,4			6	1,4	13	2,2	11	1,8	9	2,0	4	1,4	22	0,9	3	0,8	3	0,8	1	34		10,0	NE	4,0

Año 2006

M003		IZOBAMBA										INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DELAIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		MEDIAS		Mensual	Máxima día	Mínima día	Máxima día	Mínima día	Media			Mensual	Máxima 24hrs día				
ENERO	134,9	21,7	25	5,2	10							17,8	7,2				12,0	100	6
FEBRERO	113,6	20,7	17			18,1	6,7	12,2	100	1	49	17	84	9,3	11,8	188,8	30,8	4	22
MARZO	96,1	20,8	4	4,5	24	17,4	6,7	11,7	98	17	42	4	82	8,5	11,2	167,5	27,4	16	24
ABRIL	107,8	20,5	21	3,6	20	17,8	6,6	11,8	99	10	46	16	83	8,7	11,3	262,0	31,2	29	25
MAYO	173,4	20,4	18	1,7	19	18,9	6,2	12,6	98	6	45	26	77	8,2	10,9	76,3	14,8	11	15
JUNIO	171,2	21,0	25	3,8	7	18,1	6,7	11,9	100	9	37	30	77	7,5	10,5	92,2	28,1	5	16
JULIO	206,0	21,4	9			18,8	6,0	12,3	98	28	35	10	68	6,2	9,5	13,1	5,8	27	7
AGOSTO	197,8	22,4	13	2,6	10	19,4	5,5	12,4	94	20	32	3	70	6,5	9,8	23,6	14,1	18	8
SEPTIEMBRE	165,4	22,5	20	2,2	3	19,4	4,5	12,4	99	16	32	8	70	6,4	9,7	51,6	10,7	3	11
OCTUBRE	174,2	22,9	9	1,1	19	19,4	5,4	12,4	98	13	26	18	75	7,5	10,5	76,5	21,3	27	15
NOVIEMBRE	125,9	21,5	3	4,2	3	18,0	7,0	11,8					85	9,1	11,6	245,9	31,9	14	24
DICIEMBRE	139,3	20,9	30			18,2	6,6	12,0	100	26	52	11	84	9,2	11,6	174,6	31,2	20	21
VALOR ANUAL	1805,6	22,9				18,4	6,3	12,1					78	8,0	10,8	1465,4	31,9		208

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel.Mayor		VELOCIDAD MEDIA (Km/h)			
	Suma Mensual	Máxima 24hrs día		N (m/s)	NE (m/s)	E (m/s)	SE (m/s)	S (m/s)	SW (m/s)	W (m/s)	NW (m/s)	CALMA (%)	Nro OBS	Observada (m/s)	DIR										
																%	%	%	%	%	%		%	%	
ENERO	88,3	6,0	25	6	1,1	13	1,4	19	1,6	14	1,3	3	1,1	7	1,4	4	0,0	0	0,0	0	40	93	6,5	E	3,7
FEBRERO	85,4	5,9	23	7	1,4	6	1,5	13	1,2	19	1,3	4	1,2	6	1,0	2	0,8	2	0,0	0	48	84	3,0	NE	3,3
MARZO	79,4	5,2	9	6	0,9	8	1,8	8	1,3	10	1,5	1	1,1	16	1,5	3	1,0	4	1,0	2	48	93	3,5	NE	3,3
ABRIL	90,6	5,8	11	6	1,8	2	2,4	7	1,4	8	1,3	4	1,3	20	1,0	2	1,0	3	1,0	2	51	90	5,0	NE	3,5
MAYO	107,9	8,4	11	5	1,1	9	1,7	13	1,2	10	1,0	1	1,5	27	1,9	4	1,3	2	0,0	0	34	93	4,5	SW	4,3
JUNIO	108,3	6,0	30	5	0,8	7	1,4	8	3,2	6	2,3	2	1,7	36	1,9	8	0,8	2	1,0	2	30	90	7,0	E	5,4
JULIO	147,3	7,1	3	4	0,5	2	1,3	10	4,8	8	3,6	8	2,9	30	2,0	24	0,8	4	0,5	1	14	93	7,0	E	7,3
AGOSTO	153,9	7,9	12	4	1,5	4	2,0	1	2,0	13	4,0	5	1,5	23	1,8	14	1,8	25	0,5	1	14	93	7,5	SE	6,9
SEPTIEMBRE	137,2	7,9	28	5	1,8	8	3,0	1	1,9	20	1,0	6	1,4	20	1,5	11	0,9	9	1,0	1	24	90	5,0	N	5,6
OCTUBRE	129,1	6,9	19	5	1,3	7	1,6	5	1,5	16	1,0	3	1,2	22	0,8	4	1,3	2	0,0	0	41	93	3,5	NE	4,3
NOVIEMBRE	72,9			6	1,3	7	1,1	6	1,3	9	1,1	4	1,8	11	0,9	6	0,9	6	1,0	1	51	90	4,0	S	3,0
DICIEMBRE	88,5	5,6	30	6	1,0	3	1,1	8	1,3	14	1,9	7	1,1	9	1,0	7	0,7	3	0,0	0	51	93	5,0	SE	3,1
VALOR ANUAL	1288,8			5	1,2	6	1,7	8	1,9	12	1,8	4	1,5	19	1,4	7	0,9	5	0,5	1	37		7,5	SE	4,0

Año 2007

M003		IZOBAMBA										INAMHI							
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)			PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS		MEDIAS				Máxima día	Mínima día	Media			Mensual	Máxima en 24hrs	Mensual		Mensual		
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual													
ENERO	180.2	21.6	16	4.0	4	19.1	6.7	13.0	100	26	46	29	79	9.1	11.6	171.3	41.6	25	13
FEBRERO	162.5	21.7	24	3.0	8	18.9	5.6	12.2	98	16	39	11	75	7.5	10.5	55.1	20.0	13	10
MARZO	112.8	21.5	20	3.4	11	18.1	7.0	12.0	98	18	46	2	82	8.7	11.3	229.9	34.8	23	23
ABRIL	109.7	20.7	22			17.9	7.1	12.0	99	15	54	22	86	9.4	11.8	264.3	28.9	9	28
MAYO	155.3	20.7	11	3.0	5	18.2	6.6	12.1	99	21	52	13	83	9.1	11.6	243.6	38.4	3	23
JUNIO	125.9	19.8	18	3.6	17	17.8	6.1	11.8					78	7.7	10.6	59.7	14.8	5	14
JULIO	228.1	21.6	12	1.3	21	19.1	5.0	12.1	98	18	41	31	75	7.4	10.4	62.6	21.9	22	10
AGOSTO	194.1	21.0	1	1.2	19	18.4	5.5	11.7	97	13	41	19	73	6.6	9.8	34.8	10.9	15	12
SEPTIEMBRE	145.7	21.2	27	2.3	18	18.6	5.4	12.2	98	9	42	17	69	6.4	9.6	16.4	8.3	26	7
OCTUBRE	137.6	21.4	2	3.3	27	18.0	6.0	11.4	100	13	37	3	83	8.1	10.9	201.9	42.7	8	22
NOVIEMBRE	155.8	20.2	20	3.2	13	17.9	6.4	11.8	100	3	49	20	83	8.8	11.3	326.2	29.3	6	23
DICIEMBRE	128.7	19.2	10	0.5	5	17.1	6.6	11.2	99	19	45	5	85	8.5	11.2	117.8	25.8	15	19
VALOR ANUAL	1836.4	21.7				18.3	6.2	12.0					79	8.1	10.9	1783.6	42.7		

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel.Mayor		VELOCIDAD MEDIA (Km/h)																
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS	Observada (m/s)	DIR																					
			(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%
ENERO	109.2	6.0	17	1.0	1	1.2	9	1.1	15	1.8	3	1.1	8	0.8	16	0.8	3	1.0	1	44	93	3.5	E	3.8												
FEBRERO	105.2	6.4	27	2.0	2	1.2	10	1.3	14	3.1	8	1.1	6	3.0	5	1.9	10	0.0	0	45	84	7.2	W	4.6												
MARZO	93.8	6.2	25	0.5	1	1.0	2	1.8	17	1.8	10	0.9	7	1.3	3	1.5	12	0.0	0	48	93	6.0	W	3.5												
ABRIL	86.0	5.2	22	0.0	0	0.0	0	0.9	11	2.3	7	0.9	6	1.9	9	1.0	13	0.0	0	54	90	5.0	SW	3.1												
MAYO	99.7	6.6	11	1.5	1	1.2	3	1.8	13	1.9	8	0.8	5	2.1	9	1.3	17	1.0	1	43	93	5.0	E	3.6												
JUNIO	101.1	5.7	28	1.0	1	1.0	1	2.3	18	1.5	7	1.6	11	1.6	16	1.4	23	1.0	2	21	90	5.0	E	5.4												
JULIO	122.5	7.9	2	1.6	15	4.5	4	1.3	3	1.5	38	2.4	4	1.5	2	1.5	3	1.0	4	26	93	8.0	NE	5.8												
AGOSTO	118.7	5.9	1	1.9	15	1.9	5	1.4	15	1.5	19	1.4	17	0.0	0	1.0	1	1.0	1	26	93	5.0	NE	5.6												
SEPTIEMBRE	120.5	5.9	12	2.6	8	2.9	7	1.8	4	2.4	19	1.9	42	2.2	3	1.0	1	0.0	0	16	90	5.0	S	6.8												
OCTUBRE	86.9	5.5	2	0.8	7	1.0	9	1.3	4	0.9	8	2.2	9	2.3	7	1.0	2	1.0	1	55	93	5.0	SW	3.6												
NOVIEMBRE	101.8	7.2	12	1.2	3	1.6	9	1.8	9	1.3	3	1.4	10	1.8	2	3.0	1	0.0	0	62	90	6.8	E	3.6												
DICIEMBRE	87.0	5.1	4	1.8	4	1.1	10	1.0	17	1.0	4	0.8	7	2.0	1	1.0	2	0.0	0	55	93	3.0	N	3.4												
VALOR ANUAL	1232.4	7.9		1.3	5	1.6	6	1.5	12	1.8	11	1.4	11	1.7	6	1.4	7	0.5	1	41		8.0	NE	4.0												

Año 2008

M003		IZOBAMBA										INAMHI						
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)					HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSIÓN DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		MEDIAS			Máxima día	Mínima día	Media	Mensual			Máxima en 24hrs	Mensual	Máxima en 24hrs		Mensual	
		Máxima día	Mínima día	Máxima	Mínima	Mensual												
ENERO	118.9	19.7	21	17.2	7.1	11.5	99	29	50	23	85	9.0	11.5	246.6	23.2	25	23	
FEBRERO	125.9	19.5	7 1.5	19	16.4	6.4	10.8	100	20	43	7	86	8.2	10.9	275.5	30.0	15	22
MARZO	82.8	19.0	23 4.0	27	16.6	6.7	10.8	100	17	57	25	87	8.5	11.1	263.5	37.4	19	29
ABRIL	108.2	19.6	17 3.0	5	17.1	6.7	11.4	100	10	51	17	86	8.9	11.4	257.0	38.3	9	25
MAYO	123.0	19.8	8 3.3	18	16.8	6.6	11.3	99	24	49	8	86	8.8	11.4	216.4	20.3	17	27
JUNIO	163.9	20.5	12 3.7	18	17.9	5.9	11.7	99	24	50	5	81	8.3	11.0	111.5	20.0	12	20
JULIO	157.6	19.9	31 2.4	31	17.2	5.5	11.3	98	9	49	31	78	7.3	10.3	28.5	10.3	18	15
AGOSTO	151.0	20.5	12 2.4	12	17.4	5.3	11.1	98	18	44	17	79	7.2	10.2	96.7	28.2	28	22
SEPTIEMBRE	125.9	21.0	12 3.3	19	18.2	6.0	11.8	100	28	42	12	78	7.7	10.6	103.1	32.0	21	18
OCTUBRE	143.1	20.0	2 3.3	15	17.7	6.4	11.6	100	7	51	26	84	8.6	11.2	199.5	42.6	13	30
NOVIEMBRE	133.1	20.0	6 3.4	7	17.5	6.6	11.6	99	2	50	28	86	9.0	11.5	108.0	13.8	12	24
DICIEMBRE	148.3	20.5	10 3.9	1	17.9	7.0	11.6	99	19	50	31	85	8.9	11.4	126.0	21.6	14	22
VALOR ANUAL	1581.7	21.0			17.3	6.4	11.4	100		42	83	8.4	11.0	2032.3	42.6			

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO														Vel.Mayor		VELOCIDAD MEDIA (Km/h)		
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N (m/s)	NE (m/s)	E (m/s)	SE (m/s)	S (m/s)	SW (m/s)	W (m/s)	NW (m/s)	CALMA (%)	Nro OBS	Observada (m/s)	DIR							
																%	%	%	%		%	%
ENERO	81.7	5.1	2	1.8	9	1.9	14	1.0	12	2.0	2	1.2	8	0.0	0	0.0	0	56	93	14.0	NE	3.5
FEBRERO	65.6	5.5	10	1.1	6	1.2	7	1.3	10	1.0	3	1.7	9	1.0	1	0.0	0	63	87	3.5	S	3.0
MARZO	67.8	3.7	23	1.2	5	1.4	5	1.1	9	3.3	3	1.7	15	1.5	2	0.0	0	60	93	5.0	SE	2.9
ABRIL	87.1	6.2	17	1.6	10	1.5	7	1.8	10	1.0	4	1.4	9	1.0	3	1.3	3	53	90	5.5	E	3.2
MAYO	79.3	5.2	7	1.0	5	1.1	5	1.2	10	2.5	4	1.1	20	1.4	5	1.0	1	48	93	6.0	SE	3.3
JUNIO	87.1	5.2	20	0.9	8	1.6	9	1.0	2	1.8	2	1.6	20	1.3	9	1.0	1	48	90	4.0	S	3.5
JULIO	100.6	6.0	31	0.7	7	3.0	12	0.8	3	1.3	2	1.2	24	1.6	7	0.5	1	45	93	5.0	NE	3.9
AGOSTO	94.5	5.5	6	1.3	10	1.8	8	1.4	5	1.1	3	1.1	29	0.8	2	0.0	0	42	93	5.5	NE	3.3
SEPTIEMBRE	95.7	5.1	11	1.5	4	1.6	8	2.1	6	2.0	4	1.8	33	1.3	9	1.3	2	33	90	6.0	S	4.1
OCTUBRE	85.5	5.0	13	1.2	9	1.1	7	1.8	4	1.8	5	1.6	17	1.2	7	2.0	1	51	93	3.0	S	2.9
NOVIEMBRE	93.0	11.1	24	1.3	7	1.4	10	1.1	9	1.2	6	1.4	12	1.0	1	0.0	0	52	90	3.5	S	3.0
DICIEMBRE	95.1	4.7	15	1.6	11	1.3	10	1.3	15	1.0	2	1.4	8	1.0	1	1.0	1	53	93	3.5	N	3.2
VALOR ANUAL	1033.0	11.1		1.3	8	1.6	9	1.3	8	1.7	3	1.4	17	1.1	4	0.7	1	50		14.0	NE	3.0

Anexo 7. Registro de limnigráfo

REGISTRO DE LIMNÍGRAFO RESIDUOS LÍQUIDOS							
<b>Fuente:</b>	Universidad Politécnica Salesiana sede Quito- Campus sur.						
<b>Fecha de inicio:</b>	17 de Julio de 2012						
<b>Hora de inicio:</b>	16:34						
<b>Observaciones:</b>	Muestreo de Caudal cada 10 minutos / Muestreo de Temperatura cada 30 minutos						
<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>TEMPERTURA</b>	<b>UNIDADES</b>
16:34	1	0,000000	m <sup>3</sup> /s	16:34	1	25,40	°C
16:44	2	0,000138	m <sup>3</sup> /s	17:04	2	22,00	°C
16:54	3	0,000088	m <sup>3</sup> /s	17:34	3	19,00	°C
17:04	4	0,000120	m <sup>3</sup> /s	18:04	4	20,00	°C
17:14	5	0,000811	m <sup>3</sup> /s	18:34	5	19,00	°C
17:24	6	0,001151	m <sup>3</sup> /s	19:04	6	18,00	°C
17:34	7	0,001117	m <sup>3</sup> /s	19:34	7	17,00	°C
17:44	8	0,001221	m <sup>3</sup> /s	20:04	8	17,00	°C
17:54	9	0,000957	m <sup>3</sup> /s	20:34	9	17,00	°C
18:04	10	0,000418	m <sup>3</sup> /s	21:04	10	17,00	°C
18:14	11	0,000028	m <sup>3</sup> /s	21:34	11	16,00	°C
18:24	12	0,000031	m <sup>3</sup> /s	22:04	12	16,00	°C
18:34	13	0,000045	m <sup>3</sup> /s	22:34	13	15,97	°C
18:44	14	0,000128	m <sup>3</sup> /s	23:04	14	14,00	°C
18:54	15	0,001151	m <sup>3</sup> /s	23:34	15	12,00	°C
19:04	16	0,001117	m <sup>3</sup> /s	0:04	16	14,00	°C
19:14	17	0,001083	m <sup>3</sup> /s	0:34	17	13,00	°C
19:24	18	0,001049	m <sup>3</sup> /s	1:04	18	13,00	°C
19:34	19	0,001015	m <sup>3</sup> /s	1:34	19	12,00	°C
19:44	20	0,000981	m <sup>3</sup> /s	2:04	20	13,00	°C
19:54	21	0,000154	m <sup>3</sup> /s	2:34	21	11,00	°C
20:04	22	0,000135	m <sup>3</sup> /s	3:04	22	12,00	°C
20:14	23	0,000195	m <sup>3</sup> /s	3:34	23	11,00	°C
20:24	24	0,000164	m <sup>3</sup> /s	4:04	24	10,34	°C
20:34	25	0,000123	m <sup>3</sup> /s	4:34	25	11,00	°C
20:44	26	0,000193	m <sup>3</sup> /s	5:04	26	10,15	°C
20:54	27	0,000165	m <sup>3</sup> /s	5:34	27	11,00	°C
21:04	28	0,000161	m <sup>3</sup> /s	6:04	28	11,00	°C
21:14	29	0,000257	m <sup>3</sup> /s	6:34	29	11,00	°C
21:24	30	0,000841	m <sup>3</sup> /s	7:04	30	10,27	°C
21:34	31	0,000491	m <sup>3</sup> /s	7:34	31	10,10	°C
21:44	32	0,000711	m <sup>3</sup> /s	8:04	32	11,00	°C

**REGISTRO DE LIMNÍGRAFO RESIDUOS LÍQUIDOS**

<b>Fuente:</b>	Universidad Politécnica Salesiana sede Quito- Campus sur.						
<b>Fecha de inicio:</b>	17 de Julio de 2012						
<b>Hora de inicio:</b>	16:34						
<b>Observaciones:</b>	Muestreo de Caudal cada 10 minutos / Muestreo de Temperatura cada 30 minutos						
<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>TEMPERTURA</b>	<b>UNIDADES</b>
21:54	33	0,000514	m <sup>3</sup> /s	8:34	33	11,00	°C
22:04	34	0,000213	m <sup>3</sup> /s	9:04	34	12,00	°C
22:14	35	0,000064	m <sup>3</sup> /s	9:34	35	13,00	°C
22:24	36	0,000083	m <sup>3</sup> /s	10:04	36	14,00	°C
22:34	37	0,000026	m <sup>3</sup> /s	10:34	37	17,00	°C
22:44	38	0,000026	m <sup>3</sup> /s	11:04	38	17,00	°C
22:54	39	0,000094	m <sup>3</sup> /s	11:34	39	17,00	°C
23:04	40	0,000016	m <sup>3</sup> /s	12:04	40	18,00	°C
23:14	41	0,000034	m <sup>3</sup> /s	12:34	41	19,00	°C
23:24	42	0,000014	m <sup>3</sup> /s	13:04	42	21,00	°C
23:34	43	0,000233	m <sup>3</sup> /s	13:34	43	22,00	°C
23:44	44	0,000343	m <sup>3</sup> /s	14:04	44	24,00	°C
23:54	45	0,000243	m <sup>3</sup> /s	14:34	45	25,63	°C
0:04	46	0,000086	m <sup>3</sup> /s	15:04	46	25,76	°C
0:14	47	0,000081	m <sup>3</sup> /s	15:34	47	26,00	°C
0:24	48	0,000016	m <sup>3</sup> /s	16:04	48	26,00	°C
0:34	49	0,000056	m <sup>3</sup> /s	16:34	49	24,00	°C
0:44	50	0,000048	m <sup>3</sup> /s	17:04	50	24,00	°C
0:54	51	0,000019	m <sup>3</sup> /s	17:34	51	23,00	°C
1:04	52	0,000091	m <sup>3</sup> /s	18:04	52	22,00	°C
1:14	53	0,000039	m <sup>3</sup> /s	18:34	53	20,88	°C
1:24	54	0,000145	m <sup>3</sup> /s	19:04	54	19,00	°C
1:34	55	0,000176	m <sup>3</sup> /s	19:34	55	19,00	°C
1:44	56	0,000154	m <sup>3</sup> /s	20:04	56	17,00	°C
1:54	57	0,000233	m <sup>3</sup> /s	20:34	57	16,00	°C
2:04	58	0,000096	m <sup>3</sup> /s	21:04	58	16,00	°C
2:14	59	0,000013	m <sup>3</sup> /s	21:34	59	15,33	°C
2:24	60	0,000026	m <sup>3</sup> /s	22:04	60	14,00	°C
2:34	61	0,000003	m <sup>3</sup> /s	22:34	61	13,00	°C
2:44	62	0,000024	m <sup>3</sup> /s	23:04	62	12,00	°C
2:54	63	0,000013	m <sup>3</sup> /s	23:34	63	12,00	°C
3:04	64	0,000045	m <sup>3</sup> /s	0:04	64	11,00	°C
3:14	65	0,000053	m <sup>3</sup> /s	0:34	65	12,00	°C

**REGISTRO DE LIMNÍGRAFO RESIDUOS LÍQUIDOS**

<b>Fuente:</b>	Universidad Politécnica Salesiana sede Quito- Campus sur.						
<b>Fecha de inicio:</b>	17 de Julio de 2012						
<b>Hora de inicio:</b>	16:34						
<b>Observaciones:</b>	Muestreo de Caudal cada 10 minutos / Muestreo de Temperatura cada 30 minutos						
<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>TEMPERTURA</b>	<b>UNIDADES</b>
3:24	66	0,000014	m <sup>3</sup> /s	1:04	66	10,00	°C
3:34	67	0,000017	m <sup>3</sup> /s	1:34	67	10,02	°C
3:44	68	0,000085	m <sup>3</sup> /s	2:04	68	9,02	°C
3:54	69	0,000029	m <sup>3</sup> /s	2:34	69	9,00	°C
4:04	70	0,000143	m <sup>3</sup> /s	3:04	70	9,00	°C
4:14	71	0,000048	m <sup>3</sup> /s	3:34	71	9,30	°C
4:24	72	0,000091	m <sup>3</sup> /s	4:04	72	9,00	°C
4:34	73	0,000014	m <sup>3</sup> /s	4:34	73	8,11	°C
4:44	74	0,000016	m <sup>3</sup> /s	5:04	74	8,00	°C
4:54	75	0,001151	m <sup>3</sup> /s	5:34	75	6,11	°C
5:04	76	0,001117	m <sup>3</sup> /s	6:04	76	6,00	°C
5:14	77	0,001141	m <sup>3</sup> /s	6:34	77	6,22	°C
5:24	78	0,001333	m <sup>3</sup> /s	7:04	78	6,22	°C
5:34	79	0,001863	m <sup>3</sup> /s	7:34	79	11,00	°C
5:44	80	0,001333	m <sup>3</sup> /s	8:04	80	11,00	°C
5:54	81	0,001338	m <sup>3</sup> /s	8:34	81	11,00	°C
6:04	82	0,001373	m <sup>3</sup> /s	9:04	82	10,35	°C
6:14	83	0,001408	m <sup>3</sup> /s	9:34	83	10,00	°C
6:24	84	0,001443	m <sup>3</sup> /s	10:04	84	11,00	°C
6:34	85	0,001478	m <sup>3</sup> /s	10:34	85	11,00	°C
6:44	86	0,001513	m <sup>3</sup> /s	11:04	86	12,00	°C
6:54	87	0,000016	m <sup>3</sup> /s	11:34	87	11,25	°C
7:04	88	0,000129	m <sup>3</sup> /s	12:04	88	11,33	°C
7:14	89	0,000331	m <sup>3</sup> /s	12:34	89	11,42	°C
7:24	90	0,001163	m <sup>3</sup> /s	13:04	90	12,00	°C
7:34	91	0,001485	m <sup>3</sup> /s	13:34	91	13,00	°C
7:44	92	0,001566	m <sup>3</sup> /s	14:04	92	14,00	°C
7:54	93	0,000148	m <sup>3</sup> /s	14:34	93	17,00	°C
8:04	94	0,001303	m <sup>3</sup> /s	15:04	94	17,00	°C
8:14	95	0,001338	m <sup>3</sup> /s	15:34	95	17,00	°C
8:24	96	0,001373	m <sup>3</sup> /s	16:04	96	18,00	°C
8:34	97	0,001408	m <sup>3</sup> /s	16:34	97	19,00	°C
8:44	98	0,001443	m <sup>3</sup> /s	17:04	98	20,32	°C



**REGISTRO DE LIMNÍGRAFO RESIDUOS LÍQUIDOS**

<b>Fuente:</b>	Universidad Politécnica Salesiana sede Quito- Campus sur.						
<b>Fecha de inicio:</b>	17 de Julio de 2012						
<b>Hora de inicio:</b>	16:34						
<b>Observaciones:</b>	Muestreo de Caudal cada 10 minutos / Muestreo de Temperatura cada 30 minutos						
<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>TEMPERTURA</b>	<b>UNIDADES</b>
8:54	99	0,001478	m <sup>3</sup> /s	17:34	99	21,31	°C
9:04	100	0,001513	m <sup>3</sup> /s	18:04	100	22,41	°C
9:14	101	0,001232	m <sup>3</sup> /s	18:34	101	23,00	°C
9:24	102	0,001583	m <sup>3</sup> /s	19:04	102	22,00	°C
9:34	103	0,001446	m <sup>3</sup> /s	19:34	103	20,00	°C
9:44	104	0,001634	m <sup>3</sup> /s	20:04	104	19,00	°C
9:54	105	0,001468	m <sup>3</sup> /s	20:34	105	19,00	°C
10:04	106	0,001472	m <sup>3</sup> /s	21:04	106	17,30	°C
10:14	107	0,001736	m <sup>3</sup> /s	21:34	107	17,00	°C
10:24	108	0,001477	m <sup>3</sup> /s	22:04	108	18,00	°C
10:34	109	0,001484	m <sup>3</sup> /s	22:34	109	19,00	°C
10:44	110	0,001838	m <sup>3</sup> /s	23:04	110	20,32	°C
10:54	111	0,001872	m <sup>3</sup> /s	23:34	111	21,31	°C
11:04	112	0,001406	m <sup>3</sup> /s	0:04	112	22,41	°C
11:14	113	0,001933	m <sup>3</sup> /s	0:34	113	22,41	°C
11:24	114	0,001873	m <sup>3</sup> /s	1:04	114	23,00	°C
11:34	115	0,001939	m <sup>3</sup> /s	1:34	115	22,00	°C
11:44	116	0,001998	m <sup>3</sup> /s	2:04	116	22,06	°C
11:54	117	0,002055	m <sup>3</sup> /s	2:34	117	21,86	°C
12:04	118	0,002162	m <sup>3</sup> /s	3:04	118	21,65	°C
12:14	119	0,002179	m <sup>3</sup> /s	3:34	119	21,45	°C
12:24	120	0,002276	m <sup>3</sup> /s	4:04	120	21,24	°C
12:34	121	0,001338	m <sup>3</sup> /s	4:34	121	21,04	°C
12:44	122	0,001809	m <sup>3</sup> /s	5:04	122	20,84	°C
12:54	123	0,002695	m <sup>3</sup> /s	5:34	123	20,63	°C
13:04	124	0,001443	m <sup>3</sup> /s	6:04	124	20,43	°C
13:14	125	0,001478	m <sup>3</sup> /s	6:34	125	20,32	°C
13:24	126	0,001513	m <sup>3</sup> /s	7:04	126	21,31	°C
13:34	127	0,001548	m <sup>3</sup> /s	7:34	127	22,41	°C
13:44	128	0,001583	m <sup>3</sup> /s	8:04	128	23,00	°C
13:54	129	0,001618	m <sup>3</sup> /s	8:34	129	22,00	°C
14:04	130	0,001653	m <sup>3</sup> /s	9:04	130	23,32	°C
14:14	131	0,001688	m <sup>3</sup> /s	9:34	131	22,41	°C

**REGISTRO DE LIMNÍGRAFO RESIDUOS LÍQUIDOS**

<b>Fuente:</b>	Universidad Politécnica Salesiana sede Quito- Campus sur.						
<b>Fecha de inicio:</b>	17 de Julio de 2012						
<b>Hora de inicio:</b>	16:34						
<b>Observaciones:</b>	Muestreo de Caudal cada 10 minutos / Muestreo de Temperatura cada 30 minutos						
<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>TEMPERTURA</b>	<b>UNIDADES</b>
14:24	132	0,001723	m <sup>3</sup> /s	10:04	132	23,00	°C
14:34	133	0,001758	m <sup>3</sup> /s	10:34	133	22,00	°C
14:44	134	0,001793	m <sup>3</sup> /s	11:04	134	22,06	°C
14:54	135	0,001828	m <sup>3</sup> /s	11:34	135	21,86	°C
15:04	136	0,001863	m <sup>3</sup> /s	12:04	136	21,65	°C
15:14	137	0,001898	m <sup>3</sup> /s	12:34	137	21,45	°C
15:24	138	0,001933	m <sup>3</sup> /s	13:04	138	21,24	°C
15:34	139	0,001968	m <sup>3</sup> /s	13:34	139	21,04	°C
15:44	140	0,002003	m <sup>3</sup> /s	14:04	140	20,84	°C
15:54	141	0,002038	m <sup>3</sup> /s	14:34	141	19,00	°C
16:04	142	0,002073	m <sup>3</sup> /s	15:04	142	19,00	°C
16:14	143	0,002108	m <sup>3</sup> /s	15:34	143	17,30	°C
16:24	144	0,002143	m <sup>3</sup> /s	16:04	144	17,00	°C
16:34	145	0,002178	m <sup>3</sup> /s	16:34	145	18,00	°C
16:44	146	0,002213	m <sup>3</sup> /s	17:04	146	16,86	°C
16:54	147	0,002248	m <sup>3</sup> /s	17:34	147	16,46	°C
17:04	148	0,002283	m <sup>3</sup> /s	18:04	148	16,06	°C
17:14	149	0,002845	m <sup>3</sup> /s	18:34	149	15,66	°C
17:24	150	0,002845	m <sup>3</sup> /s	19:04	150	15,26	°C
17:34	151	0,001968	m <sup>3</sup> /s	19:34	151	14,86	°C
17:44	152	0,002003	m <sup>3</sup> /s	20:04	152	14,46	°C
17:54	153	0,002038	m <sup>3</sup> /s	20:34	153	14,06	°C
18:04	154	0,002073	m <sup>3</sup> /s	21:04	154	13,66	°C
18:14	155	0,000981	m <sup>3</sup> /s	21:34	155	13,26	°C
18:24	156	0,000028	m <sup>3</sup> /s	22:04	156	12,86	°C
18:34	157	0,000028	m <sup>3</sup> /s	22:34	157	12,46	°C
18:44	158	0,000028	m <sup>3</sup> /s	23:04	158	12,06	°C
18:54	159	0,000028	m <sup>3</sup> /s	23:34	159	11,66	°C
19:04	160	0,000028	m <sup>3</sup> /s	0:04	160	11,26	°C
19:14	161	0,000028	m <sup>3</sup> /s	0:34	161	10,86	°C
19:24	162	0,000028	m <sup>3</sup> /s	1:04	162	10,46	°C
19:34	163	0,000028	m <sup>3</sup> /s	1:34	163	10,06	°C
19:44	164	0,000028	m <sup>3</sup> /s	2:04	164	11,00	°C

**REGISTRO DE LIMNÍGRAFO RESIDUOS LÍQUIDOS**

<b>Fuente:</b>	Universidad Politécnica Salesiana sede Quito- Campus sur.						
<b>Fecha de inicio:</b>	17 de Julio de 2012						
<b>Hora de inicio:</b>	16:34						
<b>Observaciones:</b>	Muestreo de Caudal cada 10 minutos / Muestreo de Temperatura cada 30 minutos						
<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>Hora</b>	<b>Dato N°</b>	<b>TEMPERTURA</b>	<b>UNIDADES</b>
19:54	165	0,000811	m <sup>3</sup> /s	2:34	165	11,00	°C
20:04	166	0,000823	m <sup>3</sup> /s	3:04	166	12,00	°C
20:14	167	0,000574	m <sup>3</sup> /s	3:34	167	11,25	°C
20:24	168	0,000245	m <sup>3</sup> /s	4:04	168	11,33	°C
20:34	169	0,000096	m <sup>3</sup> /s	4:34	169	11,42	°C
20:44	170	0,000978	m <sup>3</sup> /s	5:04	170	12,00	°C
20:54	171	0,000463	m <sup>3</sup> /s	5:34	171	11,88	°C
21:04	172	0,000033	m <sup>3</sup> /s	6:04	172	11,99	°C
21:14	173	0,000013	m <sup>3</sup> /s	6:34	173	12,11	°C
21:24	174	0,000063	m <sup>3</sup> /s	7:04	174	12,10	°C
21:34	175	0,000063	m <sup>3</sup> /s	7:34	175	12,15	°C
21:44	176	0,000013	m <sup>3</sup> /s	8:04	176	12,19	°C
21:54	177	0,000094	m <sup>3</sup> /s	8:34	177	10,46	°C
22:04	178	0,000009	m <sup>3</sup> /s	9:04	178	10,06	°C
22:14	179	0,000103	m <sup>3</sup> /s	9:34	179	11,00	°C
22:24	180	0,000101	m <sup>3</sup> /s	10:04	180	11,00	°C
22:34	181	0,000115	m <sup>3</sup> /s	10:34	181	11,27	°C
22:44	182	0,000138	m <sup>3</sup> /s	11:04	182	11,53	°C
22:54	183	0,000565	m <sup>3</sup> /s	11:34	183	11,78	°C
23:04	184	0,000175	m <sup>3</sup> /s	12:04	184	11,00	°C
23:14	185	0,000135	m <sup>3</sup> /s	12:34	185	11,00	°C
23:24	186	0,000212	m <sup>3</sup> /s	13:04	186	11,00	°C

Anexo 8. Datos insertados en el programa Flowmaster

Water Surface Elevation (m)	Discharge (l/s)	Velocity (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Wetted Perimeter (m)	Top Width (m)
2.875,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2.875,01	0,9	0,03	3,00E-02	3,02	3,01
2.875,02	2,8	0,05	0,1	3,04	3,01
2.875,03	5,4	0,06	0,1	3,06	3,02
2.875,04	8,8	0,07	0,1	3,09	3,02
2.875,05	12,7	0,08	0,2	3,11	3,03
2.875,06	17,1	0,09	0,2	3,13	3,04
2.875,07	22,1	0,1	0,2	3,15	3,04
2.875,08	27,5	0,11	0,2	3,17	3,05
2.875,09	33,4	0,12	0,3	3,19	3,06
2.875,10	39,7	0,13	0,3	3,22	3,06
2.875,11	46,4	0,14	0,3	3,24	3,07
2.875,12	53,5	0,15	0,4	3,26	3,07
2.875,13	61	0,15	0,4	3,28	3,08
2.875,14	68,8	0,16	0,4	3,3	3,09
2.875,15	77	0,17	0,5	3,32	3,09
2.875,16	85,5	0,18	0,5	3,34	3,1
2.875,17	94,4	0,18	0,5	3,37	3,1
2.875,18	103,5	0,19	0,5	3,39	3,11
2.875,19	113	0,19	0,6	3,41	3,12
2.875,20	122,8	0,2	0,6	3,43	3,12
2.875,21	132,9	0,21	0,6	3,45	3,13
2.875,22	143,2	0,21	0,7	3,47	3,14
2.875,23	153,8	0,22	0,7	3,49	3,14
2.875,24	164,8	0,22	0,7	3,52	3,15
2.875,25	175,9	0,23	0,8	3,54	3,15
2.875,26	187,4	0,23	0,8	3,56	3,16
2.875,27	199,1	0,24	0,8	3,58	3,17
2.875,28	211	0,24	0,9	3,6	3,17
2.875,29	223,2	0,25	0,9	3,62	3,18
2.875,30	235,7	0,25	0,9	3,65	3,19
2.875,31	248,3	0,26	1	3,67	3,19
2.875,32	261,2	0,26	1	3,69	3,2

Water Surface Elevation (m)	Discharge (l/s)	Velocity (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Wetted Perimeter (m)	Top Width (m)
2.875,33	274,4	0,27	1	3,71	3,2
2.875,34	287,7	0,27	1,1	3,73	3,21
2.875,35	301,3	0,28	1,1	3,75	3,22
2.875,36	315,1	0,28	1,1	3,77	3,22
2.875,37	329,1	0,29	1,2	3,8	3,23
2.875,38	343,4	0,29	1,2	3,82	3,23
2.875,39	357,8	0,29	1,2	3,84	3,24
2.875,40	372,5	0,3	1,2	3,86	3,25
2.875,41	387,3	0,3	1,3	3,88	3,25
2.875,42	402,4	0,31	1,3	3,9	3,26
2.875,43	417,6	0,31	1,3	3,92	3,27
2.875,44	433,1	0,31	1,4	3,95	3,27
2.875,45	448,7	0,32	1,4	3,97	3,28
2.875,46	464,5	0,32	1,4	3,99	3,28
2.875,47	480,5	0,33	1,5	4,01	3,29
2.875,48	496,7	0,33	1,5	4,03	3,3
2.875,49	513,1	0,33	1,5	4,05	3,3
2.875,50	529,7	0,34	1,6	4,08	3,31

## Anexo 9. Resultado de análisis de aguas UPS-Q-S



### ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL AMBIENTAL



Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte • Calle Ladrón de Guevara E 11-253  
Tel.: (00593-2) 2 507 144 Ext.: 623 • Telefax: (00593-2) 2 221 306 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@server.epn.edu.ec  
Quito – Ecuador

#### INFORME DE RESULTADOS

Quito, 23 de julio de 2012

No. IR12936

**EMPRESA**

Ref. ST12194

Solicitado por: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Atención: Ing. Elena Coyago

Dirección: Av. Morán Valverde y Rumichaca

Identificación de la muestra (cliente): ninguna

Fecha de recolección: 23 de julio de 2012

Responsable de toma de muestra: cliente

Teléfono:

Fax:

Origen: alcantarilla de la Universidad

Tipo de muestra: puntual

Tipo de envase: plástico

Llegó refrigerada: no

Se utilizó preservante: no

**LABORATORIO**

Número de ingreso al laboratorio: 936

Fecha de ingreso al Laboratorio: 23 de julio de 2012

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LÍMITE Alcantarillado	***LÍMITE Cauce de agua	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
Aceites y grasas	mg/L	234	100	50	24/07/2012	APHA 5520 B, Gravimétrico
Coliformes fecales	NMP/100mL	460x10 <sup>2</sup>			25/07/2012	APHA 9222 D
Coliformes totales	NMP/100mL	15x10 <sup>4</sup>			23/07/2012	APHA 9222 C
*Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	mg/L	352,3	120	70	25/07/2012	APHA 5210 B (PE/CICAM/06)
*Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	1510	240	123	24/07/2012	APHA 5220 D (PE/CICAM/01)
*Fenoles	mg/L	0,749	0,2	0,2	26/07/2012	APHA 5530 C, Colorimétrico (PE/CICAM/04)
*pH		8,83	5 a 9	5 a 9	23/07/2012	APHA 4500 - H+ B Electrometric Method (PE/CICAM/02)
Sólidos sedimentables	ml / L*h	5	10	1,0	27/07/2012	APHA 2540 F
Sólidos suspendidos	mg/L	340	95	53	30/07/2012	APHA 2540 D
Sólidos totales	mg/L	1242			30/07/2012	APHA 2540 B
*Tensoactivos (detergentes aniónicos)	mg/L	1,957	0,5	0,5	24/07/2012	APHA 5540 C Colorimétrico / Anionic Surfactants as MBAS (PE/CICAM/03)

**NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO**

\*El Centro de Investigaciones y Control Ambiental está acreditado por el OAE en estos parámetros.

\*\*\*Límites máximos permisibles por cuerpo receptor, según ordenanza 213, Tabla B.1: TODOS LOS SECTORES PRODUCTIVOS, EXCEPTUANDO AL SECTOR TEXTIL Y AL SECTOR DE BEBIDAS GASEOSAS, EMBOTELLADORAS CERVECERÍA.

*Anita Velasco*  
Realizado por: Quím. Anita Lucía Velasco  
RESPONSABLE TECNICO



*Carola Fierro*  
Revisado por: Ing. Carola Fierro  
DIRECTOR DE CALIDAD

Anexo 10. Diseños planta de tratamiento de aguas residuales UPS-Q-S