

**UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO  
AREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO DE GRADO**

**TEMA:**

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
HOSPITALARIA PARA EL HOSPITAL Y CLINICA ODONTOLÓGICA DE LA  
UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO.**

**Postulante:** Univ. Abeg Nego Castro Salvatierra  
**Tutor colectivo:** Ing. José Luis Richard Manrique Sanabria  
**Asesor:** Ing. Franz Navia Miranda

**COBIJA – PANDO – BOLIVIA**

**2019**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, el creador del Cielo y la Tierra, dueño de la Sabiduría y la Inteligencia.*

*A mis Padres, **Celso Castro Pinaicobo** y **María E. Salvatierra de Castro Chávez**, por haberme guiado por el camino de Bien.*

*A mi Esposa **Fátima Rodríguez Villanueva**, por su apoyo incondicional en este paso tan importante de mi vida.*

*A mis hijos **Hazael** y **Ezequiel**, que son la fuerza para seguir adelante.*

*A mi hermano **Robín Paul Castro Salvatierra** y **Sobrinos** que son una parte importante en mi vida.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, por darme la vida y permitir cumplir una meta más en mi vida.*

*A mi Asesor **Ing. Franz Navia Miranda.** y al **Arq. Juan Pablo Navia Miranda,** por impartirme sus conocimientos y experiencias como profesionales y como persona.*

*A los **Docentes de la Carrera de Ingeniería Civil,** por su labor como formadores de profesionales.*

*Al **Ing. M. Sc. Álvaro Mercado,** por esa ayuda incondicional recibida y orientación a este proyecto.*

*A todas esas **Personas** y **Amigos** que fueron parte de este proceso tan importante para mí.*

## RESUMEN

El presente Proyecto de Grado, analiza y propone una solución al problema de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales de origen hospitalario a ser generadas por el Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando mediante procesos de tratamiento eficaces y económicos, que puedan ser factibles para su ejecución y funcionamiento, ya que las aguas residuales hospitalarias pueden conllevar a la contaminación ambiental afectando la salud de la población a los alrededores, por tanto, como propuesta a esta problemática se plantea el objetivo del DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIA PARA EL HOSPITAL Y CLINICA ODONTOLOGICA DE LA UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO.

La metodología del proyecto consistió en la caracterización de las posibles aguas residuales a tratar, optando como punto de referencia el Hospital Boliviano – Japonés Roberto Galindo Terán.

El caudal medio diario para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales es calculado a partir del volumen requerido por el Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando de  $107 \text{ m}^3$ .

El levantamiento topográfico se realizó en el predio donde se ejecutarán los centros de salud, obteniendo las curvas de nivel y la planimetría para luego proceder al diseño de la planta de tratamiento contemplado en sus etapas de pre – tratamiento, mediante rejillas de limpieza y homogenización del caudal.

Tratamiento primario mediante un Tanque Imhoff, Tratamiento Secundario realizado por un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (U.A.S.B.), Tratamiento Terciario por un humedal artificial de flujo subsuperficial y la desinfección mediante cloración y disposición de los lodos se recomienda realizarla por deshidratación y secado térmico.

En la conclusión del proyecto se cuenta con el diseño del sistema de tratamiento para las aguas residuales de origen hospitalario, logrando buenos resultados en la remoción de las características o parámetros.

Además de ello se cuenta los pasos necesarios a realizar para la categorización del proyecto del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria y posterior ello para la obtención de la licencia ambiental.

Se determinó en el presente proyecto la propuesta de inversión para la ejecución alcanzando un monto total de Bs. 1.110.565,85 (Un Millón ciento diez mil quinientos sesenta y cinco 85/100 Bolivianos).

Así mismo se elaboró un manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria.

<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	ii
<b>RESUMEN</b>	iii

## **INDICE DE CONTENIDO**

<b>CAPITULO I</b>		<b>Pág.</b>
<b>1.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>1.2.</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	1
<b>1.2.1.</b>	Las Aguas Residuales en el Mundo.	1
<b>1.2.2.</b>	Las Aguas Residuales en Bolivia.	3
<b>1.2.3.</b>	Las Aguas Residuales en el departamento Pando.	4
<b>1.2.4.</b>	Las aguas residuales en la ciudad de Cobija.	4
<b>1.2.5.</b>	Las Aguas Residuales en el Hospital Roberto Galindo Terán.	5
<b>1.2.6.</b>	Proyecto del Hospital universitario y Clínica Odontológica.	5
<b>1.3.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	6
<b>1.4.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	6
<b>1.4.1.</b>	Objetivo General.	6
<b>1.4.2.</b>	Objetivo Específicos.	7
<b>1.5.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	7
<b>1.5.1.</b>	Justificación Económica.	7
<b>1.5.2.</b>	Justificación Social.	7
<b>1.5.3.</b>	Justificación Técnica.	8
<b>1.5.4.</b>	Justificación Ambiental.	8
<b>1.6.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	8
<b>1.6.1.</b>	Caracterización la Calidad y Cantidad de las Aguas Residuales de Origen Hospitalario.	8
<b>1.6.2.</b>	Levantamiento Topográfico del Área a Trabajar.	9
<b>1.6.3.</b>	Diseño de Planta de Tratamiento Aguas Residuales de Origen Hospitalario.	9
<b>1.6.3.1.</b>	Selección de los esquemas de tratamiento.	9
		v

<b>1.6.3.2.</b>	Pre-diseño de las alternativas técnicas más convenientes.	9
<b>1.6.3.3.</b>	Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de origen hospitalario.	10
<b>1.6.4.</b>	Propuesta de inversión	10
<b>1.6.4.1.</b>	Análisis de costo directo e indirecto.	10
<b>1.6.4.2.</b>	Presupuesto de proyecto.	10
<b>1.6.4.3.</b>	Cronograma de ejecución.	10
<b>1.6.5.</b>	Elaboración de la Ficha Ambiental.	11
<b>1.6.6.</b>	Elaboración de manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.	11
<b>1.7.</b>	<b>ALCANCES</b>	11
<b>1.8.</b>	<b>APORTES</b>	12

## **CAPITULO II**

<b>2.1.</b>	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	13
<b>2.1.1.</b>	Aguas Residuales.	13
<b>2.1.2.</b>	Características de las aguas residuales.	14
<b>2.1.3.</b>	Tratamiento de aguas residuales.	15
<b>2.1.3.1.</b>	Tratamiento físico.	16
<b>2.1.3.2.</b>	Tratamiento biológico.	16
<b>2.1.3.3.</b>	Tratamiento químico.	16
<b>2.1.3.4.</b>	Pre tratamiento.	17
<b>2.1.3.5.</b>	Tratamiento primario.	17
<b>2.1.3.6.</b>	Tratamiento secundario.	18
<b>2.1.3.7.</b>	Tratamiento terciario.	19
<b>2.1.3.8.</b>	Determinación de la DBO.	20
<b>2.1.3.9.</b>	Determinación de la DQO.	21
<b>2.1.3.10.</b>	Homogenización.	25
<b>2.1.4.</b>	Sistemas de tratamiento para pequeñas comunidades.	26
<b>2.1.4.1.</b>	Problemas específicos asociados a las pequeñas comunidades.	26

2.1.4.2.	Caudales y características de las aguas residuales de pequeñas comunidades.	26
2.1.5.	Sistemas individuales para viviendas aisladas e instalaciones comunitarias en zonas no conectadas a una red de alcantarillado.	28
2.1.5.1.	Tipos de sistemas individuales.	28
2.1.5.2.	Fosas sépticas.	28
2.1.5.3.	Tanques separadores de grasas y aceites.	28
2.1.5.4.	Tanques Imhoff.	29
2.1.5.5.	Sistemas de infiltración.	29
2.1.6.	Aguas Residuales Hospitalarias.	29
2.1.6.1.	Características de las aguas residuales hospitalarias.	30
2.1.6.2.	Micro contaminante presentes.	30
2.1.6.3.	Revisión sobre los sistemas de tratamiento.	31
2.1.6.4.	Determinación del consumo de agua en hospitales.	32
2.2.	<b>BASES LEGALES</b>	32
2.2.1.	<b>Constitución política del Estado Plurinacional de Bolivia.</b>	32
2.2.2.	<b>Ley de Medio Ambiente 1333.</b>	32
2.2.3.	<b>Parámetros de calidad microbiológica según la OMS.</b>	34

### **CAPITULO III**

3.1.	<b>PROPUESTA DE DISEÑO</b>	36
3.1.1.	Datos Generales del Proyecto.	36
3.1.2.	Antecedentes.	36
3.1.3.	Breve Descripción Del Proyecto.	37
3.1.3.1.	Población beneficiada.	37
3.1.4.	Localización del Proyecto.	37
3.1.4.1.	Ubicación física y geográfica.	37
3.1.5.	Descripción Física Del Área Del Proyecto.	38
3.1.5.1.	Clima.	38
3.2.	<b>DIAGNÓSTICO GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	39
3.2.1.	Caracterización de las aguas a tratar.	39

3.2.2.	Levantamiento topográfico.	39
3.2.3.	Calculo de Caudal de dotación.	42
3.2.3.1.	Descripción de los ambientes de trabajo.	42
3.2.3.2.	Calculo de volumen requerido para el Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la U.A.P.	47

## CAPITULO IV

4.1.	<b>DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	50
4.1.1.	<b>Determinación del caudal.</b>	50
4.1.2.	Diseño del Canal de Entrada.	51
4.1.3.	Diseño de Rejas.	52
4.1.3.1.	Área del canal.	53
4.1.3.2.	Velocidad antes de la rejilla.	53
4.1.3.3.	Longitud de la rejilla.	53
4.1.3.4.	Número de barras.	54
4.1.3.5.	Velocidad de acercamiento, aguas arriba.	54
4.1.3.6.	Velocidad a través de la reja.	55
4.1.3.7.	Pérdida hidráulica.	55
4.1.3.8.	Arreglo de barras.	56
4.1.4.	<b>Dimensionamiento de tanque de homogenización de caudal.</b>	57
4.1.4.1.	Determinación del área requerida de las paletas.	60
4.1.5.	<b>Dimensionamiento de sedimentador primario.</b>	60
4.1.5.1.	Dimensionamiento de tanque Imhoff.	60
4.1.5.2.	Área del sedimentador $A_s$ .	60
4.1.5.3.	Velocidad de arrastre.	62
4.1.5.4.	Calculo de velocidad de arrastre.	62
4.1.5.5.	Remoción de DBO.	64
4.1.5.6.	Remoción de S.S.T.	64
4.1.6.	<b>Dimensionamiento del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente, tratamiento secundario.</b>	65
4.1.6.1.	Diseño del reactor U.A.S.B.	65

4.1.6.2.	Forma y tamaño del Reactor U.A.S.B.	66
4.1.6.2.1.	Cálculo del volumen del reactor.	66
4.1.6.2.2.	Cálculo de la altura del reactor.	67
4.1.6.2.3.	Cálculo del área del reactor.	67
4.1.6.2.4.	Cálculo de la longitud del reactor.	67
4.1.6.2.5.	Carga hidráulica.	68
4.1.6.3.	Separador Gas – Líquido – Sólido – (Gls).	68
4.1.6.3.1.	Área de abertura.	69
4.1.6.3.2.	Velocidad de flujo en la campana.	69
4.1.6.3.3.	Área de abertura.	69
4.1.6.3.4.	Área de sección transversal de la campana.	69
4.1.6.3.5.	Ancho de la abertura.	70
4.1.6.3.6.	Altura de la campana.	71
4.1.6.3.7.	Traslapo.	71
4.1.6.3.8.	Ancho de los deflectores.	71
4.1.6.3.9.	Longitud de los deflectores.	72
4.1.6.4.	Resultados del Reactor U.A.S.B.	72
4.1.6.4.1.	Estimación de la eficiencia de remoción de DBO en el sistema.	73
4.1.6.4.2.	Estimación de la eficiencia de remoción de DQO en el sistema.	73
4.1.6.4.3.	Concentración de sólidos en el efluente final.	74
4.1.7.	<b>Dimensionamiento del Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial, Método Metcalf &amp; Eddy.</b>	75
4.1.8.	<b>Desinfección del agua residual hospitalaria.</b>	78
4.1.8.1.	Consideraciones en el tratamiento.	78
4.1.8.1.1.	Las Bacteria.	78
4.1.8.1.2.	Coliformes.	79
4.1.8.1.3.	Los Virus en agua residuales.	79
4.1.8.2.	Desinfección con cloro.	80
4.1.8.3.	Estimación de consumo diario de cloro.	83
4.1.8.4.	Peso de cloro requerido en el periodo de almacenamiento seleccionado.	83
4.1.8.5.	Número de cilindro.	84

4.1.8.6.	Área requerida para almacenamiento.	84
4.1.9.	Calculo de desinfección mediante Radiación UV.	85
4.1.9.1.	Dosis de desinfección UV.	85
4.1.9.2.	Dosis requerida para la inactivar algunos microorganismos en el agua residual.	86
4.1.9.3.	Lámparas UV de mediana presión – alta intensidad.	86
4.1.9.4.	Parámetros de diseño.	86
4.1.10.	Comparación entre desinfección con cloro o radiación UV.	87
4.1.11.	Disposición de lodos del tanque Imhoff y Reactor UASB.	87
4.1.11.1.	Volumen de lodos del tanque	87
4.1.11.2.	Volumen de lodos del reactor U.A.S.B.	89

## **CAPITULO V**

<b>5.1.</b>	<b>ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE INVERSIÓN PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	91
5.1.1.	Identificación de ítems de trabajos.	91
5.1.2.	Elaboración de cálculos métricos.	93
5.1.3.	Elaboración de análisis de precio unitario.	94
5.1.3.1.	Análisis de precios unitarios.	95
5.1.3.1.1.	Descripción del costo directo.	96
5.1.3.1.2.	Costos Indirectos.	100
5.1.4.	Especificaciones técnicas de la obra	101
5.1.5.	Presupuesto general del proyecto.	102
<b>5.2.</b>	<b>PARÁMETROS PARA LA OBTENCIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL.</b>	103
5.2.1.	Objetivo general.	104
5.2.2.	Etapa De Ejecución.	107
5.2.3.	Etapa De Operación.	107
5.2.4.	Etapa De Mantenimiento.	108
5.2.5.	Etapa de futuro inducido.	108

<b>5.3.</b>	<b>MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIA, PTARH.</b>	109
-------------	---	-----

## **CAPITULO VI**

<b>CONCLUSIONES</b>	110
<b>RECOMENDACIONES</b>	112
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	113
<b>ANEXOS</b>	



# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales, es un proceso que incorpora transformaciones físicas, químicas y biológicas, tiene el objeto de tratar y remover los contaminantes existentes por el uso del agua, en residencias, instituciones e industrias. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable, que no deteriore el medio ambiente.

Uno de los factores que promueve la elaboración de este diseño, es la carencia o falta de tratamiento en las aguas residuales de origen hospitalario, por lo tanto es oportuno contar con una infraestructura de tal envergadura capaz de tratar adecuadamente el agua residual y de necesidad latente en los centros de salud.

Se pretende efectuar el diseño de una planta de tratamiento a las aguas residuales de origen hospitalario, a partir de los colectores del Hospital y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando, para realizar los procesos de tratamientos requeridos de estas aguas de acuerdo las normas ambientales existentes, y reencauzar las aguas residuales de origen hospitalario.

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1. Las Aguas Residuales en el Mundo.

El uso del agua para consumo diario y como elemento para el desarrollo de la industria, agricultura, el desarrollo de poblaciones hace que las aguas limpias se conviertan en aguas residuales, es decir, aguas contaminadas, por lo tanto controlar la contaminación de estas aguas es uno de los factores más importantes para mantener el equilibrio entre el hombre y el medio ambiente.

El suministro de agua para fines domésticos, saneamiento, agricultura, industria y energía está interrelacionado, y todos generan aguas residuales y causan contaminación, los recursos hídricos deben ser gestionados de manera sostenible si se

desea mantener un suministro tanto para las personas como para los usos económicos. Los objetivos de Desarrollo para la reducción de la pobreza y la seguridad alimentaria, para la energía y otros no pueden cumplirse sin un suministro confiable de agua, en algunos casos esto implicara compromisos difíciles entre los distintos usuarios de agua (ONU Agua, 2014, p.7).

Para contrarrestar este problema en el mundo, se construyen plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales se encargan de mitigar la contaminación hasta niveles tolerables para la naturaleza.

Los tratamientos de aguas residuales empleando métodos convencionales no son del todo satisfactorios, al punto que se ha detectado que muchos compuestos persisten sin alteración alguna aún después de aplicar tratamientos terciarios, por tal razón es importante identificar y evaluar la eficiencia de otras tecnologías para el tratamiento de aguas, con el fin de proponer alternativas que permitan minimizar la presencia de contaminantes emergentes subterráneos, en un bajo costo económico, energético y ambiental (Gil y Usma, 2012, p. 61).

La importancia a esta problemática se da con el transcurrir de los años, a través de la existencia de las grandes plantas de tratamientos de aguas residuales, como ser, la planta depuradora de Stickney, que administra la Metropolitan Water Reclamation District (MWRD), es la mayor planta de tratamiento en el mundo con una capacidad 4548 hm<sup>3</sup> al día, le sigue Water Resources Authority (MWRA), en la ciudad de Boston, Estados Unidos, con una capacidad de 1895 hm<sup>3</sup> por día, la tercera mayor planta la administra la Detroit Water and Sewerage Department, que en su inicios de 1939, realizaba solo tratamiento primario, a partir de 1972 realiza tratamientos completos, dando servicio a una población 3,5 millones de habitantes<sup>1</sup>.

La Organización Mundial de la Salud, mediante sus Objetivos de Desarrollo del Milenio, ha logrado un considerable porcentaje en la reducción de las personas sin acceso a los servicios básicos, hasta el 2015 alcanzaron que 2100 millones de personas obtuvieran acceso a

---

<sup>1</sup> <http://www.iagua.es/blogs/alma-migens/almaps-las-5-estaciones-depuradoras-mas-grandes-del-mundo>

una instalación de saneamiento mejorada, a pesar del esfuerzo, América Latina y el Caribe aún se encuentra en los países con población que no cuenta con acceso a un saneamiento<sup>2</sup>.

El agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública. Suelo referirme a ellos como «Salud 101», lo que significa que en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades (Lee Jong, 2004), asimismo cada Estado está obligado a garantizar estos servicios para la sociedad.

Asimismo, los diferentes centros de salud particularmente los Hospitales ya sean de primer, segundo y tercer nivel generan aguas o líquidos residuales de características especiales, es en ese sentido es que de acuerdo a normas de salud y ambientales estos centros de salud dispongan con saneamiento y/o tratamiento de aguas residuales específicas a las características propias del efluente, porque las características de estos son contaminantes latentes que ocasionan focos de infección en el medio ambiente, los cuales podrían generar enfermedades afectando a la salud pública.

### **1.2.2. Las Aguas Residuales en Bolivia<sup>3</sup>.**

De acuerdo a entrevista realizada por el medio de comunicación imprenta de la Razón al director de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario del Ministerio de Medio Ambiente indicando que la cobertura de tratamiento de aguas residuales está por debajo del 40 por ciento, indicando que en los diferentes municipios se han dedicado a construir redes de alcantarillado sanitario y no planta de tratamiento debido al costo de inversión.

Gary Suárez, director general del Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (Senasba), del Ministerio de Medio Ambiente, señaló que si se habla de principales ciudades, las que no cuentan con una planta de tratamiento son La Paz (que está en proyecto) y Potosí; mientras que Santa Cruz, Cochabamba, El Alto y Sucre lo tienen de manera parcial.

---

<sup>2</sup> Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento: datos esenciales, OMS.

<sup>3</sup> La Razón (Edición Impresa) / Aleja Cuevas / La Paz/10:22 / 13 de marzo de 2018

Resaltó que la importancia de una planta de tratamiento radica en la prevención de enfermedades porque las aguas residuales pueden contener desechos químicos, patógenos, toxinas y gérmenes de industrias y hospitales, cuyo afluente puede llegar a productos de consumo humano, como es el caso de Río Abajo (La Paz).

### **1.2.3. Las Aguas Residuales en el departamento Pando.**

La realidad del tratamiento de aguas residuales en el departamento Pando no es la excepción, ya que en las ciudades capitales de provincia y municipios no se cuenta con plantas de tratamientos o algún tipo de sistema de tratamiento para las aguas residuales.

Es importante resaltar en cuanto a la contaminación producida por los efluentes generados de las distintas actividades en el departamento, donde la mayor densidad poblacionales están asentadas en riberas de los principales ríos, como ser el río Beni, Tahuamanu, Orthon, Acre entre otros.

La generación de alternativas para tratamiento parcial y total de estas aguas residuales, es un deber para los gobiernos municipales en coordinación con el gobierno departamental, ya que al no tener alternativas de tratamientos reincidimos en el problema y al no intervenir con prontitud estamos generando daños severos a la amazonia boliviana, siendo un patrimonio departamental y nacional<sup>4</sup>. Más aun cuando se trata de aguas residuales hospitalarios que contienen un gran porcentaje de contaminación que requieren ser tratadas, para evitar riesgos en la salud de la población y ambiental.

### **1.2.4. Las aguas residuales en la ciudad de Cobija.**

Mediante entrevista realizada con funcionario de la Empresa Pública Municipal de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Cobija (EPSA - Cobija), si bien existe un sistema de alcantarillado sanitario, este no se encuentra en funcionamiento en su totalidad, la parte más importante de este sistema es el tratamiento de las aguas servidas a través de la planta de tratamiento, en la actualidad encuentra abandonada, debido a la falta de atención por parte de las autoridades en su conjunto<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Dirección de Medio Ambiente, Gobierno Autónomo Departamental de Pando.

<sup>5</sup> Gerencia Técnica, EPSA Municipal Cobija.

Esta problemática repercute a que los Centros hospitalarios de salud y en cumplimiento a normas de salud, implementen sus propios sistemas de tratamiento de aguas residuales, tal es el caso del Hospital Roberto Galindo del Municipio de Cobija.

#### **1.2.5. Las Aguas Residuales en el Hospital Roberto Galindo Terán.**

De acuerdo a información del sub director del Hospital Roberto Galindo, se pudo constatar que el único recinto hospitalario de segundo nivel que existe en nuestra capital, tiene en funcionamiento un sistema de Tanque Séptico, pozo de adsorción y posterior conexión a la red de alcantarillado para el proceso de tratamiento de sus aguas servidas que son evacuadas por sus diferentes áreas de trabajo de este nosocomio, que si bien se cuenta con la red de recolección no se encuentra en total funcionamiento. (Edwin Escalante, comunicación personal, 21 de febrero, 2018).

#### **1.2.6. Proyecto del Hospital universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando.**

El Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando, fueron diseñados para dar un servicio asistencial a la comunidad universitaria y a la propia población de Cobija; asimismo fomentar el proceso de enseñanza y aprendizaje a los estudiantes de último año y docentes del área de salud.

El Hospital Universitario de 2° Nivel ha sido proyectado con una vida útil de 20 años, la superficie de la infraestructura alcanza los 1.856,02 m<sup>2</sup>, con una capacidad de 40 camas de internación<sup>6</sup>; también cuenta con una sala de espera, secretaría, cómputo y estadísticas, administración, sala de reuniones y dirección para una mejor calidad de atención.

La Clínica Odontológica cuenta con las siguientes áreas; Administración, farmacias, admisión, ortodoncia, odontopediatría, radiografías, operaciones dentales, cirugías, depósitos, aulas de clases, anfiteatro, contando con la disponibilidad de 98 sillones odontológicos y una proyección de atención de 736 consultas por día<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Proyecto Socioeconómico Hospital Universitario de la Universidad Amazónica de Pando.

<sup>7</sup> Proyecto Socioeconómico Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El proyecto a diseño final del Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando, ubicado en la ciudad de Cobija, barrio San Pedro, no contemplan un sistema de tratamiento para las aguas residuales de origen hospitalario, que logre una remoción de los parámetros o características de acuerdo a normativa vigente Reglamento Ambiental del Sector Industrial y Manufacturero (RASIM), año 2002.

Situación que podría ocasionar incumplimiento a disposiciones establecidas en la Ley 1333 del 27 de abril de 1992, de Medio Ambiente y Agua, asimismo provocaría efectos de contaminación no solo ambiental, sino también en la salud de los ciudadanos.

Por tanto, analizar y proponer una solución al problema de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales de origen hospitalario a ser generadas por el Hospital Universitario y la Clínica Odontológica, es de gran relevancia, puesto que la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales previene riesgos de enfermedades en la sociedad.

Por consiguiente se debe dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cómo lograr la evacuación mediante un proceso de tratamiento de aguas residuales de acuerdo a normativa vigente proveniente del Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando, para reducir el impacto de contaminación ambiental que producen las aguas residuales hospitalarias?

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo General.**

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales en el Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando, para reducir el impacto de contaminación ambiental que producen las aguas residuales hospitalarias.

### **1.4.2. Objetivo Específicos.**

Caracterizar el grado de contaminación de las aguas residuales de origen hospitalario a tratar de acuerdo a normativa vigente.

Realizar el levantamiento topográfico de la zona de proyecto.

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales hospitalarias que cumpla con requerimientos normativos.

Elaborar la propuesta de inversión para la construcción de la planta de tratamiento.

Elaborar la ficha ambiental para el proyecto.

Elaborar un manual de operaciones y mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

### **1.5.1. Justificación Económica.**

Dar solución a las aguas residuales hospitalarias proveniente de los centros de salud mediante sistemas o procesos de tratamientos económicos y eficaces, que pueda ser factible la ejecución y el funcionamiento de la planta de tratamiento.

### **1.5.2. Justificación Social**

Con la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales de origen hospitalario en el Hospital Universitario y Clínica Odontología de la Universidad Amazónica de Pando, se podrá lograr a que las descargas de las aguas residuales sean tratadas, cumpliendo de esta manera las normas de bioseguridad ambiental, asimismo, reducir significativamente los problemas de salud como ser respiratorios, gastrointestinales entre otros, y con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas habitantes de este Departamento.

Por tanto también, se dará cumplimiento a unos de los objetivos del proyecto socio económico para la ejecución de construcción del Hospital Universitario y la Clínica Odontológica, que es mejorar la atención en la salud de la población en su conjunto.

### **1.5.3. Justificación Técnica.**

Los diseños de infraestructura de estos dos centros de salud de la Universidad Amazónica de Pando, no cuentan con una planta de tratamiento adecuada por las características de las descargas de aguas residuales, y que solo se han proyectado un tanque sedimentador y luego conectado a un pozo absorbente, que si bien son utilizados usualmente para el tratamiento de aguas residuales no cumplen las funciones requeridas para remover la contaminación que existen en esta clase de aguas residuales de origen hospitalario.

Por otro lado, es menester mencionar que una de las especialidades en el papel profesional del Ingeniero Civil es elaborar proyecto de este tipo de envergadura, lo cual serán modelos para otros proyectos técnicos con enfoque hospitalario.

### **1.5.4. Justificación Ambiental.**

Una de las recomendaciones a nivel mundial es cuidar el medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los seres vivos, en ese entendido lograr la eliminación de los organismos patógenos que descargan las diferentes salas de atención al desechar las aguas residuales de origen hospitalario, que sin un tratamiento adecuado pueden traer problemas importantes de contaminación ambiental y así también afectar a la salud de la población del entorno, aún más importante el de no contaminar las aguas superficiales y subterráneas que son una fuente importante de suministro de agua para el consumo humano y a su vez el no afectar el ciclo de vida que cumple este elemento de suma importancia para nuestra amazonia en el Departamento de Pando.

## **1.6. METODOLOGIA**

### **1.6.1. Caracterización la Calidad y Cantidad de las Aguas Residuales de Origen Hospitalario.**

Para el diseño de la planta de tratamiento, es necesario contar con información relacionada con la calidad y cantidad del agua cruda a ser tratada, por ello se recogerán muestras para su respectivo análisis, y como punto de referencia se analizaran muestras de las aguas residuales del Hospital Roberto Galindo Terán.

## **1.6.2. Levantamiento Topográfico del Área a Trabajar.**

Realizar el reconocimiento de nuestra zona de trabajo, para efectuar el levantamiento topográfico utilizando como herramientas de trabajo el taquímetro, nivel, trípode, mira y huincha, logrando así la optimización de la zona de proyecto para cada uno de los componentes del sistema de tratamiento, y su óptima funcionalidad y para ubicar el emplazamiento de nuestra planta.

## **1.6.3. Diseño de Planta de Tratamiento Aguas Residuales de Origen Hospitalario.**

### ***1.6.3.1. Selección de los esquemas de tratamiento.***

También la selección de los procesos de tratamiento estará en función de la calidad del agua efluente deseada en función al tipo de aprovechamiento previsto.

Definido la eficiencia de los procesos de tratamiento, se deberán plantear opciones tecnológicas o esquemas de tratamiento que cumplan con la calidad demandada en el aprovechamiento del agua residual tratada, de esta manera se puede tener esquemas de tratamiento que se determinará de acuerdo al tipo de agua generada por los ambientes, clima en el que nos encontramos, terreno o superficie en la que se edificará esta infraestructura, como ser los sistemas descentralizados que se aplican para lugares alejados o distantes de sistemas de tratamiento principales, lo cual se va desarrollando por cloración, hipo cloración, radiación UV y procesos naturales alternativos que pudieran tratar las aguas residuales.

### ***1.6.3.2. Pre-diseño de las alternativas técnicas más convenientes.***

Una vez definido dos o más esquemas de tratamiento técnicamente viables, se procederá a dimensionar cada uno de los esquemas a fin de definir sus características físicas y las necesidades respectivamente.

Una vez seleccionado la alternativa técnica, económica y social más conveniente, estará en condiciones de proceder al dimensionamiento de la planta de tratamiento, en primer lugar se describirán las características de cada uno de los procesos de tratamiento, así como los criterios de diseño; a continuación se procederá a dimensionar la planta debiendo presentar los cálculos de cada uno de los procesos de tratamiento de modo que ellos

puedan ser verificados. Es importante prestar especial atención en la determinación de la DBO resultante del tratamiento y de la concentración de los coliformes termotolerantes.

#### ***1.6.3.3. Diseño de planos de la planta de tratamiento de aguas residuales de origen hospitalario.***

Deberá elaborarse planos que muestren las principales características físicas de la planta de tratamiento. A efecto se deberá tener en cuenta la topografía del terreno y los principales obstáculos que deberán superarse para su construcción.

#### **1.6.4. Propuesta de inversión.**

##### ***1.6.4.1. Análisis de costo directo e indirecto.***

Deberá analizarse cada una las necesidades involucradas en el costo directo del proyecto como ser los materiales de construcción, mano de obra y equipamiento necesario para cada actividad.

De igual manera se analizaran las necesidades que involucran el costo indirecto en el análisis de costo, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales de origen hospitalario.

##### ***1.6.4.2. Presupuesto de proyecto.***

A partir de los planos elaborados, se procederá a efectuar los cálculos métricos de la planta de tratamiento en los ítems de movimiento de suelo, conformación de diques, impermeabilización, estructuras de ingreso y salida, canales de interconexión y drenaje, entre otros.

Del mismo modo se deberá obtener los precios unitarios de los cálculos métricos para cada uno de los ítems identificados para la elaboración posterior del presupuesto general del proyecto.

##### ***1.6.4.3. Cronograma de ejecución.***

El plan de ejecución de la planta está compuesto por el cronograma de construcción

en el cual se deberá especificar claramente las diferentes obras que deberán ejecutarse a lo largo de los años correspondientes al horizonte del proyecto.

#### **1.6.5. Elaboración de la Ficha Ambiental.**

Asimismo, se deberá realizar la Ficha Ambiental, para determinar el grado de impacto ambiental que se genere a través de la implementación del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria, y con los procesos de tratamiento.

#### **1.6.6. Elaboración de manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.**

La elaboración del manual de operaciones y mantenimiento, se realizara de acuerdo a las características requeridas de la planta de tratamiento, para cada uno de los procesos de la planta de tratamiento y sus diferentes etapas de tratamiento, luego el mantenimiento que sea necesario para su buen funcionamiento.

### **1.7. ALCANCES**

Caracterizar el grado de contaminación de las aguas residuales de origen hospitalario que se genere en el centro de salud.

Optimizar adecuada y eficazmente de la zona de proyecto mediante el levantamiento topográfico, para la construcción y buen funcionamiento de la planta de tratamiento.

Obtener el análisis y selección de alternativas para el proyecto y la construcción de la Planta de Tratamiento de las aguas residuales de origen hospitalario en sus etapas de recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final.

Obtener un análisis presupuestario adecuado y factible de los ítems en cada etapa de la ejecución de la obra de la planta de tratamiento.

Lograr un adecuado manejo ambiental que mitigue los problemas que puedan causar mediante el proceso de tratamiento de las aguas residuales hospitalarias.

Concretar la mejor alternativa metodológica operativa y/o administrativa que permita asegurar el buen funcionamiento y operación de la Planta de Tratamiento.

## **1.8. APORTE**

Contribuir con datos importantes del tipo de características de las aguas residuales hospitalarias para realizar tratamientos adecuados.

Establecer la optimización del área de trabajo.

Aportar con un proceso alternativo y adecuado para el tratamiento las aguas residuales hospitalarias de los centros de salud.

Contribuir al bienestar del medio ambiente en la eliminación de contaminantes que puedan destruir y modificar la forma de vida del ecosistema de nuestra amazonia.

Contar con un manual que ayude a poder tener en cuenta cada aspecto necesario para el funcionamiento y mantenimiento eficaz de nuestra planta de tratamiento de aguas residuales hospitalarias.

## CAPÍTULO II

### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1.1. Aguas Residuales.

Las aguas residuales, es el tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen aguas usadas domésticas y urbanas, y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). “Las aguas residuales también conocidas por el término de aguas servidas, aguas fecales o cloacales y aguas negras, debido a la coloración oscura que presentan” (Lema citado Pesantes, 2017, p.26), (las aguas negras son las aguas residuales que están contaminadas con heces u orina). Su importancia es tal que requiere de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

Las aguas que no tiene valor inmediato para el fin que se utilizó, ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento que se dispone de ella, no obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales<sup>8</sup>

Las aguas residuales urbanas son generalmente conducidas por sistemas de alcantarillado y tratadas en una planta de tratamiento de aguas para su depuración antes de su vertido, aunque no siempre es así en todo los países. Las aguas residuales generadas en áreas o viviendas sin acceso a un sistema de alcantarillado centralizado se tratan en el mismo lugar, generalmente en cámaras sépticas.

A las aguas residuales de origen doméstico también se las denomina aguas servidas, fecales o cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituye en un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; y cloacales porque son transportadas mediante

---

<sup>8</sup> FAO.

cloacas (del latín *cloaca*, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. En algunos sistemas de alcantarillado se mezclan con las aguas pluviales.

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

Todas las aguas naturales contienen cantidades variables de otras sustancias en concentraciones que varían de unos pocos mg/litro, a estos hay que añadir, en las aguas residuales, las impurezas precedentes del proceso productor de desechos, que son los propiamente llamados vertidos.

Las aguas residuales pueden estar contaminadas por desechos urbanos o bien proceder de los varios procesos industriales.

Por su estado físico se puede distinguir: Fracción suspendida; Fracción coloidal y Fracción soluble. La fracción coloidal y la fracción suspendida se agrupan en el ensayo de sólidos suspendidos totales (SST).

Sustancias químicas (composición): Las aguas servidas están formadas por un 99 % de aguas y un 1 % de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos:

- Los sólidos inorgánicos están formados principalmente por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc.
- Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, es decir los que contienen nitrógeno en sus moléculas, son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones.

La concentración de materiales orgánicos en el agua se determina a través de la  $DBO_5$ , la cual mide material orgánico carbonáceo principalmente, mientras que la  $DBO_{20}$  mide material orgánico carbonáceo y nitrogenado  $DBO_2$ .

Características bacteriológicas: Unas de las razones más importantes para tratar las aguas residuales o servidas es la eliminación de todos los agentes patógenos de origen humano

presentes en las excretas con el propósito de evitar una contaminación biológica al cortar el ciclo epidemiológico de transmisión, coliformes totales; coliformes fecales, salmonellas, virus.

Materia en suspensión y materia disuelta. A efectos del tratamiento, la gran división es entre materia en suspensión y materia disuelta:

- La materia en suspensión se separa por tratamientos fisicoquímicos, variantes de la sedimentación y filtración. En el caso de la materia suspendida sólida se trata de separación sólido-líquido por gravedad o medios filtrantes y, en el caso de la materia aceitosa, se emplea la separación L-L, habitualmente por flotación.
- La materia disuelta puede ser orgánica, en cuyo caso el método más extendido es el insolubilización como materia celular (y se convierte en un caso de separación S-L) o inorgánica, en cuyo caso se deben emplear caros tratamiento fisicoquímicos como la ósmosis inversa.

Los diferentes métodos de tratamiento atienden al tipo de contaminación: para la materia en suspensión, tanto orgánica como inorgánica, se emplean la sedimentación y la filtración en todas sus variantes. Para la materia disuelta se emplean los tratamientos biológicos (a veces la oxidación química) si es orgánica o los métodos de membranas, como la ósmosis, si es inorgánica.

Principales parámetros. Los parámetros característicos, mencionados: Temperatura, pH, sólidos en suspensión total (SST), Materia orgánica valorada como DQO y DBO (a veces TOC), Nitrógeno total, (NTK), Nitrógeno amoniacal y nitratos. También hay otros parámetros a tener en cuenta como fósforo totales, nitritos, sulfuros, solidos disueltos.

### **2.1.3. Tratamiento de aguas residuales.**

Las Plantas de Tratamiento de Agua Residual son “Un conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales. Con las PTAR se pretende remover contaminantes del agua ya sea de procedencia doméstica o industrial” (Romero, Colín, Sánchez, y Ortíz, 2009, p.25). Las PTAR se diseñan para producir efluentes que garanticen el cumplimiento de los estándares de calidad, de acuerdo con las reglamentaciones existentes y con el aprovechamiento potencial del efluente, minimizando los problemas de salud pública.

El agua residual tratada se somete básicamente a tres tratamientos que se llevan a cabo mediante diferentes sistemas según la cantidad y necesidades de la población que se abastece. (Zapata, Hernández, y Oliveros, 2006). Es el procedimiento para devolver las aguas residuales a la naturaleza en condiciones óptimas de calidad o para ser reutilizada, son las siguientes:

#### **2.1.3.1. Tratamiento físico.**

Las operaciones físicas se emplean para la separación de sólidos de gran tamaño, sólidos suspendidos y flotantes, grasas, y compuestos orgánicos volátiles.

Está constituido por las siguientes etapas:

- Remoción de sólidos
- Remoción de arena
- Precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes
- Separación y filtración de sólidos

El cloruro férrico ayuda a precipitar en gran parte a la remoción del fósforo y ayuda a precipitar los biosólidos.

#### **2.1.3.2. Tratamiento biológico.**

Está formado por:

- Lechos oxidantes o sistemas aerobios y anaerobios
- Pos-precipitación
- Liberación al medio de efluentes, con o sin desinfección según las normas

#### **2.1.3.3. Tratamiento químico.**

Los procesos químicos se emplean para la precipitación de los sólidos suspendidos y coloidales, desinfección del agua residual y control de olores. Este procedimiento es usualmente combinado con otros procedimientos para remover sólidos con la filtración.

Los procesos de tratamientos también pueden clasificarse:

#### **2.1.3.4. Pre tratamiento.**

El pre tratamiento se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales, cuya presencia puede provocar problemas en el funcionamiento y mantenimiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Tales como desbaste, dilaceración para la eliminación de sólidos gruesos y otros, eliminación de grasas y aceites, y el desarenado.

#### **2.1.3.5. Tratamiento primario.**

Es por el cual se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica, y puede llevarse a cabo mediante sedimentación y tamizado.

El efluente en esta etapa suele contener una elevada cantidad de materia orgánica y la DBO alta.

Cuenta con los siguientes procesos:

##### **a) Remoción de sólidos**

Este proceso puede llevarse a cabo en desarenadores o mediante la centrifugación de fangos. Los desarenadores se proyectan para separar arena, término que engloba a las arenas propiamente dichas, y a la grava, ceniza, y cualquier otro material pesado cuya velocidad de sedimentación sea considerablemente superior a los sólidos putrescibles presentes en el agua residual.

##### **b) Remoción de arena**

Las arenas se remueven de las aguas residuales para: 1) proteger los equipos mecánicos de la abrasión y del excesivo desgaste. 2) reducir la formación de depósitos de sólidos pesados en unidades y conductos abajo, 3) reducir la frecuencia de limpieza de los digestores por causa de acumulación<sup>9</sup>.

##### **c) Sedimentación**

---

<sup>9</sup> Metcal & Eddy, Ingeniería De Aguas Residuales, Vol. 2, Tratamiento Vertido y Reutilización.

El objetivo de la sedimentación es el de remover rápidamente los residuos sólidos sedimentables y material flotante para así disminuir la concentración de sólidos suspendidos. Se emplea como parte del procesamiento integral de las aguas residuales, diseñados y operados pacientemente, removiendo un 50% y 70% de los sólidos suspendidos y entre 25% y 40% de  $\text{DBO}_5^{10}$ .

#### **2.1.3.6. Tratamiento secundario.**

EL tratamiento está diseñado para degradar las esencialmente el contenido biológico del agua residual, el cual se deriva por los desechos orgánicos provenientes de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergente.

Cuenta con los siguientes procesos:

##### **a) Filtro de desbaste**

Consiste en la retención de los sólidos gruesos del agua mediante rejas, manual o autolimpiable, o un tamiz. Esta operación no solo permite reducir la carga contaminante del agua a la entrada, también permite preservar los equipos utilizados, como ser bombas, válvulas entre otros, frente a los sólidos que obstruyen las conducciones.

##### **b) Fangos activados**

En este proceso se utilizan una variedad de mecanismos y procesos para utilizar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de los organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica.

##### **c) Placas rotativas y espirales**

Son placas utilizadas para el revolvimiento lento y sumergidas parcialmente, creando un floculo biótico que proporciona el sustrato requerido.

##### **d) Filtros aireados biológicos**

Estos combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. Los filtros incluyen usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. El

---

<sup>10</sup> Crites, Tchobanoglous, Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones, mc Gran Hill.

propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro.

#### **e) Reactores biológicos de membrana**

Es un sistema con una membrana semipermeable o en conjunto con procesos de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y sólidos disueltos.

#### **f) Sedimentación secundaria**

El tratamiento secundario culmina con la etapa de sedimentación secundaria, encargándose de retirar los flocos biológicos del material de filtro, produciendo agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y material suspendido.

#### **2.1.3.7. Tratamiento terciario.**

Esta etapa del proceso de tratamiento se enfoca en aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor. Cuenta con los siguientes procesos:

##### **a) Filtración.**

Este proceso retiene gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración retiene las toxinas residuales.

##### **b) Lagunaje.**

El lagunaje proporciona sedimentación y mejora biológica adicional. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que ocurren en un río o un lago, de forma natural.

##### **c) Remoción de nutrientes**

Las aguas residuales pueden contener también altos niveles de nutrientes de nitrógeno y fósforo. Lo que puede ser tóxico para peces e invertebrados, o pueden crear condiciones insanas en el ambiente receptor.

La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco a nitrato, y entonces mediante la reducción, el nitrato se convierte nitrógeno gaseoso, que es envía a la atmósfera.

Para la eliminación del fósforo, se puede efectuar por medio de un proceso llamado retiro biológico realizado del fósforo. En este proceso las bacteria llamadas polifosfato, se enriquecen y acumulan selectivamente en grandes cantidades de fósforo dentro de sus células.

Se sigue el siguiente proceso de eliminación de fósforo:

#### **d) Desinfección:**

El propósito es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del cuerpo receptor. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada, por ejemplo: Turbiedad, pH, entre otros.

La desinfección con cloro es el proceso más común utilizado debido a su bajo costo y del largo plazo de la eficiencia.

Por otro lado el proceso de desinfección por luz ultravioleta se ésta convirtiendo en el medio más común debido al daño que efectúa en la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de reproducirse.

#### **2.1.3.8. Determinación de la DBO.**

La demanda biológica de oxígeno, es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida.

La materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión se utiliza para medir el grado de contaminación; normalmente se mide transcurrido los cinco días de reacción ( $DBO_5$ ) y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $mgO_2/l$ ).

Se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos.

Este método se aplica a aguas de ríos, lagos o acuíferos, aguas residuales o aguas de cualquier otra procedencia que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. No es aplicable para las aguas potables, por su bajo contenido de materia orgánica.

### 2.1.3.9. *Determinación de la DQO.*

La demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptible de ser oxidada, como ser los sulfuros, sulfitos, yoduros que también se reflejan en la medida.

Este ensayo es muy útil para la apreciación del funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

En las siguientes tablas 1 al 5 damos mención a los factores que tomaron en cuenta para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 1**

*Factores de influencia en la selección de procesos de tratamiento*

<b>Factor</b>	<b>Ponderación</b>
<b>CONFIABILIDAD</b>	
<i>Resistencia a cargas choque de materiales orgánicos y tóxicos</i>	
<input type="checkbox"/> Lagunas de estabilización facultativas	Máxima
<input type="checkbox"/> Lagunas airadas	Buena
<input type="checkbox"/> Filtro percoladores	Moderada
<input type="checkbox"/> Lodos activados	Mínima
<i>Sensibilidad de operación intermitente</i>	
<input type="checkbox"/> Lagunas de estabilización facultativas	Mínima
<input type="checkbox"/> Lagunas aireadas	Mínima
<input type="checkbox"/> Filtros percoladores	Moderada
<input type="checkbox"/> Lodos activados	Máxima
<i>Destreza operativa del personal</i>	
<input type="checkbox"/> Lagunas de estabilización facultativas	Mínima
<input type="checkbox"/> Lagunas aireadas	Baja
<input type="checkbox"/> Filtros percoladores	Moderada

<input type="checkbox"/>	Lodos activados	Máxima
<b>COSTOS</b>		
<i>Requerimiento de terreno</i>		
<input type="checkbox"/>	Lagunas de estabilización facultativas	Máximo
<input type="checkbox"/>	Lagunas aireadas	Máximo
<input type="checkbox"/>	Filtros percoladores	Moderado
<input type="checkbox"/>	Lodos activados	Moderado
<i>Costo de Capital</i>		
<input type="checkbox"/>	Lagunas de estabilización facultativas	Mínimo
<input type="checkbox"/>	Lagunas aireadas	Moderado
<input type="checkbox"/>	Filtros percoladores	Moderado
<input type="checkbox"/>	Lodos activados	Máximo
<i>Costo de operación y mantenimiento</i>		
<input type="checkbox"/>	Lagunas de estabilización facultativas	Mínimo
<input type="checkbox"/>	Lagunas aireadas	Moderado
<input type="checkbox"/>	Filtros percoladores	Moderado
<input type="checkbox"/>	Lodos activados	Máximo

Fuente: Jairo Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, (2010).

**Tabla 2**

*Principales Procesos de Tratamiento Biológico*

<b>Tipo</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Proceso</b>	<b>Uso principal</b>
<b>Aerobios</b>	<b>Suspendido</b>	Lodos activados	Remoción de DBO y nitrificación
		- Convencional	
		- Mezcla completa	
		- Aireación escalonada	
		- Estabilización y contacto	
		- Convencional	
		- Oxígeno puro	
		- Tasa alta	
		- Aireación prolongada	
		- Proceso Krauss	
		- Zanjón de oxidación	
		Lagunas aireadas	Remoción de DBO y nitrificación
		Digestión aerobia	Remoción de DBO - estabilización
		Lagunas aerobias	Remoción de DBO y nitrificación
	<b>Adherido</b>	Filtros percoladores	Remoción de DBO y nitrificación
		- Tasa baja	
		- Tasa alta	
		Torres biológicas	Remoción de DBO y nitrificación
		Unidades rotatorias	Remoción de DBO y nitrificación

		de contacto biológico	
		Reactores de lecho fijo	Remoción de DBO y nitrificación
<b>Anóxicos</b>	<b>Suspendido</b>	Bardenpho	Remoción de DBO, N y P
		Desnitrificación	Remoción de nitrógeno
	<b>Adherido</b>	Desnitrificación	Remoción de nitrógeno
		Digestión anaerobia	Remoción de DBO - estabilización
<b>Anaerobios</b>	<b>Suspendido</b>	Anaerobio de contacto	Remoción de DBO
		Lagunas anaerobias	Remoción de DBO - estabilización
	<b>Híbrido</b>	Manto de lodos – flujo Ascensional (PAMLA) o UASB	Remoción de DBO y SS
		Filtro anaerobio	Remoción de DBO - estabilización
	<b>Adherido</b>	Lecho expandido	Remoción de DBO - estabilización

Fuente: Jairo Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, (2010).

**Tabla 3**

*Ventajas y Desventajas del Proceso Anaerobio*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<input type="checkbox"/> Tasa baja de síntesis celular y, por consiguiente, poca producción de lodos.	<input type="checkbox"/> Para obtener grados altos de tratamientos requiere temperaturas altas.
<input type="checkbox"/> El lodo producido es razonablemente estable y puede secarse y disponerse por métodos convencionales.	<input type="checkbox"/> El medio es corrosivo. <input type="checkbox"/> Tiene riesgos de salud por H <sub>2</sub> S.
<input type="checkbox"/> No requiere oxígeno, por tanto, usa poca energía eléctrica y es especialmente adaptable a aguas residuales de alta concentración orgánica.	<input type="checkbox"/> Exige un intervalo de operación de pH bastante restringido. <input type="checkbox"/> - Requiere concentraciones altas de alcalinidad.
<input type="checkbox"/> Produce metano, el cual puede ser útil como energético. El metano tiene un valor calorífico de aproximadamente 36.500 KJ/m <sup>3</sup> . El biogás de los digestores contiene aproximadamente un 65% de metano y un valor calórico de 22.400 KJ/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> Es sensible a la contaminación con oxígeno. <input type="checkbox"/> Puede presentar olores desagradables por H <sub>2</sub> S, ácidos grasos y amidas.
<input type="checkbox"/> Tiene requerimientos nutricionales bajos	

Fuente: Jairo Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, (2010).

**Tabla 4***Ventajas y Desventajas del Proceso Aerobio*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
– Ausencia de olores.	– Tasa alta de síntesis celular y, por consiguiente, alta producción de lodos.
– Mineralización de los compuestos biodegradables.	– Requiere mucha energía eléctrica para oxigenación y mezcla.
	– Gran producción de células en los lodos que hace, en algunos casos, necesaria su digestión, antes de sacarlos y disponerlos.

Fuente: Jairo Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, (2010).

**Tabla 5***Condiciones Óptimas para el Proceso Anaerobio*

<b>Parámetros</b>	<b>Condición</b>
Bacterias	Equilibrio dinámico entre no metanogénicas y metanogénicas
Temperatura	Intervalos mesofílico = 29 – 38°C Intervalo termofílico = 49 – 57°C
Medio	Anaerobio, OD = 0
Nutrientes	N, P trazas de Ca, Mg, Fe, K, Ni, Co
DBO/N/P/S = 800/7/1/1	Para residuos con DQO > 2.500 mg/L
DBO/N/P/S = 300/7/1/1	Para residuos con DQO < 2.500 mg/L
pH	7,0 – 7,2 (6,6 – 7,6) (pH > 6,2)
Composición del gas	65 – 70% de metano
Producción del gas	1 - 1,25 m <sup>3</sup> /Kg SSV destruidos
Alcalinidad	1.000 – 5.000 mg/L
Ácidos volátiles	< 500 mg/L – ácido acético
POR	- 490 a – 550 mV

Fuente: Jairo Romero Rojas, Tratamiento de Aguas Residuales, (2010).

### **2.1.3.10. Homogenización:**

La homogenización o igualación consiste en amortiguar las variaciones de caudal para lograr un caudal aproximadamente constante. Tiene, entre otros, los siguientes propósitos:

- Superar los problemas operacionales causados por las variaciones de caudal.
- Proveer un control adecuado de pH para minimizar los requerimientos posteriores de dosificación en procesos de neutralización.
- Mejorar la eficiencia de los procesos de tratamiento biológicos al controlar las cargas choque orgánicas.
- Permitir descargas de caudales muy variables al alcantarillado municipal.
- Proveer un flujo continuo en plantas de residuos industriales con operación de procesos intermitentes o de cochada.

Se usa principalmente para igualar:

- Caudal en tiempo seco
- Caudal de invierno en alcantarillado sanitarios
- Caudales de alcantarillados combinados
- Caudales de plantas industriales

El igualamiento tiene las siguientes ventajas:

- Mejorar la tratabilidad del agua residual
- Minimizar cargas choque sobre el tratamiento biológico
- Diluye sustancias inhibidoras
- Estabilizar el pH
- Mejorar la eficiencia y, por tanto, la calidad del efluente
- Uniformiza la carga de sólidos sobre el sedimentador secundario y mejora el espesamiento de los lodos.
- Reduce los requerimientos de área y las cargas para tratamientos posteriores.
- Con tratamiento químico se hace más fácil la dosificación de los reactivos y mejora la confiabilidad y rendimiento del proceso.

Los criterios de localización del igualamiento son los siguientes:

- Preferiblemente en la planta de tratamiento.
- La ubicación óptima depende del tipo de alcantarillado, de las características del agua residual, de las condiciones físicas del sistema de conducción y del tipo de tratamiento.
- En algunos casos puede ser más adecuado colocarlo después del tratamiento primario.
- Si se coloca antes del tratamiento primario, puede requerir mezcla para prevenir la sedimentación de sólidos y proveer aireación para evitar malos olores.

#### **2.1.4. Sistemas de tratamiento para pequeñas comunidades.**

##### ***2.1.4.1. Problemas específicos asociados a las pequeñas comunidades.***

Debido a su tamaño, las pequeñas comunidades se enfrentan a una serie de problemas que dificultan la construcción y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales habitualmente gestionadas por los entes municipales o sistemas administrativos. Los principales problemas que se presentan están relacionados con: Normativas de vertido estrictas; costo elevado del sistema de tratamiento para el usuario; limitaciones de financiamiento para su construcción y mantenimiento.

##### ***2.1.4.2. Caudales y características de las aguas residuales de pequeñas comunidades.***

Los caudales y las características de las aguas residuales de pequeñas comunidades difieren notablemente de los sistemas de grandes dimensiones. Por lo tanto, para el diseño de instalaciones que sirvan a residencias individuales, urbanizaciones y pequeñas comunidades, es fundamental conocer los caudales y características previsibles de las aguas residuales.

**Caudales de agua residual.** Tanto en sistema para viviendas individuales como en sistemas de urbanizaciones y pequeñas comunidades, es necesario tener en cuenta los caudales por habitante y sus variaciones.

**Caudal por habitante.** A partir de mediciones reales llevadas a cabo en plantas de tratamiento, el caudal medio típico por habitante varía entre 300 y 450 l/hab\*d. Estos valores típicos son superiores a los de los caudales previsibles en una residencia aislada, hecho que se

debe a las contribuciones de establecimientos comerciales e industriales, y a la infiltración y las aportaciones incontroladas. En la tabla 6 se indican los caudales típicos de diferentes tipos de residencia. De igual manera en la tabla 7 se muestran los caudales generados en recintos hospitalario en diferentes países, motivo del presente proyecto.

**Tabla 6**

*Caudales habituales de agua residual de fuentes institucionales*

Fuente	Unidad	Caudal, gal/unidad*d		Caudal, L/unidad*d	
		Intervalo	Valor habitual	Intervalo	Valor habitual
Salón de actos	Silla	02-abr	3	ago-15	11
Hospital	Cama	125-240	165	470-910	630
	Empleado	may-15	10	19-57	38
Hospital psiquiátrico	Cama	75-140	100	280-530	380
	Empleado	may-15	10	19-57	38
Prisión	Recluso	80-150	120	300-570	450
	Empleado	may-15	10	19-57	38
Asilo	Residente	30-120	90	190-450	340
	Empleado	may-15	10	19-57	38
Colegio diurno					
Con cafetería, gimnasio y duchas	Estudiante	15-30	25	57-110	95
Sólo con cafetería	Estudiante	oct-20	15	38-76	57
Sin cafetería ni gimnasio	Estudiante	may-17	111	19-64	42
Colegio, internado	Estudiante	50-100	75	190-380	280

Fuente: Adoptado en parte de Tchobanoglous y Bouton (1991)

**Tabla 7**

*Caudales de las aguas residuales generadas en diferentes hospitales mundo.<sup>11</sup>*

HOSPITAL	CARACTERISTICAS	Nº CAMAS	VOLUMEN GENERADO (L cama/día)	CIUDAD, PAÍS
<b>Clínica José de San Martín</b>	Escuela de la Universidad de Buenos Aires. Alta Complejidad	400	1400	Buenos Aires, Argentina
<b>San Luís Potosí</b>	Militar	---	26 - 32	México

<sup>11</sup> Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, VOL. XXIX, No. 2, 2008, p. 58.

<b>Al oeste de Ciudad de la Habana</b>	General Docente, Alta complejidad	---	1850	Cuba
<b>Pinar del Rio "Abel Santamaría"</b>	Clínico - quirúrgico	---	800	Pinar del Río, Cuba
<b>Clínicas de Porto Alegre</b>	General y universitario	750	100	Brasil
<b>Surd este de Francia</b>	Enfermedades infecciosas y tropicales	---	750	Francia
<b>Universidad Viene</b>	Clínico. Sección tratamientos oncológicos	---	50	Viena, Austria
<b>Colegio Médico Cristhian</b>	Multi especializado	2000	1200	Tamil Nadu, India
<b>Hanói</b>	Gineco-obstétricos 2, Oncológico 1, general 1.	400 - 1500	250 - 750	Norte de Vietnam
<b>Diferentes Provincias</b>	Setenta de diversas complejidades	---	473 - 1017 (745)	Irán
<b>Hospital</b>		750	488 - 656	España

Fuente: Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, VOL. XXIX, No. 2, 2008, p. 58

## **2.1.5. Sistemas individuales para viviendas aisladas e instalaciones comunitarias en zonas no conectadas a una red de alcantarillado.**

### **2.1.5.1. Tipos de sistemas individuales.**

Los principales sistemas individuales para el tratamiento de las aguas residuales de residencias y otras instalaciones comunitarias incluyen, fosas sépticas, tanques separadores de grasas, tanques Imhoff, sistemas de infiltración, filtros de arena intermitentes, filtros de medio granular con recirculación, sistema de infiltración relleno con arena y alimentación dosificada por bombeo, sistema de infiltración en terraplén.

### **2.1.5.2. Fosas sépticas.**

Son tanques prefabricados que permiten la sedimentación y la eliminación de flotantes actuado también como digestores anaerobios sin mesclado ni calentamiento.

### **2.1.5.3. Tanques separadores de grasas y aceites.**

Las aguas residuales procedentes de restaurantes, lavanderías y estaciones de servicio suelen contener grasas, aceites y detergentes. Si se permite la entrada de grasas y aceites al interior de las fosas sépticas, existe la posibilidad de que sean descargados junto con el

efluente del tanque a los sistemas de percolación en el terreno. Las grasas y los aceites, junto con los sólidos suspendidos, tienden a acumularse en la superficie de los sistemas de percolación en el terreno, lo cual conduce, en última instancia, a la reducción de la capacidad de infiltración de los mismos. Normalmente, los tanques separadores se emplean para retener las grasas por enfriamiento y flotación, y los aceites por flotación.

Para conseguir que la flotación resulte efectiva, es preciso que el tanque separador retenga el líquido durante un periodo de tiempo adecuado (normalmente superior a los 30 minutos).

#### **2.1.5.4. Tanques Imhoff.**

El proceso de eliminación de sólidos sedimentables y de digestión anaerobia de los mismos a un tanque Imhoff es similar al proceso que se produce en una fosa séptica. La diferencia radica en que el tanque Imhoff consiste en un tanque de dos pisos en que la sedimentación se produce en el compartimento superior y la digestión de los sólidos sedimentados en el inferior.

Los sólidos pasan a través de una apertura situada en la parte inferior en la cámara de sedimentación al compartimento.

#### **2.1.5.5. Sistemas de infiltración.**

El tratamiento final y la evacuación de los efluentes de las fosas sépticas u otros sistemas de tratamientos se suele realizar por absorción del terreno. Normalmente, un sistema de infiltración en el terreno consiste en una serie de zanjas estrechas, relativamente poco profundas (0,5 a 1,5 m), rellenas con medio poroso.

### **2.1.6. Aguas Residuales Hospitalarias**

Los hospitales consumen importantes volúmenes de agua por día, generando así volúmenes similares de agua residual con contenido importante de microorganismos patógenos, medicamentos metabolizados, compuestos tóxicos, entre otros que se disponen tratadas o no en el agua, afectando su calidad y poniendo en riesgo la salud.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> MSc. Caridad Ramos Alvariño, Ingeniera Química. Master en Ciencias del Agua. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. CNIC, 2008

### **2.1.6.1. Características de las aguas residuales hospitalarias.**

Los hospitales generan aguas residuales que unido a la cuantía de los indicadores medio ambientales físicos, químicos y microbiológicos, permite conocer el riesgo sanitario cuando se disponen sin ningún tratamiento a las aguas superficiales y subterráneas.

Tanto los residuos sólidos como los efluentes líquidos provenientes de centros hospitalarios representan un impacto sobre la salud pública cuya magnitud ha comenzado a evaluarse en los últimos años en ámbitos científicos<sup>13</sup>.

Las aguas residuales de establecimientos hospitalarios pueden contener compuestos capaces de dañar a la molécula de ADN. Entre ellos se encuentran desinfectantes, drogas citostáticas y algunos antibióticos con actividad genotóxica<sup>14</sup>.

La caracterización química, biológica y toxicológica de los efluentes hospitalarios es una de las etapas iniciales en los procesos de gestión para encarar acciones que eviten vertidos inadecuados al medio ambiente previniendo la degradación y generar puntos de infecciones de enfermedades para la población circundante.

### **2.1.6.2. Micro contaminante presentes.**

En muchos países del mundo se reportan contaminantes convencionales. Los datos de literatura muestran análisis de DBO<sub>5</sub>, COD, SS, tanto para efluentes de aguas residuales de hospitales (ARH), como para aguas residuales municipales (ARM).

**Tabla 8**  
*Contaminantes convencionales<sup>15</sup>*

<b>Componente</b>	<b>ARH</b>	<b>ARM</b>
<b>DBO5 (p*d)</b>	160 g	60 g
<b>CDO (p*d)</b>	260 - 300 g	100 - 120 g
<b>SS (p*d)</b>	120 - 150 g	70 - 90 g
<b>PH</b>	7.7 - 8.1	7.5 - 8.5
<b>Fósforo total (ml<sup>-1</sup>)</b>	0.2 - 12	4 - 10

<sup>13</sup> Bassi y Moretton, 2003.

<sup>14</sup> Organización Panamericana de la Salud, 1993.

<sup>15</sup> Estudio preliminar de la presencia de compuestos emergentes en las aguas residuales del Hospital Universidad del Norte, Carmen Alicia Arias Villamizar, Amelia Escudero de Fonseca, 2011

<b>Grasas y Aceites (ml<sup>-1</sup>)</b>	5 - 60	50 - 100
<b>Cloruros (ml<sup>-1</sup>)</b>	65 - 360	30 - 90
<b>Coliformes (NM/L00mL)</b>	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>10</sup>

Fuente: Estudio preliminar de la presencia de compuestos emergentes en las aguas residuales del Hospital Universidad del Norte, Carmen Alicia Arias Villamizar, Amelia Escudero de Fonseca, 2011

La presencia de metales pesados (mercurio, platino, gadolinio), anestésicos (alguifenol, propofol), citostáticos, desinfectantes, analgésicos y antiinflamatorios, medios de contraste y compuestos orgánicos absorbibles, reflejan las sustancias y las cantidades de los medicamentos que se administran en cada centro hospitalario.

En el caso de pacientes ambulatorios, los productos farmacéuticos sin metabolizar serán excretados en el interior del hospital y en otros lugares, en función de la terapia específica y el tiempo de estancia en el hospital.

### ***2.1.6.3. Revisión sobre los sistemas de tratamiento.***

Cada tecnología tiene sus particularidades específicas con respecto a la remoción de los contaminantes. Un correcto manejo de los efluentes de un hospital requiere que las descargas de los servicios sanitarios de pacientes bajo tratamiento de terapia de medicina nuclear, debe ser colectado en tanques separados, ello evita la presencia de radionúclidos en todo el efluente. No es conveniente el tratamiento con ARM, puesto que algunas sustancias presentes en el efluente del hospital pueden provocar la inhibición de la biomasa y así también se disminuye la eficiencia del tratamiento.

La adsorción con carbón activo granulado o en polvo, presentan gran potencial en la remoción de trazas de contaminantes emergentes y en la adsorción de disruptores endocrinos, con eficiencias que son dependientes del tiempo de contacto. Para el caso del diclofenaco y la carbamazepina, tratados con sistema de lodos activados los porcentajes de eficiencia son variables entre el 0-80% siendo más frecuente valores entre 21-40% y con remoción no superior al 10% para la carbamazepina, debido a la persistencia de la carbamazepina a bajas concentraciones, mientras el diclofenaco es más biodegradable bajo las mismas condiciones. Los tratamientos biológicos a través de lodos activos y reactores biológicos de ultrafiltración

por membrana (MBR), han observado la eficiencia de remoción en función de tiempos de retención (STR), y el desempeño de las bacterias nitrificantes en la biodegradación. Pruebas de biodegradación en laboratorio demuestran que muchos antibióticos son recalcitrantes, esto sugiere que el tratamiento con bacterias usadas son poco eficiente.

### ***2.1.6.3. Determinación del consumo de agua en hospitales.***

Los hospitales requieren para su funcionamiento una gran cantidad de agua por día, dependiendo de las actividades que cada uno desarrolla. Los factores a tener en cuenta son: número de cama, edad del hospital, accesibilidad del agua, servicios generales presentes dentro de la estructura (cocina, lavandería, aire acondicionado), número y tipo de personas a cargo y unidades, políticas gerenciales de la institución, políticas relativas al cuidado del medio ambiente, factores climáticos, culturales y geográficos. No hay una correlación clara entre el consumo específico (L/cama\*día) de un hospital y el tamaño del hospital, es decir, números de cama.

## **2.2. BASES LEGALES**

### **2.2.1. Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.**

Mediante la Constitución Política del Estado ésta garantizado el derecho a los servicio básicos para todas las personas, como lo establece en el Capítulo Segundo, Derechos Fundamentales, Artículo 20.

### **2.2.2. Ley de Medio Ambiente 1333.**

De acuerdo a la ley Medio Ambiente establece en el Título IV, Capítulo II, del Recurso Agua, Artículo 39. El Estado normará y controlará el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido o gaseoso que cuse o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación en su entorno. Los organismos correspondientes reglamentarán el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Ley N° 1333, Ley del Medio Ambiente, Edición Actualizada 2014.

En la Reglamentación de la Ley N° 1333 del 27 de Abril de 1992, del Medio Ambiente, Reglamento en materia de contaminación hídrica, título III, de los procedimientos técnico Administrativos, el Capítulo III, DE LA DESCARGA DE EFLUENTES EN CUERPOS DE AGUA ARTICULO 16°, La autorización para descargar efluentes en cuerpos de agua, estará incluida en la DIA, en la DAA y en el Certificado de Dispensación establecidos en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

De igual manera se tiene la reglamentación en Materia de Contaminación Hídrica, dando a conocer los procedimientos de control y manejo de los residuos líquidos para su transporte y evacuación o disposición final.

**Tabla 9**

*Concentraciones máximas permisibles para verter a un cuerpo de agua o red de alcantarillado público.*

<b>Parámetro</b>	<b>Expresada como</b>	<b>Norma (mg/L)</b>
Arsénico	As	0,1
Bario	Ba	5
Cadmio	Cd	0,003
Carbonatos	Agente activo	0,1*
Cianuro	CN	1
Cloroformo extracto de carbón	ECC	1
Cobre	Cu	0,25
Coliformes totales		1000
Compuestos fenólicos	Fenol	0,2
Compuestos organoclorados	Concentración agente activo	0,05*
Compuestos organofosforados	Concentración agente activo	0,1*
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	0,5
Cromo total	Cr total	1
DBO <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	1000
Dicloroetileno	Dicloroetileno	1
Difenilos policlorados	Concentración agente activo	ND**
DQO	O <sub>2</sub>	2000
Grasas y aceites		100
Manganeso	Mn	0,12
Mercurio	Hg	0,02
Mercurio orgánico	Hg	ND**
Níquel	Ni	0,2

pH	Unidades	5 – 9
Plata	Ag	0,5
Plomo	Pb	0,1
Selenio	Se	0,1
Sólidos sedimentables	ml/L	2
Sólidos suspendidos totales	ml/L	800
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	1
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	1
Temperatura	°C	<30
Tensoactivos	SAAM	20+
Zinc	Zn	5

Fuente: Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero Anexo 13 - C, año 2002

\* Concentración de tóxicos que producen la muerte del organismo.

\*\* Se entenderá por valor no detectable (ND) la concentración de las sustancia que registra valores por debajo de los límites de detección empleando métodos del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.

+ Resolución DAMA 1596 de 2001.

### 2.2.3. Parámetros de calidad microbiológica según la Organización Mundial de la Salud.

Las actividades de la OMS persiguen diversos objetivos enmarcados en la protección de la salud humana y la democratización del acceso a condiciones sanitarias mínimas, en torno a diversos ejes de acción, y alguno de ellos son:

- Toma de medidas sanitarias de emergencia para hacer frente a situaciones de epidemia, o en pro de prevención de enfermedades endémicas.
- Asistencia en materia sanitaria a los países en vías de desarrollo o a las comunidades que enfrentan condiciones graves en materia de salubridad.

**Tabla 10**

*Parámetros de Calidad Microbiológica*

Parámetros	Unidad	Reuso			
		A	B	C	D
<b>Coliformes totales</b>	NMP/100 ml	+	+	+	+

<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100 ml	+	+	+	+
<b>Salmonella</b>	NMP/100 ml/AP	+	-	-	+
<b>Shigella</b>		+	-	-	+
<b>Protozoarios/helminetos</b>					
- <b>Entamoeba</b>	Identific.	+		+	+
- <b>Ascaris</b>	Identific.	+		+	+
- <b>Anquilostoma</b>	Identific.	+		+	+

AP = Ausencia/Presencia

NMP = Numero más probable por 100 ml

+ = Mayor interés

- = Menor interés

A = Salud publica

B = Control de procesos

C = Agricultura

D = Piscicultura

## CAPÍTULO III

### 3.1. PROPUESTA DE DISEÑO

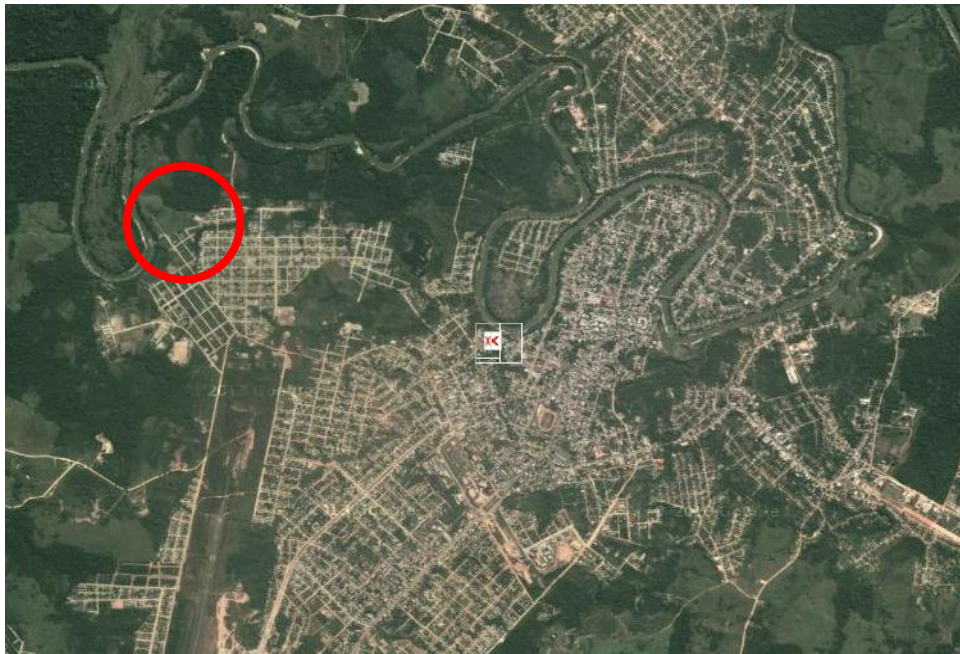
#### 3.1.1. Datos Generales Del Proyecto.

- **Nombre del Proyecto.**

“Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Hospitalaria para el Hospital Y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando”

- **Ubicación:** Municipio de Cobija
- **Ciudad:** Cobija

#### Plano de ubicación satelital



*Figura 1. Fuente: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano – Geo Cobija (2017)*

#### 3.1.2. Antecedentes.

En base al proceso de mejoramiento de la calidad de formación profesional en las distintas Áreas por parte de la Universidad Amazónica de Pando y promover el acceso al

servicio de la atención en salud para la población en general y de la comunidad universitaria en particular. Existe la necesidad de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, para poder cumplir con aspectos legales y normativos para la evacuación de los efluentes de los recintos hospitalarios de la universidad amazónica de pando.

La calidad del efluente que sea vertido después del tratamiento en la PTARH, depende en gran medida de la calidad de la infraestructura, con la que se cuenta, y de la calidad de profesionales con la que existe en el medio, esto se logra a través de una formación profesional de cualificados dispuestos a atender con dedicación y profesionalismo. Además, ya que estas estimulan las actividades diversas de la misma.

### **3.1.3. Breve Descripción Del Proyecto.**

#### **3.1.3.1. Población beneficiada.**

Los principales beneficiarios es la comunidad universitaria, en su conjunto por la envergadura del proyecto que conlleva para un buen funcionamiento en la relación de enseñanza-aprendizaje y garantías de salubridad a la evacuación de las aguas residuales.

Los beneficiarios directos por la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria en el campus San Pedro de la U.A.P. en la Ciudad de Cobija, desde el punto de vista enseñanza-aprendizaje son los estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería civil.

Los beneficiarios indirectos, corresponde a la población de la ciudad de Cobija que se encuentren próximos la planta de tratamiento, quienes podrán contar con garantías de seguridad ambiental y la no propagación y proliferación de enfermedades.

### **3.1.4. Localización del Proyecto.**

#### **3.1.4.1. Ubicación física y geográfica.**

- *Coordenadas UTM Universal Transversal Mercator en zona 19l*

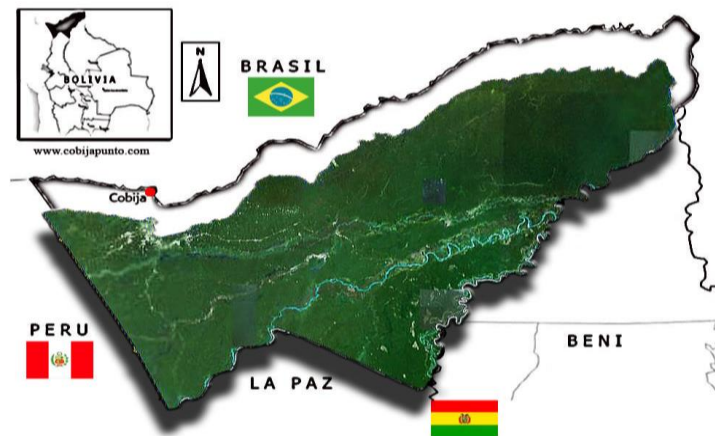
**N: 8.782.378,740**

**E: 527.086,695**

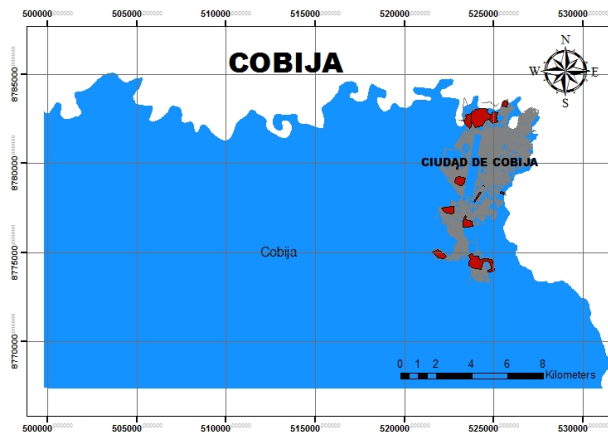
- *Ubicación Geográfica*

El departamento de Pando limita al norte con la República de Brasil; al sur con el Departamento de La Paz; al este con el departamento de Beni y la República de Brasil y al oeste con la República del Perú. La capital del departamento se encuentra a 11° 02' de latitud Sur y 68° 44' de longitud oeste, con una altura promedio de 280 metros sobre el nivel del mar.

Ubicación de Pando



*Figura 2. Fuente: Cobija Punto 2018*



*Figura 3. Ubicación geográfica de Cobija*

### **3.1.5. Descripción Física del Área del Proyecto.**

#### **3.1.5.1. Clima.**

Las temperaturas en invierno no bajan más de 10°C y en verano no suben más de 40°C.

**Tabla 11**

*Valores de promedio del clima*

<b>Datos</b>	<b>Valor</b>
Temperatura media anual:	26.52 °C
Temperatura máxima media anual:	31.55 °C
Temperatura mínima media anual:	21.58 °C
Precipitación media anual:	326.48 mm
Humedad media anual:	77.50 %

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2019

### **3.2. DIAGNÓSTICO GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **3.2.1. Caracterización de las aguas a tratar.**

Al encontrarse en sus fases ejecución las infraestructuras, tanto el Hospital Universitario como la Clínica Odontológica, de acuerdo a la propuesta realizada para la caracterización de las aguas de los recintos hospitalarios, se identificó como punto de referencia para el análisis de aguas hospitalarias, el Hospital Boliviano-Japonés Roberto Galindo Terán.

Se realizaron los trabajos en campo, tomando como datos para el análisis, 2 muestras compuestas en un tiempo de 8 horas, las mismas que fueron enviadas al centro aguas y saneamiento ambiental, de la universidad mayor de San Simón, para su respectivo análisis.

#### **3.2.2. Levantamiento topográfico.**

Se realizó el trabajo en campo, con el levantamiento topográfico en la zona de emplazamiento del proyecto, ubicado en el campus de la universidad amazónica de pando, barrio amistad.

Los trabajos topográficos a diseño deben satisfacer y regirse bajo la Norma Boliviana NB 688. Todo trabajo de topografía se inició con la referencia a un Bench Mark (BM) del Instituto Geográfico Militar.

El levantamiento topográfico se realizó mediante la utilización de una estación Total Leica TCR 805, Libreta de campo, prismas ópticos y GPS, e incluyen:

- Levantamiento topográfico altimétrico de la obra de toma a detalle.
- Levantamiento topográfico planimetría y altimétrico la línea de aducción, y áreas de riego.
- Planilla de coordenadas.

La planimetría, incluidas las curvas de nivel, se presenta simultáneamente con el diseño de la obra de recolección, conducción principal, módulos o etapas de tratamientos, en los planos.

Para realizar un levantamiento topográfico se tiene que seguir el siguiente procedimiento:

- Trabajo de campo: Consiste en tomar y registrar las medidas del terreno.
- Trabajo de escritorio: Consiste en realizar los cálculos para determinar posiciones, áreas y volúmenes exactos.
- Diseño: Consiste en dibujar un plano con medidas a una escala determinada.

#### ***a) Trabajo De Campo.***

##### ***a. Reconocimiento de Campo.***

El reconocimiento de campo es un trabajo muy importante que se debe hacer antes de poder realizar el levantamiento topográfico, la finalidad es poder hacer más práctico y eficiente el levantamiento, además de conocer físicamente el lugar probable para emplazar la obra.

##### ***b. Arrastre de B.M.***

Se define un BM. Como una elevación de referencia. Estas alturas se miden con respecto a un plano de referencia, que es en realidad el nivel medio del mar registrado en Newlyn Harbour, Cornwall, en el periodo de 1915 a 1921. A partir de este plano de referencia, se han tomado nivelaciones por todo el país y se han fijado los niveles de numerosos puntos

de modo permanente por medio de los llamados BM (base marcada o “Bench Mark”) debidamente acotados.

Estos puntos deben ser muy estratégicos, ya que son desde éstos se realizará el levantamiento topográfico (planimetría y altimetría) y por tal motivo de estos puntos se deberá observar la mayor área posible circundante al área del proyecto.

### ***b) Trabajo de Gabinete.***

Efectuado el trabajo topográfico en campo y con los datos almacenados en la estación total, se puede proceder con el trabajo de gabinete y éste inicia cuando se empieza a bajar las lecturas de la Estación Total a la Computadora.

#### ***a. Recepción de Datos en la Computadora.***

Para bajar los datos registrados en el equipo se conecta el Puerto Serie RS – 232 de la estación total a la computadora en alguno de sus puertos seriales, se usa el software “TcTools” que es de uso exclusivo del equipo (línea Leyca) que trabaja en entorno D.O.S. (Sistema Operativo), este programa se encarga de bajar los datos a la computadora los cuales después pueden ser vistos en el Word Pad, formato gre.

Con los datos ya en el Word Pad se pueden hacer algunas correcciones, por ejemplo borrar algún punto, cambiar de nombre, corregir algún código, etc. luego se procede a recuperar estos datos ya corregidos en el “civil 3d” para poder generar la libreta de campo y las curvas de nivel tentativas, ya dentro el “civil 3d” Software que hace el dibujo final de las curvas de nivel o la digitalización del plano y los archivos con extensión “dwg.”.

#### ***b. Dibujo Planimétrico y Altimétrico.***

La Planimetría: Es parte de la Topografía que comprende los métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala, sobre una superficie plana.

La Altimetría: es parte de la Topografía que comprende los métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada uno de los puntos respecto a un plano de referencia. Con ella se consigue representar el relieve del terreno.

### **3.2.3. Cálculo de Caudal de dotación.**

#### **3.2.3.1. Descripción de los ambientes de trabajo.**

El cálculo del proyecto consta de dos infraestructuras, hospital universitario y clínica odontológica, ambas estructuras en dos niveles.

- El Hospital universitario se lo conforma en los siguientes pabellones, para determinar el caudal de diseño de la planta de tratamiento.

Área 1, destinada a la consulta externa del hospital, laboratorio y Diagnóstico (planta Baja).

Área 2, destinada a ambientes de consultas de emergencias, ambiente de salas de cirugías y la unidad de terapia intensiva (planta Baja).

Área 3, destinada a la educación, es decir ambientes exclusivos para la enseñanza de los futuros médicos, también se encuentran los dormitorios de residencia y el anfiteatro (planta Baja).

Área 4, destinado al auditorio (planta Baja).

Área 5, destinado a la consulta interna del hospital y también se encuentran los ambientes de la administración (planta Alta).

Los ambientes a ser descritos en las diferentes áreas de servicio del hospital son los siguientes:

Área 1:

- Consultorios de consulta externa, subdividida en los siguientes ambientes: recepción, sala de espera, historial médico, farmacia, medicina general, traumatología, pediatría, dermatología, urología, ginecología, mamografía, odontología, y oftalmología.
- Cafetería de atención pública en general, con cocina y mesones de atención.
- Baño privado en la sección de cafetería.
- Baños públicos para mujeres y hombres.
- Rampa de acceso a la planta alta.
- Escalera de acceso a la planta alta.

- Laboratorio con los ambientes de recepción, toma de muestras, hematología, cito patología, bacteriología, limpieza de material, vestidor y baño privado.
- Diagnóstico de rayos X.
- Diagnóstico de Ecografía.

#### Área 2:

- Recepción o ingreso de pacientes.
- Sala de internación de emergencia.
- Red de llamadas de emergencia.
- Vestidor y dormitorio de enfermería.
- Consultorio de emergencias.
- Consultorio y rehidratación para niños.
- Ambiente de depósito de cadáveres.
- Descanso y dormitorio de médico de guardia.
- vestidor, baño y ducha para hombres y mujeres privado.
- Unidad de terapia intensiva, central de enfermería, jefatura, vestidor, cuarto séptico, cuarto de limpieza, baño privado y cubículos de internación.
- Dos secciones de escaleras de ingreso a la planta alta.

#### Área 3:

- Biblioteca con ambiente de sala de lectura y depósito de libros.
- Sala de audiovisual y sala de docentes.
- Dos ambientes de enseñanza (aulas).
- Comedor privado, con ambientes de servicio y cocina.
- Lavandería de ropa del hospital.
- Residencia médica, con sala de estar y dos dormitorios.
- Baño privado para los residentes.
- Baño público para mujeres y hombres.
- Ambientes de central eléctrica.
- Ambientes de central hidráulica.

- Ambientes de central de limpieza.
- Anfiteatro con ambientes de recepción, dos salas de inspección y dos depósitos de cuerpo.
- Baños públicos para mujeres y hombres.

#### Área 4:

- Auditorio público.
- Ambiente de ingreso.
- Depósito de utilería.
- Control de audio y video.
- Ambiente de camerino.
- Ambiente de preparación.
- Baño público para mujeres y hombres.

#### Área 5:

- Recepción y esta común.
- Baños privados para mujeres y hombres.
- Seis salones de internación común con baños.
- Sala de espera.
- Ocho salones de internación con baños privados.
- Estación de enfermería, con depósito, curaciones y ropería.
- Ambiente de residencia de turno, con una sala de estar, 2 dormitorios de médicos de turno con baño privado.
- Administración con ambientes de estadística y cómputo, sala de reuniones, cocineta, secretaria, dirección subdirector, 2 baños privados y trabajo social.
- Cirugía, con los ambientes de sala de espera, sala de junta médica, estación de enfermeras, vestidor médicos, vestidor enfermeras, dos quirófanos, sala de partos, baño de bebes, taller de anestesia, sala de recuperación, depósito de insumos de trabajo, sala de neonato, casos especiales, preparación de partos, cuarto séptico, cuarto de limpieza, esterilización, recuperación de partos, tres baños privados.

- La Clínica odontológica se la conforma en las siguientes áreas de trabajo, para determinar el caudal de diseño de la planta de tratamiento.

Área 1, destinada a administrativo, odonto-pediatría, baños, aulas, ortodoncia, baños, diagnóstico y dirección de admisión. (Planta Baja)

Área 2, destinada a operatoria dental, baños, aulas, cirugías, baño, farmacia, dirección financiera, esterilización, radiografías, depósito general de insumos. (Planta Baja)

Área 3, destinada a laboratorio de prótesis, prótesis fijas, baños, aulas, centro de estudiantes, sala de docentes, posgrado. (Planta Alta)

Área 4, destinada a periodoncia, aulas, baño, salas de quirófano, laboratorios, endodoncia, baño (Planta Alta)

Área 5, destinada a biblioteca, cafetería, museo, prótesis removible, baños. (Planta Alta)

Área 1.

- Secretaria, sala de reuniones, oficina Vicedecano, Decano, baño y cocineta.
- Aula 04, aula 03, baños, depósito.
- Salas de espera, sala de juegos para niños, provisión de insumo, casilleros, sala de odonto-pediatría.
- Salas de espera, sala de juegos para niños, provisión de insumo, casilleros, sala de ortodoncia.
- Baños, secretaria admisión, recepción e información, historias clínicas, archivo, sala de admisión y diagnóstico.

Área 2

- Aula 01, aula 02, baños, depósito.
- Sala de espera, provisión de insumo, casilleros, operatoria dental.
- Control, depósito general de insumo, recepción, prelavado, autoclave, control, empaquetado y esterilización, entrega, radiografía panorámica, radiografía, revelado, radiografía peri apical.

- Sala de espera, archivos, depósitos, casillero, cirugías, baños, depósito.
- Farmacia, cocineta, baño, secretaria, oficina de unidad financiera, administración, oficinas, cocinetas baños y archivos.

#### Área 3.

- Laboratorio de prótesis, depósito de basura.
- Sala de espera, provisión de insumos, casilleros, archivo y depósito de placas, prótesis fija.
- Baños, aula 07, aula 08.
- Sala de docentes, sala de estudiantes, posgrado, depósito, provisión de insumo.

#### Área 4.

- Aulas 05, aula 06, baños.
- Sala de espera, provisión de insumo, casilleros, periodoncia.
- Control, sala de espera, laboratorio de bioquímica, laboratorio de histología, sala de proyección quirófano, visión, esterilización, quirófano, esclusa, recuperación, baño.
- Sala de espera, casilleros, endodoncia, baños.

#### Área 5.

- Sala de espera, provisión de insumos, casilleros, archivos de placa, depósito de placas, prótesis removible, baños.
- Museo de modelos.
- Cafetería.
- Biblioteca, sala de computación, sala de lectura.

El cálculo de la demanda de agua es calculado en base a los diferentes artículos que se encuentran en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias (RENISDA) años 1994 y 2011, de acuerdo al Art. 4.3.25 y Punto 1.6.3 en los casos no contemplados en el reglamento.

Según lo planteado se decide la mejor viabilidad del diseño contemplando un tanque cisterna de recepción de agua y un tanque elevado.

Para el cálculo de la demanda de agua se dividirá en los diferentes ambientes.

### 3.2.3.2. *Calculo de Volumen requerido para el Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la UAP.*

De los cálculos anteriores en las tablas C-1 y C-2 en el anexo C, determinamos el Volumen requerido del Hospital ( $V_{rh}$ ) y Clínica Odontológica ( $V_{rc}$ ).

**TABLA 12**

*Caudal de Volumen requerido para del Hospital Universitario*

<b>AMBIENTES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
<b><i>Área 1: ubicación sur-este del lote, planta baja.</i></b>		
Consulta externa:	Lt/día	5.000,00
Cafetería:	Lt/día	1.500,00
Farmacia:	Lt/día	60,00
Laboratorio:	Lt/día	300,00
Consultorios:	Lt/día	2.500,00
Recepción:	Lt/día	60,00
Depósitos:	Lt/día	25,00
<b><i>Área 2: ubicación central del lote, planta baja.</i></b>		
Sala de emergencias:	Lt/día	500,00
Consulta emergencias:	Lt/día	500,00
Personal de trabajo:	Lt/día	500,00
Cubículos de observación:	Lt/día	2.400,00
Deposito (cadáveres):	Lt/día	18,00
Unidad de terapia intensiva:	Lt/día	250,00
Cubículos terapia intensiva:	Lt/día	1.600,00
<b><i>Área 3: ubicación noroeste del lote, planta baja.</i></b>		
Sala de estudio:	Lt/día	1.200,00
Sala audiovisual:	Lt/día	105,00
Trabajos adicionales:	Lt/día	400,00
Comedor:	Lt/día	1.500,00
Anfiteatro:	Lt/día	250,00
Depósitos:	Lt/día	80,00
<b><i>Área 4: ubicación noreste del lote, planta baja.</i></b>		
Auditorio:	Lt/día	450,00
Deposito (Auditorio):	Lt/día	6,00
<b><i>Área 5: ubicación sur-este del lote planta alta.</i></b>		
Internación personal de trabajo:	Lt/día	1.000,00
Internación pacientes:	Lt/día	27.000,00

Administración del Hospital:	Lt/día	200,00
Quirófanos:	Lt/día	900,00
Depósitos:	Lt/día	15,00
TOTAL V <sub>rh</sub> (Lt/día) =		<b>48.319,00</b>

**TABLA 13**

*Caudal de Volumen requerido de la Clínica Odontológica*

AMBIENTES	UNIDAD	TOTAL
<b><i>Área 1: ubicación noreste al sureste del edificio, planta baja.</i></b>		
Área administrativa:	Lt/día	760,80
Docente = 1 persona	Lt/día	3.600,00
Odonto-pediatría:	Lt/día	4.052,12
Ortodoncia:	Lt/día	4.051,27
Administración Admisión y Diagnostico:	Lt/día	1.265,05
<b><i>Área 2: ubicación noroeste al suroeste del edificio planta baja.</i></b>		
Aulas:	Lt/día	3.600,00
Consultorios dentales = 400 lt/ día por unid. Dental.	Lt/día	4.051,75
Unidad de Radiografías:	Lt/día	1.950,00
Cirugías:	Lt/día	4.051,27
Farmacia y área financiera:	Lt/día	160,00
<b><i>Área 3: ubicación noroeste, planta alta.</i></b>		
Laboratorios de prótesis:	Lt/día	1.080,00
Prótesis Fija:	Lt/día	4.045,90
Alumnos por aula = 35 persona	Lt/día	2.160,00
Área administrativa y Posgrado:	Lt/día	2.481,42
<b><i>Área 4: ubicación noreste, planta alta.</i></b>		
Aulas:	Lt/día	2.160,00
Provisión insumos = 1 persona	Lt/día	4.040,00
Unidad de Radiografías:	Lt/día	2.160,00
Provisión insumos = 1 persona	Lt/día	4.040,00
<b><i>Área 5: ubicación sur-este, planta alta.</i></b>		
Control = 1 persona	Lt/día	4.045,96
Personal de trabajo = 20 lt/persona*día.	Lt/día	40,00
Cafetería:	Lt/día	4.919,00
Área de Biblioteca:	Lt/día	80,00
TOTAL V <sub>rc</sub> =		<b>58.794,54</b>

$V_{rh}$  (Volumen requerido del hospital) =  $V_1 + V_2 + \dots + V_{26} + V_{27}$ .

$$V_{rc} \text{ (Volumen requerido de la clínica odontológica)} = V1 + V2 + \dots + V22 + V23.$$

$$V_{rt} \text{ (Caudal de regulación total)} = V_{rh} + V_{rc}$$

Por lo tanto el caudal de regulación determinado en ambas infraestructuras las detallamos a continuación.

$$V_{rt} = V_{rh} + V_{rc} \qquad \textbf{Ecuación 1-01}$$

Dónde:

$V_{rt}$  = Volumen requerido total, (lt/día)

$V_{rh}$  = Volumen requerido del Hospital, 48,319.00 (lt\*día).

$V_{rc}$  = Volumen requerido de la Clínica, 58,794.54 (lt\*día).

$$V_{rt} = 48,319.00 \text{ lt} * \text{ día} + 58,794.54 \text{ lt} * \text{ día}$$

$$V_{rt} = 107,113.54 \text{ lt*día.}$$

El control del almacenaje de agua se realiza con el diseño de tanques, se contara con un tanque cisterna y un tanque elevado. El volumen debe ser distribuido en estos dos tanques, regidos en el Art.4.6.4 y punto 1.7 (2011), dichos volúmenes fueron calculados según la siguiente relación:

$$V \text{ tanque cisterna} = 60\% * V \text{ reg.} = 64,27 \text{ m}^3.$$

$$V \text{ tanque elevado} = 40\% * V \text{ reg.} = 42,84 \text{ m}^3.$$

## CAPÍTULO IV

### 4.1. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

#### 4.1.1. Determinación del Caudal.

En el esquema siguiente, se observa los procesos más usados para el tratamiento y disposición de aguas residuales en el mismo lugar, donde se crea las aguas residuales. La selección de un sistema de tratamiento en el mismo sitio debe tomar en cuenta el objetivo básico de ofrecer los resultados del tratamiento requerido, en la forma práctica más sencilla, más confiable, de más fácil operación y de costo mínimo.

Para el diseño de las plantas de tratamiento, es necesario primero determinar la descarga o caudal de aporte del hospital. El caudal medio diario de aguas residuales, el cual se define como la contribución durante un periodo de 24 hr obtenida como el promedio durante un año. Este caudal se determina a partir de la obtención de la demanda de agua potable.

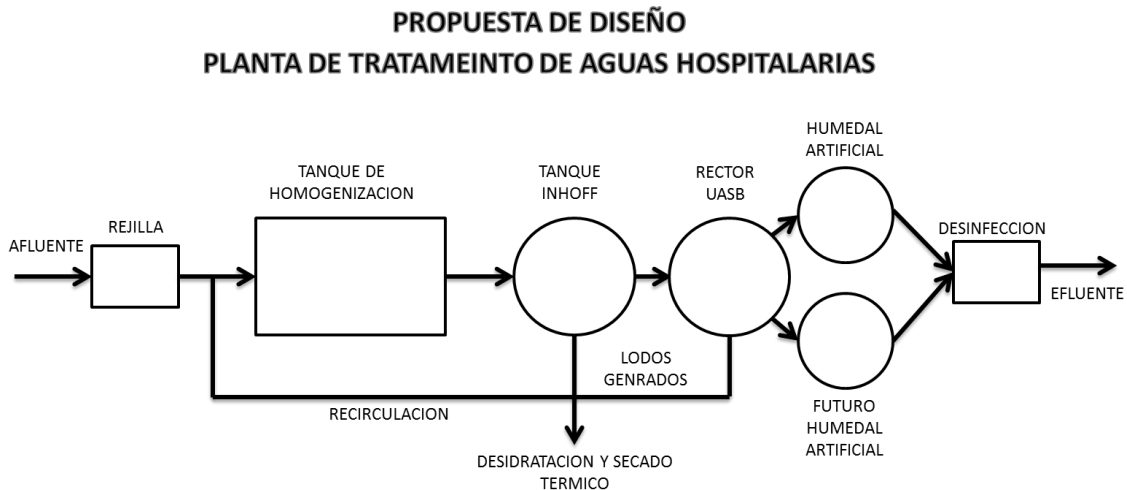


Figura 4. Esquema de propuesta técnica de la PTARH.

La demanda de agua potable del caso de estudio es:

Hospital y Clínica Odontológica:

$$V_{rt} = 107.113,54 \text{ lt}$$

**a) Caudal medio diario ( $Q_{med}$ )**

$$Q_{med} = \frac{Q * C_r}{86400} \quad \text{Ecuación 2 - 01}$$

Dónde:

$Q_{med}$  = Caudal medio diario, (lt/s)  
 $V_{rt}$  = Volumen requerido total, (lt)  
 $C_r$  = Coeficiente de retorno, (%)

$$Q_{med} = \frac{107.113,54 \text{ lt} * 85\%}{86400}$$

$$Q_{med} = 1,05 \text{ lt/s}$$

**b) Caudal máximo diario ( $Q_{maxd}$ )**

$$Q_{maxd} = K_1 * Q_m \quad \text{Ecuación 2 - 02}$$

Dónde:

$Q_{maxd}$  = Caudal máximo diario, (lt/s)  
 $K_1$  = Volumen requerido total, 1,5.  
 $Q_m$  = Caudal medio, (lt/s)

$$Q_{maxd} = 1,5 * 1,05$$

$$Q_{maxd} = 1,55 \text{ l/s}$$

**4.1.2. Diseño del canal de entrada.**

El canal de entrada, es la estructura donde se descarga la tubería del colector de conducción en la planta.

Se propone un canal de conducción a cielo abierto y con sección rectangular del mismo ancho de la tubería de llegada, esto con el fin de mantener constante l velocidad y el tirante del agua.

La longitud del canal de entrada no necesariamente habrá de ser calculada pero habrá de ser suficiente para dar espacio a los sólidos inorgánicos que se aglomere en las rejillas.

- **CANAL DE ENTRADA  $\varnothing = 6$  pulg = 15 cm**

Base 15 cm = 0,15 m

La velocidad varia de 0,30 – 0,60 m/s. (Velocidad de aproximación propuesta por Crites y Tchobanoglous, para rejillas de limpieza manual, pág. 249)

$$Q_{md} = 0,00155 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por continuidad.

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación 2 - 03}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,00155}{0,60} = 0,0026 \text{ m}^2$$

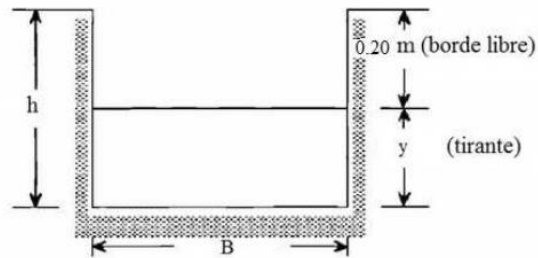


Figura 5. Sección en corte del canal de entrada

Calculo de sección:

$$A = Y * b \quad \text{Ecuación 2 - 04}$$

$$Y = \frac{A}{b} = \frac{0,0021}{0,15} = 0,014 \text{ m} \approx 0,05 \text{ cm}$$

Se considera 20 cm de borde libre para que el canal no trabaje a sección llena.

#### 4.1.3. Diseño de rejillas

El primer paso para el tratamiento preliminar del agua residual consiste en la separación de sólidos gruesos, en nuestro caso, sólidos finos.

El procedimiento utilizado para este proceso es la utilización de rejillas o tamices.

Para nuestro caso se dimensionara para este proceso una rejilla de sólidos medios.

Una rejilla de barras circulares de 2.0 cm de diámetro, instalada con una inclinación de 30° con la horizontal y espaciamiento libre entre barras de 2.0 cm, recibe un caudal máximo de 3,54 L/s. La limpieza de la rejilla es manual, la velocidad de acercamiento es de 0.35 m/s. El canal Desarenador tiene un tirante hidráulico (y) de 0.07 m, 0.15 m de ancho (B) y un bordo libre (h<sub>b</sub>) de 0.20 m.

Determinar los siguientes conceptos:

#### 4.1.3.1. Área del canal

$$A = B * h \quad \text{Ecuación 2 - 05}$$

Dónde:

A = área de canal (m<sup>2</sup>)

B = ancho del canal 0,15 (m)

h = tirante hidráulico 0,07 (m)

$$A = 0,15 * 0,07$$

$$A = 0,0105 \text{ m}^2$$

#### 4.1.3.2. Velocidad antes de la rejilla

$$V = Q/A \quad \text{Ecuación 2 - 06}$$

Dónde:

V = velocidad antes de la reja (m/s)

Q = caudal 0,00354 (m<sup>3</sup>/s)

A = área de canal 0,0045 (m<sup>2</sup>)

$$V = \frac{0,00354}{0,0105}$$

$$V = 0,337 \text{ m/s}$$

#### 4.1.3.3. Longitud de la rejilla

$$L = \frac{h+h_b}{\text{sen } \theta} \quad \text{Ecuación 2 - 07}$$

Dónde:

L = longitud de la reja (m)

h = tirante hidráulico (0,07 m)

$h_b$  = bordo libre (0,20 m)

$\theta$  = Angulo de inclinación de 30°

$$L = \frac{0,07 + 0,2}{\text{sen } 30}$$

$$L = 0,54 \text{ m}$$

#### 4.1.3.4. Número de barras

$$C = \frac{B + nd_b}{n+1}$$

**Ecuación 2 - 08**

Dónde:

C = espaciamiento de barras (0,02 m)

B = ancho del canal (0,15 m)

n = número de espacios

n+1 = número de barras

$d_b$  = espesor de la barra (0,02 m)

$$n = \frac{W - C}{C + d_b}$$

$$n = \frac{0,15 - 0,02}{0,02 + 0,02}$$

$$n = 3,25 \approx 4 \text{ espacios}$$

$$n - 1 = 3 \text{ barras}$$

#### 4.1.3.5. Velocidad de acercamiento, aguas arriba

$$V_a = \frac{Q}{(B - d_b)h}$$

**Ecuación 2 - 09**

Dónde:

$V_a$  = velocidad de acercamiento (m/s)

Q = caudal (0,00155 m<sup>3</sup>/s)

B = ancho del canal (0,15 m)

h = tirante hidráulico (0,07 m)

d<sub>b</sub> = espesor de la barra (0,02 m)

$$V_a = \frac{0,00155}{(0,15 - 0,02)0,07}$$

$$V_a = 0,17 \text{ m/s}$$

#### 4.1.3.6. Velocidad a través de la reja

$$A_r = n * d_b * h$$

**Ecuación 2 - 10**

$$A_r = 3 * 0,02 * 0,07$$

$$A_r = 0,0042 \text{ m}^2$$

$$V_r = \frac{Q}{A - A_r}$$

Dónde:

V<sub>r</sub> = velocidad a través de la reja (m/s)

Q = caudal (0,00155 m<sup>3</sup>/s)

A = área del canal (0,0105 m<sup>2</sup>)

A<sub>r</sub> = área de las rejillas (0,0042 m<sup>2</sup>)

n = número de barras (3)

h = tirante hidráulico (0,07 m)

d<sub>b</sub> = espesor de la barra (0,02 m)

$$V_r = \frac{0,00155}{0,0105 - 0,0042}$$

$$V_r = 0,246 \text{ m/s}$$

#### 4.1.3.7. Pérdida hidráulica

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left( \frac{V_r^2 - V_a^2}{2 * g} \right)$$

**Ecuación 2 - 11**

Dónde:

$h_L$  = pérdida hidráulica (m)

$V_r$  = velocidad a través de la reja (0,246 m/s)

$V_a$  = velocidad de acercamiento (0,17 m/s)

$g$  = gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$$h_L = \frac{1}{0,7} \left( \frac{0,246^2 - 0,17^2}{2 * 9,81} \right)$$

$$h_L = 0,0023 \text{ m}$$

#### 4.1.3.8. Arreglo de barras:

- Ancho del canal = 0,15 m
- 3 barras de 0,02 m de espesor = 0,06 m
- 4 espacios de 0,0225 m = 0,09 m
- $\Sigma = 0,15 \text{ m}$

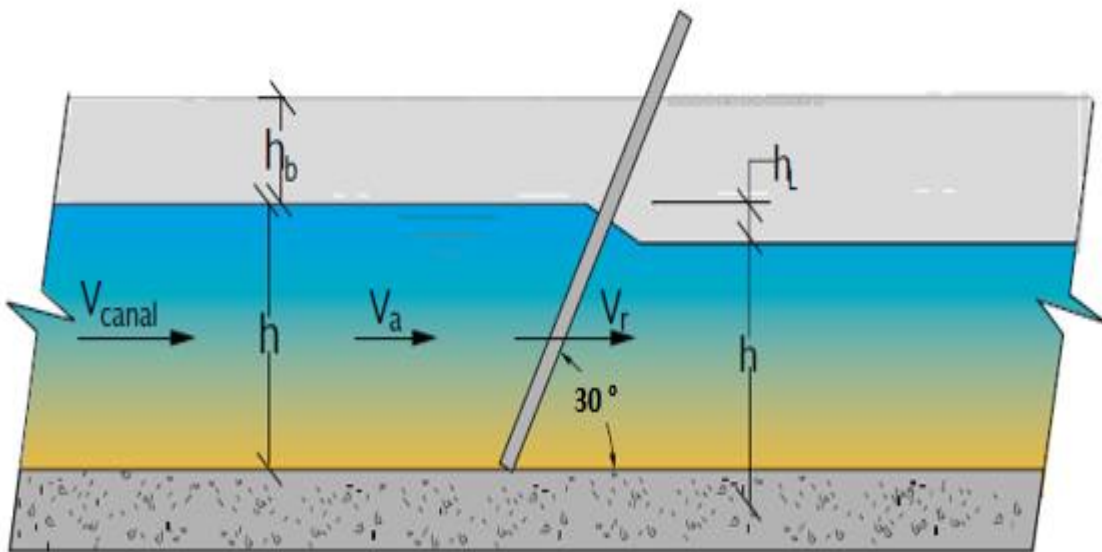


Figura 6. Ilustración en corte de la Rejilla

#### 4.1.4. Dimensionamiento de tanque de homogenización de caudal.

La homogenización de caudal es una medida empleada para superar los problemas de tipo operativo que causan estas variaciones de caudal, y para reducir el tamaño y los costos de las unidades de tratamiento ubicadas aguas abajo<sup>17</sup>.

Esta práctica es muy útil en plantas pequeñas de tratamiento que experimentan variaciones considerables entre los valores máximos y promedio de caudal y carga orgánica contaminante.

Para la determinación del volumen del tanque, se necesita determinar el caudal máximo diario de diseño, una vez conocido se calcula en volumen de incremento teórico entre un 10% a 20%.

$$Q_{md} = 1,55 \text{ l/s}$$

$$Q_{md} = 133,92 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para la determinación del volumen teórico, calculamos un tiempo de retención de 6 horas, por lo tanto:

$$V_{teorico} = 33,48 + 15\%$$

$$V_{final} = 38,50 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para la determinación de la sección del tanque se determina utilizando una relación anchura profundidad 2:1.

$$Anchura = 2: 1 = 2(2,5 \text{ m}) = 5 \text{ m}$$

$$Longitud = \frac{Volumen}{Anchura * Profundidad} = \frac{38,50}{5 * 2,5} = 3,08 \text{ m} \approx 3,1 \text{ m}$$

Por lo tanto se adopta una sección del tanque de homogenización con las siguientes dimensiones, 3,10 m de largo, 5,00 m de ancho y 2,50 de profundidad.

---

<sup>17</sup> Crites, Tchobanoglous, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, 2009, página 256.

Mescla es una operación unitaria de gran importancia en el diseño y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales y se puede realizar con miras a, conseguir una mescla completa de aditivos químicos, la mescla de fluidos en reactores y tanques de almacenamientos y la floculación.

El parámetro más importante en el diseño de unidades para mezcla es la cantidad de potencia que se debe suministrar, por lo tanto para poder logra una mezcla, determinamos la potencia teórica necesaria para un valor de gradiente medio de velocidad  $G=100 \text{ s}^{-1}$ , de acuerdo a tabla 14<sup>18</sup>.

**Tabla 14**

*Valores usuales de gradiente de velocidad G y tiempo de retención de los procesos de tratamiento de agua residual*

Proceso	intervalo de valores	
	Tiempo de retención	Valores de G, $\text{s}^{-1}$
<b>Mescla</b>		
Operaciones comunes en la mezcla rápida del agua residual	10 - 30 s	500 - 1500
Mezcla rápida para un contacto inicial y de reactivos químicos	$\leq 1 \text{ s}$	1500 - 6000
Mezcla rápida de reactivos químicos en proceso de filtración por contacto	$< 1 \text{ s}$	2500 - 7500
<b>Floculación</b>		
Procesos comunes de floculación empleados en el tratamiento de agua residual	30 - 60 min	50 - 100
Floculación en procesos de filtración directa	2 - 10 min	25 - 150
Floculación en procesos de filtración por contacto	2 - 5 min	25 - 200

Fuente: Crites, Tchobanoglous, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, 2009.

$$P = G^2 * \mu * V$$

**Ecuación 3 - 01**

<sup>18</sup> Crites, Tchobanoglous, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, 2009, página 262.

El valor de  $\mu$  lo obtenemos de tabla 02<sup>19</sup>.

**TABLA 15**

*Propiedades físicas del agua (unidades del sistema internacional)*

Temperatura, °C	Peso específico, $\gamma$ , KN/m <sup>3</sup>	Densidad, $\rho$ , Kg/m <sup>3</sup>	Módulo de elasticidad, E/10 <sup>6</sup> , KN/m <sup>2</sup>	Viscosidad dinámica, $\mu \times 10^{-3}$ , N*s/m <sup>2</sup>	Viscosidad cinemática, $\nu \times 10^6$ , m <sup>2</sup> /s	Tensión superficial, $\sigma$ , N/m	Presión de vapor, $p_v$ , kN/m <sup>2</sup>
0	9,805	999,8	1,98	1,781	1,785	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	2,05	1,518	1,519	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	2,10	1,307	1,306	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	2,15	1,139	1,139	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	2,17	1,002	1,003	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	2,22	0,893	0,893	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	2,25	0,800	0,800	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	2,28	0,658	0,658	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	2,29	0,553	0,553	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	2,28	0,474	0,474	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	2,25	0,413	0,413	0,0644	31,16
80	9,53	971,8	2,20	0,364	0,364	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	2,14	0,326	0,326	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	2,07	0,294	0,294	0,0589	101,33

Fuente: Crites, Tchobanoglous, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, 2009.

$$P = (100/s)^2 * 0,8716 \times 10^{-3} \left( \frac{N * s}{m^2} \right) * 38,50 m^3$$

$$P = 335,57 \frac{N * m}{s}$$

$$P = 0,335 kw \text{ ó } 0,449 Hp$$

Obtenido el resultado de potencia para el equipo de agitador para el tanque de homogenización, dando como resultado adoptado a 2 motores de 0,5 Hp.

<sup>19</sup> Crites, Tchobanoglous, Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades, 2009, apéndice C-1.

#### 4.1.4.1. Determinando el área requerida de las paletas.

Coeficiente de resistencia para paletas rectangulares  $C_v=1,8$ ; Velocidad tangencial de las palas  $v_p=0,6$  m/s y Velocidad relativa de las paletas  $= 0,75v_p$ .

$$A = \frac{2 * P}{C_D * \rho * 0,75v^3} \quad \text{Ecuación 3 - 02}$$

$$A = \frac{2 * 335,57}{1,8 * 998,04 * (0,75 * 0,6)^3}$$

$$A = 1,84 \text{ m}^2$$

Obteniendo el resultado se disponen secciones de las paletas de 0,4 cm x 0,6 cm, 4 paletas por equipo de mezcla.

#### 4.1.5. Dimensionamiento de sedimentador primario.

##### 4.1.5.1. Dimensionamiento de tanque Imhoff.

Los tanques Imhoff convencionales son unidades rectangulares o circulares que no cuentan con calentamiento; los tanques circulares se usan para caudales pequeños. La remoción de sólidos sedimentables y la digestión anaeróbica de esos sólidos es similar a la que ocurre en un tanque séptico.

Los sólidos pasan atreves de una abertura ubicada en la parte inferior de la cámara de sedimentación al compartimiento inferior para su digestión sin calentamiento. Las espumas se acumulan en la cámara de sedimentación y en la zona de venteo de gases. Los gases producidos en el proceso de digestión, que se desarrolla en el compartimiento inferior, escapan por el punto de venteo de los gases. El diseño del punto inferior de accesos a la cámara de sedimentación impide que los gases y sólidos arrastrados por los gases generados en la cámara de digestión ingresen al compartimiento donde tiene lugar la sedimentación.

##### 4.1.5.2. Área del sedimentador $A_s$ .

El caudal máximo diario de diseño es de:

$$Q_{md} = 1,55 \text{ l/s} = 133,95 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$A_s = \frac{Q_D}{C_s} \quad \text{Ecuación 4 - 01}$$

Donde  $C_s$  es la carga superficial, de acuerdo a criterios de diseños de tanques Imhoff (tabla 5.17, Crites, Tchobanoglous, página 330), se asume  $20,00 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ .

$$A_s = \frac{133,95}{20}$$

$$A_s = 6,69 \text{ m}^2$$

Proponiendo una relación de largo/ancho de 3:1, de acuerdo a criterios de diseños de tanques Imhoff (tabla 5.17, Crites, Tchobanoglous, página 330),

$$3 L^2 = 6,69 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación 4 - 02}$$

$$L = \sqrt{\frac{6,69}{3}}$$

$$L = 1,49 \text{ m}$$

Por lo tanto el largo será de 1,34 m y el ancho de 4,02 m, estas dimensiones se redondean a 2,00 m y 4,00 m.

Proponiendo una profundidad de 2,00 m, se calcula el volumen del tanque.

$$\text{Volumen} = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Profundidad} \quad \text{Ecuación 4 - 03}$$

$$\text{Volumen} = 2,00 * 4,00 * 2,00$$

$$\text{Volumen} = 16,00 \text{ m}^3$$

La nueva carga superficial será:

$$A_s = \frac{Q_D}{C_s} \rightarrow C_s = \frac{Q_D}{A_s} \quad \text{Ecuación 4 - 04}$$

$$C_s = \frac{133,95 \text{ m}^3/\text{d}}{2 \text{ m} * 4 \text{ m}} = 16,74 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}}$$

Calculamos el tiempo de retención:

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

**Ecuación 4 - 05**

$$T_r = \frac{16,00 \text{ m}^3}{133,95 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 0,119 \text{ día}$$

$$T_r = \frac{0,119 \text{ día} * 24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 2,86 \text{ horas} \approx 3 \text{ h}$$

#### 4.1.5.3. *Velocidad de arrastre.*

Para evitar suspensión de partículas sedimentadas, las velocidades horizontales a lo largo del tanque deben mantenerse lo suficientemente bajas. A partir de los resultados de estudios realizados por Shields (1936), Camp (1946) desarrolló la siguiente ecuación para calcular la velocidad crítica horizontal.

$$v_H = \left( \frac{8 * k * (s-1) * g * d}{f} \right)^{1/2}$$

**Ecuación 4 - 06**

Dónde:

$v_H$  = Velocidad horizontal a la cual de inicia el arrastre de partículas.

$k$  = Constante que depende del material arrastrado.

$s$  = Gravedad específica de las partículas.

$g$  = Aceleración debida a la fuerza de gravedad.

$d$  = Diámetro de las partículas.

$f$  = Factor de fricción de Darcy-Weisbach.

Los valores usuales de  $k$  son de 0,04 para arena unigranular y 0,06 para partículas más aglomeradas. Los valores usuales de  $f$  van desde 0,02 hasta 0,03, datos obtenidos de Crites, Tchobanoglous, página 312.

#### 4.1.5.4. *Calculo de velocidad de arrastre $v_H$ .*

Dónde:

$k = 0,05$

$s = 1,25$

$$g = 9,806 \text{ m/s}$$

$$d = 100 \text{ } \mu\text{m}$$

$$f = 0,025$$

$$v_H = \left( \frac{8 * 0,05 * (1,25 - 1) * 9,806 * 100 \times 10^{-6}}{0,025} \right)^{1/2}$$

$$v_H = 0,0626 \frac{m}{s}$$

Esta velocidad calculada se compara con la velocidad horizontal, la cual es igual al caudal dividido entre la sección de flujo.

$$v_H = \frac{Q}{A_x} = \frac{133,95 \text{ m}^3/d}{2 \text{ m} * 4 \text{ m}} = 16,74 \text{ m/d}$$

$$v_H = 0.00019 \text{ m/s}$$

La velocidad horizontal, es considerablemente menor que la velocidad de arrastre. Por lo tanto, el material sedimentado no será suspendido.

Obtenido las dimensiones del tanque Imhoff y el tiempo de retención, procedemos a determinar el porcentaje de reducción de acuerdo a los resultados de laboratorio referencial obtenidos, los cuales detallamos en el cuadro siguiente:

**TABLA 16**

*Concentraciones de parámetros a reducir*

<b>Parámetro</b>	<b>unidad</b>	<b>concentración</b>	<b>Limites permitido RASIN anexo 13 - A</b>
<b>D.B.O<sub>5</sub></b>	mg/L	368,0	80
<b>D.Q.O.</b>	mg/L	534,0	250
<b>S.S.T.</b>	mg/L	236,0	60
<b>COLIFORMES</b>	UFC/100 ml	7,5x10 <sup>6</sup>	1000

**Fuente:** Elaboración Propia

Estimación de la remoción de D.B.O<sub>5</sub> y S.S.T. bajo condiciones de caudal medio, con ecuaciones y tomando los valores de constantes empíricas de Crites, Tchobanoglous, página 303-304.

$$R = \frac{t}{a+(b*t)} \quad \text{Ecuación 4 - 07}$$

Dónde:

R = Porcentaje de remoción esperado, %.

t = Tiempo nominal de retención, h.

a, b = Constantes empíricas, Crites, Tchobanoglous, pagina 304.

#### 4.1.5.5. Remoción de D.B.O<sub>5</sub>.

$$R = \frac{3,00}{0,018 + (0,02 * 3,58)} = \frac{3,00}{0,0896} = 33,48\%$$

#### 4.1.5.6. Remoción de S.S.T.

$$R = \frac{3,00}{0,0078 + (0,014 * 3,58)} = \frac{3,00}{0,0579} = 51,81\%$$

Obtenido los porcentajes de reducción tanto de D.B.O<sub>5</sub>. y S.S.T. se lograra reducir en el tanque Imhoff, los siguientes resultados, como se detalla en la tabla siguiente:

**TABLA 17**

*Porcentajes de parámetros reducido en el tanque Imhoff*

Parámetro	unidad	Concentración al ingreso del tanque Imhoff	Porcentaje de reducción (%)	Concentración al salir del tanque Imhoff	Limites permitido RASIN anexo 13 - A
D.B.O <sub>5</sub> .	mg/L	362,0	33,48	240,80	80
D.Q.O.	mg/L	534,0	-	-	250
S.S.T.	mg/L	236,0	51,81	113,73	60
COLIFORMES	UFC/100 ml	7,5x10 <sup>6</sup>	-	-	1000

Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.1.6. Dimensionamiento del Reactor Anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente, Tratamiento Secundario.**

Un reactor anaerobio de flujo ascendente y manto de lodos consta de cuatro partes esenciales de abajo para arriba.

- El reactor propiamente dicho donde proliferan los organismos anaerobios que transforman la materia orgánica en biogás y nuevos organismos.
- Una zona de transición donde el movimiento del agua hacia arriba tienden a arrastrar a los organismos que no están aglutinados en flóculos o esferas y en la que se busca evitar que estas partículas salgan con el efluente tratado.
- Una zona de separación del gas, sólidos de la fase líquida de forma de garantizar la retención y el retorno de lodo.
- Colectores de agua tratada y de gas en la parte superior en este proceso el agua residual o lodo entran al digestor por el fondo y fluyen hacia arriba a través de una cama de lodos granulares relativamente densa y de un manto de partículas de lodo floculado. Dentro de estas zonas se efectúa la conversión de materia orgánica a metano y dióxido de carbono principalmente.

La profundidad del reactor para tener un tiempo de residencia adecuado e incrementar el área superficial por unidad de volumen se requiere una altura mínima: generalmente  $4\text{m} < H < 6\text{m}$ , la carga hidráulica aplicada puede limitar la profundidad. El rango de variación recomendado en la altura del reactor se basa en la conservación de una presión óptima de trabajo para las bacterias reductoras, por lo que es recomendable excederse en la altura ni tener reactores muy bajos (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

##### **4.1.6.1. Diseño del reactor U.A.S.B.**

En la zona inferior se desarrolla una capa de lodo concentrado (4-10%) con buenas características de sedimentación, sobre esa capa se desarrolla una zona de crecimiento bacteriano más disperso (manto de lodos) en el que los sólidos presentan velocidades de sedimentaciones más bajas, la concentración de lodo en esa zona es 1,5 – 3%.

En el diseño del reactor intervienen los siguientes factores existen parámetros que se usan como criterios para realizar el dimensionamiento del reactor anaeróbico.

#### 4.1.6.2. Forma y tamaño del reactor U.A.S.B.

La forma geométrica que se adoptara para la construcción del reactor es rectangular y semienterrada en el terreno, para que la realización sea más fácil y eficiente en su mantenimiento esto ayudara a mantener la temperatura constante dentro de los ambiente dentro del reactor.

##### 4.1.6.2.1. Cálculo del volumen del reactor.

$$V_r = Q_{mdis} * TRH \quad \text{Ecuación 5 - 01}$$

Datos:

$V_r$  = Volumen del reactor (m<sup>3</sup>)

$Q_{md}$  = Caudal máximo diario de diseño (m<sup>3</sup>/hr)

$TRH$  = Tiempo de retención hidráulica (hr)

$$V_r = 5,58 * 6 = 33,48 \text{ m}^3$$

El caudal medio de diseño ( $Q_{mdis}$ ) es el caudal que llega a la planta proveniente de la recolección del sistema de alcantarillado el tiempo de retención hidráulico ( $TRH$ ), depende de la temperatura del agua residual, para el proyecto se calculó una temperatura del agua residual de 22.9°C y de acuerdo a tiempo de retención hidráulica en reactores UASB, se asume un tiempo de retención hidráulico de 6 horas.

**TABLA 18**  
*Tiempo de retención hidráulica en reactores UASB*

Temperatura del AR (°C)	Tempo de Retención Hidráulica (hr)	
	Caudal Medio	Caudal Máximo
16 - 19	> 10 - 14	> 7 - 9
20 - 26	> 6 - 10	> 4 - 6
> 26	> 6	> 4

Fuente: Ingeniería de las aguas residuales – Metcalf and Eddy (1995)

#### 4.1.6.2.2. Cálculo de la altura del reactor.

La relación entre la velocidad ascensional del líquido y la altura del reactor UASB permiten calcular la altura del reactor a partir de la ecuación:

$$H = VA * TRH \quad \text{Ecuación 5 - 02}$$

Dónde:

H = Altura del reactor (m)

VA = Velocidad ascendente de diseño (0,5 – 1,0 m/hr)

TRH = Tiempo de retención hidráulica (hr)

$$H = 0,7 * 6 = 4,2 \text{ m}$$

$$H = 4,5 \text{ m, asumimos}$$

#### 4.1.6.2.3. Cálculo del área del reactor.

$$A_r = \frac{V_r}{H} \quad \text{Ecuación 5 - 03}$$

Dónde:

Ar = Área del reactor, (m<sup>2</sup>)

V<sub>r</sub> = Volumen del reactor, (m<sup>3</sup>/hr)

H = Altura del reactor, (m)

$$A_r = \frac{33,48 \text{ m}^3}{4,5 \text{ m}}$$

$$A_r = 7,44 \text{ m}^2$$

#### 4.1.6.2.4. Cálculo de la longitud del reactor.

Como se mencionó anteriormente la sección será cuadrada por tanto la longitud será:

$$L_r = \sqrt{A_r} \quad \text{Ecuación 5 - 04}$$

Dónde:

L<sub>r</sub> = Longitud del reactor, (m<sup>2</sup>)

A<sub>r</sub> = Área del reactor, (m<sup>3</sup>/hr)

$$L_r = \sqrt{7,44} = 2,73 \text{ m}$$

Por tanto la altura, el área y el volumen del reactor serán:

$$H = 4,5 \text{ m}; A_r = 7,44 \text{ m}^2; L_r = 2,73 \text{ m}.$$

#### 4.1.6.2.5. Carga hidráulica.

$$C_H = \frac{Q}{A_R} \quad \text{Ecuación 5 - 05}$$

Dónde:

$C_H$  = Carga Hidráulica (m/h)

$Q$  = Caudal

$A_r$  = Área Reactor (m<sup>2</sup>)

$$C_H = \frac{5,58 \text{ m}^3/\text{h}}{7,44 \text{ m}^2}$$

$$C_H = 0,75 \text{ m/h}$$

#### 4.1.6.3. Separador Gas – Líquido – Sólido – (GLS).

Otra parte importante y crítica en el diseño de un reactor U.A.S.B. es la campana o separador GLS, el cual es fundamental para lograr un buen funcionamiento del reactor a fin de mantener un lodo sedimentable (en su mayoría granular), un efluente clarificado (libre de gases) y unos gases adecuadamente separados.

Para la construcción del separador GLS se tienen en cuenta parámetros recomendados por la literatura, los cuales indican que la campana convencional es la mejor estructura, gracias a su fácil construcción, simplicidad de instalación y funcionamiento, y eficiencia. Los aspectos a tener en cuenta en el diseño de las campanas son:

- La velocidad de flujo ascendente en la abertura.
- La carga hidráulica superficial.
- El ángulo de los lados de la campana.

- El traslapeo vertical.

Todos estos criterios no son de ninguna manera inflexibles, ya que pueden ajustarse entre sí de acuerdo a las proporciones del reactor. Los parámetros básicos de diseño para las campanas fueron:

#### 4.1.6.3.1. Área de abertura.

$$A_{ABERTURA} = \frac{Q}{V_F} \quad \text{Ecuación 5 - 06}$$

#### 4.1.6.3.2. Velocidad de flujo en la campana.

$$V_F = 4 * C_H \quad \text{Ecuación 5 - 07}$$

Dónde:

$V_F$  = Velocidad de flujo en la campana

$C_H$  = Carga Hidráulica (m/h)

$$V_F = 4 * 0,75 \text{ m/h}$$

$$V_F = 3 \text{ m/h}$$

Los parámetros básicos de diseño para las campanas fueron:

#### 4.1.6.3.3. Área de abertura.

$$A_{abertura} = \frac{Q}{V_F} \quad \text{Ecuación 5 - 06}$$

Dónde:

$A_{abertura}$  = Área de abertura de campana, (m<sup>2</sup>).

$Q$  = Caudal de diseño, (m<sup>3</sup>/h).

$V_F$  = Velocidad de flujo en la campana, (m/h).

$$A_{abertura} = \frac{5,58 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \text{ m/h}}$$

$$A_{abertura} = 1,86 \text{ m}^2$$

#### 4.1.6.3.4. Área de sección transversal de la campana.

$$A_{campana} = A_R - A_{abertura} \quad \text{Ecuación 5 - 07}$$

Dónde:

$A_{campana}$  = Área de sección transversal de campana, (m<sup>2</sup>).

$A_r$  = Área del reactor, (m<sup>2</sup>).

$A_{abertura}$  = Área de abertura de campana, (m<sup>2</sup>).

$$A_{campana} = 7,44 \text{ m}^2 - 1,86 \text{ m}^2$$

$$A_{campana} = 5,58 \text{ m}^2$$

A partir de este valor se puede calcular el radio mayor de la campana, mediante la siguiente ecuación:

Dónde:

$A_{campana}$  = Área de sección transversal de campana, (m<sup>2</sup>).

$R_c^2$  = Radio mayor de campana, (m).

$$A_{campana} = \pi R_c^2$$

Donde  $R_c$  es el radio mayor de la campana. Por lo tanto:

$$R_c = \sqrt{\frac{5,58}{\pi}}$$

$$R_c = 1,33 \text{ m}$$

#### 4.1.6.3.5. Ancho de la abertura

$$W_A = R_R - R_C$$

**Ecuación 5 – 08**

Dónde:

$W_A$  = Ancho de la abertura, (m).

$R_R$  = Radio del reactor, (m).

$R_c$  = Radio mayor de campana, (m).

$$W_A = 1,40 - 1,33$$

$$W_A = 0,07 \text{ m}$$

Se asumieron para el diseño, tanto el ancho mínimo interno de la campana (HT) y la altura tope del separador GLS sobre la superficie del líquido iguales a 1,00 m. Por lo tanto:

$$W_G = R_R - W_A - 0,5(H_T)$$

**Ecuación 5 – 09**

Dónde:

$W_G$  = Ancho mínimo interno de la campana, (m).

$R_R$  = Radio del rector, (m).

$W_A$  = Ancho de la abertura, (m).

$$W_G = 1,40 - 0,07 - 0,05(1,00)$$

$$W_G = 1,28 \text{ m}$$

Ángulo de inclinación de la campana: el ángulo elegido para la campana fue de 60° debido a que se acomodaba mejor a las condiciones de diseño, tanto de la campana como de la tubería.

#### 4.1.6.3.6. *Altura de la campana*

$$H_G = W_G * \tan 60^0$$

**Ecuación 5 – 10**

Dónde:

$H_G$  = Altura de la campana, (m).

$W_G$  = Ancho mínimo interno de la campana, (m).

$$H_G = 1,28 * \tan 60^0$$

$$H_G = 2,21 \text{ m}$$

#### 4.1.6.3.7. *Traslapo*

$$T_V = 1,5 * W_A$$

**Ecuación 5 – 11**

Dónde:

$T_V$  = Traslapo, (m).

$W_A$  = Ancho de la abertura, (m).

$$T_V = 1,5 * 0,07$$

$$T_V = 0,105 \text{ m}$$

#### 4.1.6.3.8. *Ancho de los deflectores*

$$W_D = T_V + W_A$$

**Ecuación 5 – 12**

Dónde:

$W_D$  = Ancho de los deflectores, (m).

$T_v$  = Traslapo, (m).

$W_A$  = Ancho de la abertura, (m).

$$W_D = 0,105 + 0,07$$

$$W_D = 0,175 \text{ m}$$

#### 4.1.6.3.9. Longitud de los deflectores

$$L_D = 2W_D * \tan 45^\circ \quad \text{Ecuación 5 – 13}$$

Dónde:

$L_D$  = Longitud de los deflectores, (m).

$W_D$  = Ancho de los deflectores, (m).

$$L_D = 2 * 0,175 * \tan 45^\circ$$

$$L_D = 0,35 \text{ m}$$

#### 4.1.6.4. Resultados de Reactor UASB.

Cuando las aguas residuales se vierten sin tratamiento previo a los ríos o lagos estos cuerpos de agua suelen contaminarse con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos, lo cual crea un grave problema de salud pública. La disposición y tratamiento inadecuado de las aguas residuales provocan un marcado deterioro en el medio ambiente y puede propagar enfermedades bacterianas.

Revisando los parámetros de remoción del tanque Imhoff donde se obtuvo una reducción en los parámetros de igual manera introducimos estos datos para poder obtener otro porcentaje de remoción en el reactor, y para ello mostramos los datos del afluente en la siguiente tabla:

**TABLA 17***Porcentajes de parámetros reducido en el tanque Imhoff*

Parámetro	unidad	Concentración al ingreso del tanque Imhoff	Porcentaje de reducción (%)	Concentración al salir del tanque Imhoff	Limites permitido RASIN anexo 13 - A
<b>D.B.O<sub>5</sub></b>	mg/L	362,0	33,48	240,80	80
<b>D.Q.O.</b>	mg/L	534,0	-	-	250
<b>S.S.T.</b>	mg/L	236,0	51,81	113,73	60
<b>COLIFORMES</b>	UFC/100 ml	7,5x10 <sup>6</sup>	-	-	1000

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.6.4.1. *Estimación de la eficiencia de remoción de DBO en el sistema.*

$$EDBO = 100 * (1 - 0,70 * THR^{-0,5}) \quad \text{Ecuación 5 - 14}$$

$$S = S_0 - \frac{EDBO * S_0}{100} \quad \text{Ecuación 5 - 15}$$

Dónde:

EDBO = Eficiencia de remoción de DBO, (%)

TRH = Tiempo de retención hidráulico, 6 (hr)

SDBO = Concentración de DBO en el efluente final, (mg/l)

So = Concentración de DBO en el afluente, 240,80 (mg/l)

$$EDBO = 100 * (1 - 0,70 * 6^{-0,5})$$

$$EDBO = 71,42 \%$$

$$S = 240,80 - \frac{71,42 * 240,80}{100}$$

$$E = 68.82 \text{ mg/l}$$

4.1.6.4.2. *Estimación de la eficiencia de remoción de DQO en el sistema.*

$$EDQO = 100 * (1 - 0,68 * THR^{-0,35}) \quad \text{Ecuación 5 - 16}$$

$$S = S_0 - \frac{EDQO * S_0}{100} \quad \text{Ecuación 5 - 15}$$

Dónde:

EDQO = Eficiencia de remoción de DQO, (%)

TRH = Tiempo de retención hidráulico, 6 (hr)

SDQO = Concentración de DQO en el efluente final, (mg/l)

So = Concentración de DQO en el afluente, 534 (mg/l)

$$EDQO = 100 * (1 - 0,68 * 6^{-0.35})$$

$$EDQO = 63,68 \%$$

$$S = 534 - \frac{63,68 * 534}{100}$$

$$S = 193,95 \text{ mg/l}$$

#### 4.1.6.4.3. Concentración de sólidos en el efluente final.

$$SS = \frac{250}{THR} + 10$$

**Ecuación 5 - 17**

Dónde:

SS = Concentraciones de sólidos en suspensión en el efluente, (mg/l)

TRH = Tiempo de retención hidráulico, 6 (hr)

$$SS = \frac{113,73}{6} + 10$$

$$SS = 28,95 \text{ mg/l}$$

Obtenido los resultados de remoción en el reactor UASB, logramos reducir los parámetros en el efluente del reactor, reflejando los resultados de la siguiente manera.

**TABLA 19**

*Porcentajes de remoción de los parámetros en el reactor UASB*

Parámetro	unidad	Concentración al ingreso del reactor UASB	Porcentaje de reducción (%)	Concentración al salir del reactor UASB	Limites permitido RASIN anexo 13 - A
<b>D.B.O<sub>5</sub></b>	mg/L	240,80	71,42	68,82	80
<b>D.Q.O.</b>	mg/L	534,0	63,68	193,95	250
<b>S.S.T.</b>	mg/L	113,73	72,23	28,95	60
<b>COLIFORMES</b>	UFC/100 ml	7,5x10 <sup>6</sup>	-	-	1000

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.7. Dimensionamiento del humedal artificial de flujo Subsuperficial, Método Metcalf & Eddy.

La remoción de los contaminantes en aguas residuales que entran a los Humedales Artificiales (HA), se lleva a cabo a través de la combinación de procesos biológicos, físicos y químicos que ocurren entre los componentes principales de estos sistemas (De Feo et al; 2005; Karathanasis et al., 2003; Stefanakis et al., 2014),

Existen varios modelos matemáticos que permiten diseñar Humedal Artificial (HA) de flujo subsuperficial en función a la remoción de DBO esperada. Sin embargo no existe un único modelo que satisfaga todos los casos. Otro factor importante a tener en cuenta en el diseño, es la determinación del nivel del agua subsuperficial en el humedal, el mismo que debe situarse 5-10 cm por debajo del nivel del material filtrante. Considerando los aspectos hidráulicos, se debe presentar atención a las estructuras de ingreso y salida.

En este modelo se calcula la constante de velocidad ( $K_t$ ) con la siguiente expresión:

$$K_t = k_{20} * 1,1^{(t-20)} \quad \text{Ecuación 6 – 01}$$

Dónde:

$K_t$  = Constante de velocidad, (día)

$K_{20}$  = Características típicas del medio de flujo.

t = Temperatura media ambiente, (°C)

Para una temperatura promedio de 26 °C con la ecuación, el valor de  $K_{20}$  se adopta de acuerdo a datos obtenidos de tabla 1, características típicas del medio en sistemas de flujo subsuperficial<sup>20</sup>, para un tipo de medio, arena gravosa,  $K_{20}= 0,86$ :

**TABLA 20**

*Característica típicas del medio en sistemas de flujo subsuperficial*

Tipo de medio	Tamaño de agregado máximo (10%)	Porosidad, $\alpha$	Conductividad hidráulica, $K_s$ m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d	$K_{20}$
Arena media	1	0,42	420	1,84
Arena gruesa	2	0,39	480	1,35
Arena Gravosa	8	0,35	500	0,86

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

<sup>20</sup> Metcalf & Eddy, tercera edición, pagina 1131.

Sustituyendo los valores:

$$K_t = 0,86 * 1,1^{(26-20)}$$

$$K_t = 1,52 \text{ Día}$$

Para estimar el tiempo de retención hidráulico se procede con la siguiente ecuación:

$$t' = \frac{-\ln\left(\frac{C_e}{C_o}\right)}{K_t} \quad \text{Ecuación 6 - 02}$$

Dónde:

$t'$  = Tiempo de retención hidráulico, (día)

$C_e$  = concentración de DBO del efluente, (mg/l)

$C_o$  = concentración de DBO del afluente, (mg/l)

$$t' = \frac{-\ln\left(\frac{45}{68,82}\right)}{1,52}$$

$$t' = 0,28 \text{ día} = 6,72 \text{ horas}$$

Para la superficie transversal del humedal se aplica la ecuación:

$$A_c = \frac{Q}{K_s * S} \quad \text{Ecuación 6 - 03}$$

Dónde:

$A_c$  = Superficie transversal del humedal, ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal máximo diario, ( $m^3/\text{día}$ )

$K_s$  = Conductividad hidráulica, ( $m^3/m^2 * \text{día}$ )

$S$  = gradiente hidráulico o pendiente, (m/m)

$$A_c = \frac{133,95}{500 * 0,01}$$

$$A_c = 5,00 \text{ m}^2$$

Con este modelo es posible adaptar las dimensiones de largo y ancho, fijando una relación (R) adecuada como 1:3, es decir uno de ancho por 3 de longitud

$$W = \frac{A_c}{d} \quad \text{Ecuación 6 - 04}$$

Dónde:

W = Ancho de la celda del humedal, (m)

A<sub>c</sub> = Superficie transversal del humedal, (m<sup>2</sup>)

d = diámetro de vacío del medio, (m)

$$W = \frac{5}{0,30}$$

$$W = 16,67 \text{ m}$$

Para obtener el largo del humedal se aplica la siguiente ecuación:

$$L = \frac{TRH * Q}{W * d * \alpha} \quad \text{Ecuación 6 - 05}$$

Dónde:

L = Largo del humedal, (m)

TRH = Tiempo de retención hidráulica, (día)

Q = Caudal máximo diario, (m<sup>3</sup>/día)

W = Ancho de la celda del humedal, (m)

d = diámetro de vacío del medio, (m)

α = Porosidad del tipo de medio.

$$L = \frac{0,28 * 133,95}{16,67 * 0,30 * 0,35}$$

$$L = 21,42 \text{ m}$$

Determinado la superficie necesaria:

$$A_s = L * W \quad \text{Ecuación 6 - 06}$$

$$A_s = 21,42 * 16,67$$

$$A_s = 357,07 \text{ m}^2$$

Determinados las secciones asumimos por temas constructivos las siguientes dimensiones para el humedal, 22 metros de largo, 16 metros de ancho y 0,60 metros de profundidad.

Comprobando la carga de DBO<sub>5</sub><sup>21</sup>

$$\frac{DBO_u}{DBO_5} = 1,5 \quad \text{Ecuación 6 - 07}$$

$$\frac{68,82}{80} = 1,5$$

$$0,86 < 1,5 \quad OK$$

Comprobado los parámetros de carga de DBO, decimos que nuestro humedal cumple con las condiciones de funcionalidad sobre las cargas orgánicas, logrando así un flujo continuo del agua residual para su tratamiento.

#### 4.1.8. Desinfección del agua residual hospitalaria.

##### 4.1.8.1. Consideraciones en el tratamiento.

###### 4.1.8.1.1. Las Bacteria.

Las bacterias son organismos unicelulares móviles o inmóviles de formas diversas (cocos, bacilos y espirilos), de tamaño y modo de vida diferentes según la especie y el medio (Seoanez, 1995).

En el tabla 24 se muestran las principales bacterias patógenas o parásitas existentes en las aguas residuales y algunas de sus características.

**TABLA 21**

*Principales bacterias patógenas en aguas residuales*

<b>Bacteria</b>	<b>Fuente</b>	<b>Periodo de incubación</b>	<b>Enfermedad</b>
<i>E. Coli</i>	Hombre	1 a 6 días	Diarrea, vomito
<i>Salmonellae</i>	Hombre y animales	8 - 48 horas	Diarrea acuosa
<i>Salmonella Typhi</i>	Heces humanas y animales	7 - 28 horas	Fiebre tifoidea
<i>Salmonella paratyphi</i>	Hombre	7 - 28 horas	Fiebre paratifoidea
<i>Otras salmonellas</i>	Hombre		Intoxicación

<sup>21</sup> Metcalf & Eddy, tratamiento, vertido y reutilización, volumen 2, tercera edición, página 1133.

<i>Shigella spp.</i>	Hombre	1 - 7 días	Disentería bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Hombre	9 horas a 5 días	Cólera
Otros vibrios	Hombre		Diarreas
<i>Campylabacter spp.</i>	Hombre y animales		Diarrea y septicemias
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Hombre y animales	1 - 5 días	
<i>Leptospira icterohamorhagiae</i>	Ratas		Leptopirosis

Fuente: Mendonça, 200.

Entre todas las bacterias incluidas en la anterior tabla, *E. coli* es considerada actualmente como el mejor indicador de contaminación fecal. También es generalizada la determinación de estreptococos (*Streptococcus*) por ser una de las bacterias más comunes en aguas residuales.

#### 4.1.8.1.2. *Coliformes.*

Los coliformes son bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. Cada persona evacúa alrededor de 100.000 a 400.000 millones de coliformes por gramo de heces (Crites y Tchobanoglous, 2000).

#### 4.1.8.1.3. *Los virus en aguas residuales.*

En contraste con las bacterias, los virus no se encuentran normalmente en las heces del hombre. Están presentes solamente en el tracto gastrointestinal de individuos que han sido afectados. Acerca de los virus se sabe que, aún en bajas concentraciones, tienen la capacidad de causar infección o enfermedad (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2000).

Los microorganismos son especies vivientes de tamaños diminutos. No se consideran como plantas ni como animales; más bien se los califica en un tercer reino llamado protista. En el Tabla 25 se presentan los diferentes microorganismos existentes en las aguas residuales y sus características epidemiológicas más importantes, incluyendo las ambientales.

**Tabla 22**

Características epidemiológicas de los patógenos excretados.

Microorganismos	Tamaño (mm)	Persistencia en el Medio Ambiente (20 - 30 °C)	Resistencia a la desinfección con Cloro	Multiplicación fuera del huésped Humano
Bacteria	0,001 - 0,005	1 - 3 meses	No	No
Protozoos	0,005 - 0,01	< 30 días	Si	No
Virus	0,00001 - 0,0003	Meses	Si	No
Helmintos				Si

\* Algunas especies de protozoarios como los huevos de Helmintos pueden llegar a sobrevivir fuera del huésped humano varios meses (en las aguas y suelo).

Fuente: Oakley, 2005

En las plantas de tratamiento se cuantifica la eliminación de los constituyentes microbiológicos de las aguas residuales en unidades logarítmicas de base 10, porque se considera que la eliminación de microorganismos está en función al tiempo de exposición de los microorganismos y a la muerte en un 90 % (Marcay y Folch, 2003),

#### 4.1.8.2. Desinfección mediante cloración.

Un tanque de contacto tiene como fin permitir el tiempo de contacto necesario para que el cloro actúe eficientemente sobre los microorganismos. Se requiere una desinfección del efluente secundario con el fin de garantizar una calidad en la descarga, que permita cumplir con un estándar de 1000 NMP/100 ml para Coliformes Totales de acuerdo a límites permisibles de descargas.

Para el dimensionamiento del tanque de contacto de cloración se determina el tiempo de contacto necesario  $t$ , y el caudal de entrada  $Q$  en el tanque.

$$V_{req} = t * Q \quad \text{Ecuación 7 - 01}$$

Dónde:

$V_{req}$  = Volumen del tanque de contacto, (m<sup>3</sup>)

$t$  = Tiempo de contacto, 30 min, valor obtenido

$Q$  = Caudal de entrada en el tanque, 4,46 m<sup>3</sup>/h (0,074 m<sup>3</sup>/min)

$$V_{req} = 30 * 0,074$$

$$V_{req} = 2,22 \text{ m}^3$$

Obteniendo el resultado del volumen requerido de 2,22 m<sup>3</sup> asumimos un valor de 3 m<sup>3</sup>, por lo tanto las dimensiones del tanque de contacto asumimos un ancho de 1.5 m de ancho, 4,00 m de largo y 0,50 m de alto.

Para calcular el CT (concentración y tiempo de contacto) requerido para inactivar el 99% de coliformes, se puede observar que para un pH de 8.58 (dato obtenido de resultados de laboratorio), el CT es de:

$$\frac{N_t}{N_0} = (1 + 0,23 * C_t * t)^{-3} \quad \text{Ecuación 7 - 02}$$

Dónde:

$C_t$  = Cloro residual necesario, (mg/l)

$N_t$  = Contenido de coliformes final,  $1 \times 10^3$  (ml)

$N_0$  = Contenido de coliformes inicial,  $7,5 \times 10^6$  (ml)

$$\begin{aligned} \frac{1000}{7500000} &= (1 + (0,23 * C_t * t))^{-3} \\ 1,33 \times 10^{-4} &= (1 + (0,23 * C_t * t))^{-3} \\ 0,75 \times 10^4 &= 1 + (0,23 * C_t * t) \\ (0,75 \times 10^4)^{\frac{1}{3}} &= 1 + (0,23 * C_t * t) \\ 19,57 &= 1 + (0,23 * C_t * t) \\ C_t * t &= \frac{19,57 - 1}{0,23} \\ C_t * t &= 80,74 \end{aligned}$$

Tiempo de contacto,  $t = 30$  min

$$\begin{aligned} C_t * 30 &= 80,74 & \text{Ecuación 7 - 03} \\ C_t &= \frac{80,74}{30} \\ C_t &= 2,69 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Obtenida la cantidad de concentración de cloro residual necesaria para eliminar los coliformes, con un valor 2,69 mg/l y un tiempo de contacto de 15 min necesario para inactivar los microorganismos que se reflejan en los resultados de laboratorio.

Se dimensionara la caseta de control para la dosificación de cloro encontrado y áreas de almacenamiento de los tanques de cloro que se requieren.

El cloro es proporcionado en cilindros metálicos resistentes, de 50 a 1.000 kilogramos, en contenedores. Puede ser utilizado en forma líquida o gaseosa. Los cilindros tienen las siguientes características:

- a) Son de acero.
- b) La máxima densidad de llenado es 125%. Se define así a la razón de porcentaje entre el peso del gas en el cilindro o contenedor y el peso del agua que puede contener a una temperatura de 15,6 °C.
- c) Se equipan con sistemas de seguridad (válvulas, protectores).
- d) Se someten a pruebas de presión a intervalos regulares, de acuerdo con las normas correspondientes.

De acuerdo con la capacidad de los cilindros, se puede extraer mayor o menor cantidad de cloro de cada uno de ellos.

**Tabla 23**

*Características de los cilindros de cloro*

Peso Del Contenido		Peso Del Cilindro		Peso Total Del Cilindro		Máximo Flujo De Cloro Que Se Puede Extraer De Un Cilindro	
Kg	Lb	Kg	Lb	Kg	Lb	Kg	Lb
40	88,18	28	61,73	68	173	11,7	26
75	150	40-59	90-130	115-134	240-280	18,2	40
1000	2000	680	1680	1680	3500	182	400

#### 4.1.8.3. Estimación de consumo diario de cloro.

$$\frac{Cl_2}{d} = C_t * Q \quad \text{Ecuación 7 - 04}$$

Dónde:

$Cl_2/d$  = Consumo diario de cloro, (Kg)

$C_t$  = Cloro residual necesario, 2,69 (mg/l)

$Q$  = Caudal diario, 107,11 (m<sup>3</sup>/d)

$$\frac{Cl_2}{d} = 2,69 \frac{g}{m^3} * 107,11 \frac{m^3}{d} * \frac{1 kg}{1000 g}$$

$$\frac{Cl_2}{d} = 0,288 Kg/d$$

**Tabla 24**

*Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes*

PRODUCTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (meses)	DOSIS EN mg/L		CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión	3 a 6	1	3	3500
Hipoclorito de Calcio	3 a 6	1,4	4,3	10000 a 50000
Hipoclorito de Sodio	< 1 mes	1,7	23,1	10000 a 50000

Por lo tanto:

Se asume un cilindro de 50 Kg para un periodo de 6 meses.

Una vez determinado la cantidad de cloro requerida para la eliminación coliformes, calculamos el área requerida para el almacén del cloro.

#### 4.1.8.4. Peso de cloro requerido en el periodo de almacenamiento seleccionado.

$$W = Q * T * C_t \quad \text{Ecuación 7 - 05}$$

Dónde:

W = peso de cloro requerido, (Kg)

C<sub>t</sub> = Cloro residual necesario, 2,69 (mg/l)

Q = Caudal diario, 107,11 (m<sup>3</sup>/d)

$$W = 107,11 * 90 * 2,69$$

$$W = \frac{107,11 * 90 * 2,69}{1000}$$

$$W = 25,93 \text{ Kg}$$

#### 4.1.8.5. Numero de cilindro.

$$N = W * P_{cil}$$

**Ecuación 7 - 06**

Dónde:

N = número de cilindros requeridos

W = peso de cloro requerido, 25,93 Kg

P = Peso del cilindro, 67 Kg

$$N = \frac{25,93}{67}$$

$$N = 0,39 \approx 1$$

#### 4.1.8.6. Área requerida para almacenamiento.

$$A_t = 1,25 * A_c * N$$

**Ecuación 7 - 07**

Dónde:

A<sub>t</sub> = Área requerida para almacenamiento

A<sub>c</sub> = Área que ocupa un cilindro, 0,071 m<sup>2</sup>

N = número de cilindros requeridos, 1 unidad

$$A_t = 1,25 * 0,071 * 1$$

$$A_t = 0,089 \text{ m}^2$$

Obtenido todos los datos requeridos, asumimos tanto para su almacenamiento, como los equipos de cloración y control de sistema de desinfección, un área para la caseta de control y cloración de 9 m<sup>2</sup>.

#### **4.1.9. Calculo de Desinfección mediante Radiación UV.**

En los últimos años el método de desinfección mediante radiación UV ha crecido considerablemente, debido a su característica de eliminación germicida y a la no formación de compuestos tóxicos secundarios.

Existen tres tipos de clasificación de radiación UV, radiación UV-A de onda larga que puede atravesar la capa de ozono, el vidrio y la dermis profunda de la piel, radiación UV-B de onda media la cual es la principal causa de cáncer de piel, radiación UV-C de onda corta, estos son adsorbidos por la capa de ozono y es utilizado para la desinfección del agua.

La acción de desinfección germicida la radiación UV-C de onda corta es porque se encuentra entre 220 nm y 260 nm, ya que aproximadamente a 260 nm, el ADN tiene una mayor absorción de radiación UV y por lo tanto es más susceptible a sufrir alteraciones.

##### **4.1.9.1. Dosis de desinfección UV.**

La efectividad de la desinfección de los rayos UV está basada en la dosis a la cual los microorganismos están expuestos, y se calcula de la siguiente manera.

$$Dosis\ UV = I * t \qquad \qquad \qquad \text{Ecuación 8 - 01}$$

Donde:

Dosis UV = en mJ/cm<sup>2</sup> (mW\*s/cm<sup>2</sup>).

I = intensidad de UV en mW/cm<sup>2</sup>.

t = tiempo de exposición de los microorganismos, s.

Como se puede apreciar en la ecuación, la dosis UV puede variar solo cambiando la intensidad o el tiempo.

#### 4.1.9.2. Dosis requerida para la inactivar algunos microorganismos en el agua residual.

En la siguiente tabla podremos ver la dosis de UV necesaria para inactivar los microorganismos en un 99.99%.

**Tabla 25**

*Efectividad de radiación UV para la desinfección*

<b>Organismo</b>	<b>Dosis relativa a la dosis para coliformes totales</b>
<b>Bacterias:</b>	
Coliformes Fecales	0,5 - 0,9
Coliformes Totales	1,0
<b>Virus:</b>	
Adenovirus	0,7 - 0,9
Polio Tipo 1	0,9 - 1,1
MS-2 Bacteriófago	0,9 - 1,0
<b>Protozoarios:</b>	
Crypto Sporidium Paruum	0,2 - 0,4
Giardia	0,4 - 0,6

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

#### 4.1.9.3. Lámparas UV de mediana presión – alta intensidad.

Las lámparas UV se han desarrollado significativamente en los últimos años, las longitudes típicas de las lámparas oscila entre 0,75 a 1,5 m, con un diámetro entre 15 y 20 mm, la potencia de estas lámparas es de alrededor de 25 a 27 Watts a 254 nm.

#### 4.1.9.4. Parámetro de diseño.

La dosis necesaria de UV para inactivar los coliformes en un 99.99% es de 50 mJ/cm<sup>2</sup>.

El tiempo de contacto (t) para la desinfección son muy pequeños, generalmente va de 10 a 20 segundo solamente.

La intensidad luminosa (I) que emite la lámpara en el rango germicida, es una medida de su potencia por la unidad de área de fluido bajo la radiación. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$Dosis\ UV = I * t$$

**Ecuación 8 - 02**

$$t = \frac{Dosis\ UV}{I}$$

$$t = \frac{1,0\ mJ/cm^2}{50\ mJ/cm^2}$$

$$t = 0.2\ s$$

#### **4.1.10. Comparación entre desinfección con cloro o radiación UV.**

Es importante mencionar que ambos métodos son utilizados y cumplen con los parámetros de desinfección para la evacuación del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria.

Sin embargo a la hora de decidir la alternativa más eficiente, deberemos tomar en cuenta otros aspectos a la otra de implementar uno de estos sistemas, como el costo y proceso de desinfección.

En este caso se optara por la desinfección por cloración por las características ya mencionadas anteriormente.

#### **4.1.11. Disposición de lodos del tanque Imhoff y Reactor UASB.**

##### **4.1.11.1. Volumen de lodos del tanque Imhoff.**

a) *Determinamos la masa de Sólidos Suspendedos.*

De acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización en el tanque Imhoff, tenemos una cantidad de 236 mg/l en el afluente equivalente a 365,8 mg/s y a su vez 31,6 kg/día.

$$M_{sd} = (0.50 * 0.50 * 0.70 * C) + (0.50 * 0.30 * C)$$

**Ecuación 9-01**

Dónde:

$M_{sd}$  = Masa de Sólidos Suspendedos. (Kg SS/día)

C = Contribución de sólidos. (Kg SS/día)

$$M_{sd} = (0.50 * 0.50 * 0.70 * 31,60) + (0.50 * 0.30 * 31,60)$$

$$M_{sd} = 10,27 \text{ kg SS/día}$$

b) *Volumen diario de lodos digeridos.*

Una vez determinado, usamos este valor para calcular el volumen diario de lodos digeridos.

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho * (\% \text{ solidos}/100)} \quad \text{Ecuación 9-02}$$

Dónde:

$V_{ld}$  = Volumen diario de lodos digeridos, (l/día).

$M_{sd}$  = Masa de Sólidos Suspendidos, (Kg SS/día).

$\rho$  = Densidad de lodos, (Kg/l), varía de 1,2 a 1,3.

% sólidos= Porcentaje de sólidos en lodos, varía de 10% a 15%.

$$V_{ld} = \frac{10,27}{1,3 * (15/100)}$$

$$V_{ld} = 52,67 \text{ l/día}$$

c) *Volumen de lodos a extraerse.*

Usando el tiempo de retención asumido, calculamos el volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión.

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T}{100} \quad \text{Ecuación 9-03}$$

Donde:

$V_{el}$ : Volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión, ( $m^3$ ).

$V_{ld}$ : Volumen diario de lodos digeridos, 52,67 l/día.

T: Tiempo de retención en tanque Imhoff, varía entre 30 a 90 días.

$$V_{el} = \frac{52,67 * 30}{1000}$$

$$V_{el} = 1,58 \text{ m}^3$$

#### 4.1.11.2. *Volumen de lodos del reactor UASB.*

a) *Determinamos la masa de Sólidos Suspendedos.*

De acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización en el tanque Imhoff, tenemos una cantidad de Determinamos la masa de Sólidos Suspendedos.

De acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización en el tanque Imhoff, tenemos una cantidad de 113,73 mg/l en el afluente equivalente a 173,8 mg/s y a su vez 15,02 kg/día.

$$M_{sd} = (0.50 * 0.50 * 0.70 * C) + (0.50 * 0.30 * C) \quad \text{Ecuación 9-01}$$

Dónde:

$M_{sd}$  = Masa de Sólidos Suspendedos. (Kg SS/día)

$C$  = Contribución de sólidos. (Kg SS/día)

$$M_{sd} = (0.50 * 0.50 * 0.70 * 15,02) + (0.50 * 0.30 * 15,02)$$

$$M_{sd} = 4,88 \text{ kg SS/día}$$

b) *Volumen diario de lodos digeridos.*

Una vez determinado, usamos este valor para calcular el volumen diario de lodos digeridos.

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho * (\% \text{ solidos} / 100)} \quad \text{Ecuación 9-02}$$

Dónde:

$V_{ld}$  = Volumen diario de lodos digeridos, (l/día).

$M_{sd}$  = Masa de Sólidos Suspendedos, (Kg SS/día).

$\rho$  = Densidad de lodos, (Kg/l), varía de 1,2 a 1,3.

% sólidos= Porcentaje de sólidos en lodos, varía de 10% a 15%.

$$V_{ld} = \frac{4,88}{1,3 * (15/100)}$$

$$V_{ld} = 25,02 \text{ l/día}$$

c) *Volumen de lodos a extraerse.*

Usando el tiempo de retención asumido, calculamos el volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión.

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T}{100} \quad \text{Ecuación 9-03}$$

Dónde:

$V_{el}$ : Volumen de lodos a extraerse desde la Cámara de Digestión, ( $m^3$ ).

$V_{ld}$ : Volumen diario de lodos digeridos, 25,02 l/día.

T: Tiempo de retención en tanque Imhoff, varía entre 30 a 90 días.

$$V_{el} = \frac{25,02 * 30}{1000}$$

$$V_{el} = 0,75 \text{ m}^3$$

Obtenidos los volúmenes de lodos a extraer del tanque Imhoff de  $1,58 \text{ m}^3$  y reactor UASB de  $0,75 \text{ m}^3$ , procedemos sumar ambos volúmenes para determinar el volumen total de lodos generados  $V_{total}$  es de  $2,33 \text{ m}^3$ .

El tratamiento y disposición eficiente de los lodos activados de una planta de tratamiento de aguas residuales requiere conocer las características de los sólidos y del lodo por procesar, así como la aptitud de los diferentes sistemas de procesamiento y la facilidad de acceso a las diferentes opciones de disposición final.

Una alternativa debido al volumen de lodos activados es la recirculación a través de los procesos existentes y conseguir unos lodos activados más consistentes.

La estabilización básica de lodos activados dadas las características es un espesado mediante un reactor biológico, sedimentación, la deshidratación y secado térmico.

## CAPÍTULO V

### 5.1. ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE INVERSIÓN PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para la elaboración de la propuesta de inversión en la fase de ejecución de la planta de tratamiento de aguas residuales se realiza en los siguientes pasos.

- Identificación de ítem de trabajo.
- Elaboración de cálculos métricos.
- Análisis de precios unitarios.
- Especificaciones técnicas.
- Presupuesto general del proyecto.

#### 5.1.1. Identificación de ítems de trabajos.

Como parte inicial de la elaboración de propuesta de inversión se realiza un estudio de ítems o actividades, en cada uno de los módulos o fases que contempla la planta de tratamiento.

A continuación se detalla en un cuadro los ítems identificados para la propuesta de inversión.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.
<b>01.</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>	
1	PROV. Y COLOC. DE LETRERO DE OBRA TIPO GIGANTOGRAFIA	PZA
2	DESMONTE Y PERFILADO DE TERRENO	M2
3	INSTALACION DE FAENA	M2
<b>02.</b>	<b>TANQUE DE HOMOGENIZACION</b>	
4	REPLANTEO	M2
5	EXCAVACION	M3
6	HORMIGON POBRE	M3
7	EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL	M3
8	REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER	M2
9	CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER	M2
10	REJILLA DE TAMIZADO	GLB
11	MOTORES TRIFASICO DE 0.5HP	PZA
12	PALETAS DE MESCLADO	PZA

13	BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE	PZA
<b>03.</b>	<b>TANQUE INHOFF - SEDIMENTADOR</b>	
14	REPLANTEO	M2
15	EXCAVACION	M3
16	HORMIGON POBRE	M3
17	EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL	M3
18	REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER	M2
19	CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER	M2
20	TUBERIA PVC 4"	ML
21	LLAVE DE PASO DE PVC 4"	PZA
<b>04.</b>	<b>REACTOR UASB</b>	
22	REPLANTEO	M2
23	EXCAVACION	M3
24	HORMIGON POBRE	M3
25	EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL	M3
26	REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER	M2
27	CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER	M2
28	TUBERIA PVC 4"	ML
29	LLAVE DE PASO DE PVC 4"	PZA
30	TAPA METALICA	GLB
31	REJILLA METALICA DE PISO	M2
<b>05.</b>	<b>HUMEDAL ARTIFICIAL</b>	
32	REPLANTEO	M2
33	EXCAVACION	M3
34	PERFILADO E IMPERMEABILIZADO DE SUELO	M2
35	MATERIAL FILTRANTE GRABA 3/4"	M3
36	PROV DE MATERIAL FILTRANTE AREANA GRUEZA	M3
37	PROV Y TENDIDO DE TUBERIA DE PVC 4"	ML
38	PROV VEGETACION	M2
39	LLAVE DE PASO DE PVC 4"	PZA
<b>06.</b>	<b>TANQUE DE CONTACTO</b>	
40	REPLANTEO	M2
41	EXCAVACION	M3
42	HORMIGON POBRE	M3
43	EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL	M3
44	REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER	M2
45	CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER	M2
46	PLANCHA METALICAS	M2
47	LLAVE DE PASO DE PVC 4"	PZA
<b>07.</b>	<b>CASETA DE CONTROL Y MAQUINAS</b>	
48	REPLANTEO	M2
49	EXCAVACION	M3
50	RELLENO Y COMPACTADO	M3
51	CIMIENTO DE LADRILLO DE 6H	M3
52	VIGAS DE H°A°	M3
53	IMPERMEABILIZACION DE SOBRECIMENTOS	M2

54	CUBIERTA DE CALAMINA ONDULADA N°28 INC ESTR MET	M2
55	CUMBRERA DE CALAMINA PLANA N°28	ML
56	MURO DE LADRILLO VISTO UNA CARA DE 6H E=15CM	M2
57	REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO	M2
58	CONTRAPISO DE H°S° E=5CM	M3
59	CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO	M2
60	PISO DE CERAMICA ESMALTADA	M2
61	PUERTA DE MADERA INC/MARCO Y CHAPA	M2
62	VENTANAS DE VIDRIO 6MM INC MARCO ALUM	M2
63	ACOMETIDA TRIFASICA	GLB
64	PROV. E INST. DE TABLERO DE DISTRIBUCION TD	PZA
65	PROV. E INST. DE LUMINARIA LED 18W	PTO
66	PROV. E INST. DE TOMACORRIENTE DOBLE	PTO
<b>08.</b>	<b>OBRAS DE CONECCION</b>	
67	EXCAVACION	M3
68	RELLENO Y COMPACTADO	M3
69	RELLENO CAMA DE ARENA E=5 CM	M3
70	CAMARA DE INSPECCION 80X80 CM	PZA
71	TUBERIA PVC 6"	ML
<b>09.</b>	<b>ENMALLADO PERIMETRAL</b>	
72	REPLANTEO	M2
73	EXCAVACION	M3
74	RELLENO Y COMPACTADO	M3
75	CIMIENTO DE LADRILLO DE 6H	M3
76	VIGAS DE H°A°	M3
77	POSTES DE FG 2.1/2" CH16 H=3M	PZA
78	MALLA OLIMPICA	M2
<b>10.</b>	<b>OBRAS FINALES</b>	
79	LIMPIEZA GENERAL	GLB
80	PLACA RECORDATORIA	PZA

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2. Elaboración de cálculos métricos.

En la elaboración de la propuesta de inversión del proyecto de la planta de tratamiento, una vez identificados los ítems o actividades que se realiza se procede a elaborar los cálculos métricos de cada ítem, obteniendo datos de los planos a detalle del proyecto, como ser largo, ancho, alto, generando un volumen de acuerdo a la unidad de medida que se establece en los ítems, los cuales son utilizados para generar el presupuesto general del proyecto.

**COMPUTOS METRICOS**

**PROYECTO: CONST. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS - U.A.P.**

N°	ITEM	Unidad	CANTIDAD				Subtotal
			Cantidad	Dimensiones			
				Largo	Ancho	Alto	
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>						
<b>1</b>	<b>PROV Y COLOC DE LETRERO DE OBRA TIPO GIGANTOGRAFIA</b>	<b>PZA</b>					<b>1,00</b>
			1				1,00
<b>2</b>	<b>DESMONTE Y PERFILADO DE TERRENO</b>	<b>M2</b>					<b>4.400,00</b>
			1	80,00	55,00		4.400,00
<b>3</b>	<b>INSTALACION DE FAENA</b>	<b>M2</b>					<b>24,00</b>
			1	6,00	4,00		24,00
<b>2</b>	<b>TANQUE DE HOMOGENIZACION</b>						
<b>4</b>	<b>REPLANTEO</b>	<b>M2</b>					<b>16,68</b>
	CANAL DE ENTRADA		1	2,90	0,35		1,02
	TANQUE DE HOMOGENIZACION		1	5,40	2,90		15,66
<b>5</b>	<b>EXCAVACION</b>	<b>M3</b>					<b>39,15</b>
	TANQUE DE HOMOGENIZACION		1	5,40	2,90	2,50	39,15
<b>6</b>	<b>HORMIGON POBRE</b>	<b>M3</b>					<b>0,83</b>
	CANAL DE ENTRADA		1	2,90	0,35	0,05	0,05
	TANQUE DE HOMOGENIZACION		1	5,40	2,90	0,05	0,78
Fuente: Elaboración propia CONTINÚA..., VER ANEXO E.							

**5.1.3. Elaboración de análisis de precio unitario.**

Para la elaboración del análisis de precio unitario de la propuesta de inversión y su posterior ejecución se la realiza mediante el programa informático QUARK – Costo y Presupuesto, donde fueron insertados cada uno de los ítems a realizar en la ejecución del proyecto y posterior elaboración de análisis de precios unitarios.



*Imagen 7. Software, Quart Costos y Presupuestos.*

Para la elaboración de análisis de precio unitario se contempla los siguientes aspectos:

#### **5.1.3.1. Análisis de precios unitarios.**

Estos precios unitarios están compuestos por los siguientes parámetros:

##### ***Costos directos:***

- Costo de Materiales
- Costo de la Mano de Obra
- Herramienta y Equipo
- Beneficios Sociales

##### ***Costos indirectos:***

- Gastos Generales e Imprevistos
- Utilidad
- Impuestos

##### ***5.1.3.1.1. Descripción del costo directo.***

###### ***a) Costo de Materiales.***

El costo de los materiales se realiza en base a los precios vigentes en el mercado a la fecha de culminación del presente trabajo, los precios de los materiales a utilizar en el proyecto se han cotizado en las ferreterías de la ciudad de Cobija.

*b) Costo de la mano de obra.*

El costo de la Mano de Obra está basado en la cantidad de trabajos que un obrero puede hacer en un periodo de tiempo fijo, o lo que se conoce como rendimiento, para el proyecto se han cotizado precios de mano de obra actual de la ciudad.

*c) Herramientas y Equipo.*

Para el cálculo de la incidencia por herramientas y equipos menores que se utilizará en la obra, se adoptó un costo porcentual del valor de la mano de obra.

Incidencia de las Herramientas y Equipo = 5 %

*d) Beneficios Sociales.*

Se analizaron los siguientes tópicos:

d.1) Aporte Patronal.

d.2) Bonos y Primas.

d.3) Incidencia de la Inactividad.

d.4) Cargas Sociales.

- Incidencia de los Subsidios.

- Implementos de Trabajo, Seguridad Industrial e Higiene.

- Incidencia de la Antigüedad.

d.5) Otros.

*d.1) Incidencia de Aportes a Entidades.*

**Cuadro 1.**

*Incidencia de aportes a entidades*

ENTIDAD	PATRONAL	LABORAL	DISPOCION
Caja Nacional de Salud	10	0	DS 21637 Ley 1,141
A.F.P.	2	12,5	
FONVIS	2	0	DS 21660
INFOCAL	1	0	
TOTAL	15	12,5	

Incidencia por aportes a entidades = 15.00 %

*d.3) Incidencia de la Inactividad.*

**Cuadro 2**

*Incidencia de la inactividad*

MOTIVO	DIAS PAGADOS	PORCENTAJE
Domingos	52	14,25
Feridos Legales	10	2,74
Enfermedad	3	0,82
Ausencias Justificadas	2	0,55
Día del Constructor	1	0,27
Horas extras ( se paga doble )	24	6,58
Lluvia y otros	4	1,10
TOTAL	96	26,30%

Incidencia por inactividad = 26.30 %

*d.4) Cargas Sociales.*

Incidencia de Subsidios

Prenatal. – Consiste en la entrega al asegurado beneficiario, de una asignación mensual en leche entera y sal yodada, por un equivalente a un salario mínimo nacional durante los últimos 5 meses de embarazo.

Natalidad. – Consiste en la entrega por intermedio del asegurado, a la madre gestante o beneficiaria de un pago único equivalente a un salario mínimo nacional, por el nacimiento de cada hijo.

Lactancia. – Consiste en la entrega mensual de leche entera y sal yodada, equivalente a un salario mínimo nacional por cada hijo, durante los primeros 12 meses de vida.

Sepelio. – Consiste en el pago de un salario mínimo nacional, por el fallecimiento de cada hijo menor de 19 años.

El incumplimiento por parte de la Empresa, en el otorgamiento de cualquiera de los cuatro subsidios, será sancionado de conformidad a las previsiones contenidas en el inciso n) del Art. 592 y 593 del reglamento del Código de seguridad social.

*d.5) Ponderación del Salario.*

Para el análisis de la incidencia de los subsidios, es necesario determinar el costo mensual promedio de la mano de obra, para dicho efecto determinamos el jornal o salario promedio ponderado mensual, en base a los precios vigentes en el mercado y los precios ponderados establecidos en el Decreto Supremo 18948 de la fecha 17 de Mayo de 1982, en actual vigencia

Incidencia de subsidio = 3.77 %

*e) Seguridad Industrial e Higiene.*

Se consideraron básicos los siguientes elementos para la seguridad de los obreros.

- Botas de goma
- Guantes de cuero
- Cascos de plástico
- Cinturones de seguridad
- Botiquín
- Máscaras de seguridad
- Lentes protectores

Incidencia por Seguridad Industrial e Higiene = 0.99 %

*f) Incidencia de la Antigüedad.*

De acuerdo a lo establecido por el Decreto Ley N° 21060, se considera la antigüedad de 2 a 4 años, con un equivalente al 5 % de tres veces el Salario Mínimo Nacional.

Como se ha considerado que solo el 10 % de los obreros son antiguos, la incidencia se calcula como sigue:

Incidencia por antigüedad = 0.55 %

g) *Parámetros a adoptar al calcular las cargas y beneficios sociales que incidirán a los salarios básicos de la mano de obra.*

Cuando la obra alcanza una duración de un año se deberán considerar todas las incidencias calculadas; pero en caso de obras de menor duración, la incidencia también será al disminuir los días domingos, feriados, porcentajes de aguinaldos, indemnizaciones, vacaciones, etc. En el caso contrario, cuando se trate de obras que tengan duraciones mayores a un año, el porcentaje de Beneficios Sociales también aumentará debiendo calcular esta incidencia para cada caso.

Incidencias Mínimas.- Luego de realizar un estudio de probabilidades de incidencias en una estructura de costos, se aconseja lo siguiente:

- 25 % para obras con duración hasta 3 meses
- 40 % para obras con duración hasta 6 meses
- 57 % para obras con duración hasta 1 año
- 60 % o más para obras con duración mayor a un año.

Cabe indicar que este cálculo efectuado es estrictamente académico ya que en la práctica se tiene que cumplir lo que dice el decreto supremo N°27328 (55 al 71.18%)

En el proyecto se ha considerado el 55%.

#### 5.1.3.1.2. *Costos Indirectos.*

##### a) *Gastos Generales e Imprevistos.*

El porcentaje a tomar para gastos generales depende de varios aspectos, siendo su evaluación muy variable y dependiendo del tipo de la obra, Pliegos de especificaciones y las expectativas de la Empresa.

##### b) *Utilidad.*

Dicho factor es variable y depende de cada profesional o empresa, pudiendo fluctuar entre 5 y 30 %.

El proyecto se adoptó el 10%

*c) Impuestos.*

- Impuesto a las Transacciones (IT)                      3 % (No varía)
- Impuesto al Valor Agregado (IVA)                      13 %

*d) Descripción de impuestos de ley*

*d.1) influencia del I.V.A.*

Ya que nos encontramos en una zona del país que cuenta con zona franca, se está libre de pagos de impuestos al valor agregado.

Por tanto no se toma en cuenta en la aplicación para el cálculo de precio unitario del proyecto

*d.2) influencia del I.T.*

Datos:

A = Costo de Precios Unitarios (CUP)

B = Impuesto a las Transacciones (I.T.)

C = Precio Unitario Total (PUT)

- $PUT = CUP + I.T.$
- $I.T. = 0.03 * PUT$

Reemplazando b) en a):

$$PUT = CPU + 0.03 * PTU$$

Despejando CUP:

$$\text{CUP} = 0.97 * \text{PTU} \quad (\text{CUP} = 100\%)$$

$$100 = 0.97 * \text{PTU}$$

Despejando PTU:

$$\text{PTU} = 100/0.97$$

$$\text{I.T.} = 0.03 * 103.093$$

**INCIDENCIA I.T. = 3.09%**

En el anexo de precios unitarios a se adjunta el análisis de precios unitarios de todos los ítem del proyecto.

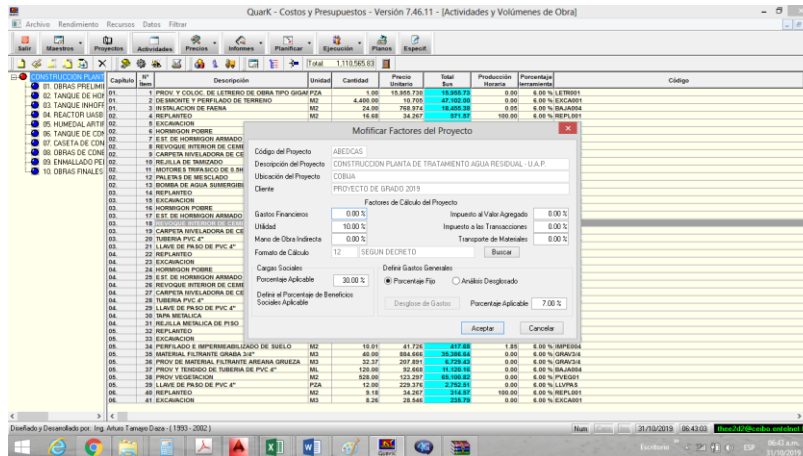


Imagen 8. Software, *Quart Costos y Presupuestos*.

#### 5.1.4. Especificaciones técnicas de la obra.

Las Especificaciones Técnicas tienen como fin servir de apoyo dentro del proceso de construcción que se debe llevar a cabo en toda obra, que indican y sugieren como deben seguirse los lineamientos y parámetros para la ejecución de cada una de las actividades que conllevan a la construcción de una obra específica.

En ellas se encontrarán los requisitos mínimos que se deben tener en cuenta, así como la descripción, materiales a utilizar por cada una de las actividades y la unidad y forma de pago.

Está estructurado de la siguiente manera.

- Definición de la actividad
- Tipo de Materiales, Herramientas y Equipo
- Procedimiento para la ejecución
- Medición
- Forma de pago

Las especificaciones técnicas de las obras a implementarse con el proyecto se presentan en el Anexo E.

#### **5.1.5. Presupuesto general del proyecto.**

Realizados cada uno de los pasos identificados para la elaboración de la propuesta de inversión, se logra estimar el costo total en Bolivianos para la ejecución del proyecto, donde se desglosa en diez módulos con sus respectivos ítems y presupuesto.

A continuación se detalla el presupuesto por módulos para una mejor comprensión del costo total de la planta de tratamiento.

<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>		
<b>PROYECTO: CONSTRUCCION PLANTA DE TRATAMIENTO</b>		
<b>AGUA RESIDUAL HOSPITALARIA - U.A.P.</b>		
<b>Moneda: BOLIVIANOS</b>		
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
01.	OBRAS PRELIMINARES	81.513,11
02.	TANQUE DE HOMOGENIZACION	85.444,40
03.	TANQUE INHOFF - SEDIMENTADOR	202.423,43
04.	REACTOR UASB	66.130,09
05.	HUMEDAL ARTIFICIAL	149.849,38
06.	TANQUE DE CONTACTO	20.808,21
07.	CASETA DE CONTROL Y MAQUINAS	95.673,88
08.	OBRAS DE CONECCION	29.895,51
09.	ENMALLADO PERIMETRAL	369.632,18
10.	OBRAS FINALES	9.195,66
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>1.110.565,85</b>

Son: “Un Millón Ciento diez mil Quinientos Sesenta y Cinco 85/100 Bolivianos”

Fuente: Elaboración propia

Conocido el monto total del presupuesto, se puede decir que el costo para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria para la Hospital

Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando es factible para su implementación.

## **5.2. PARÁMETROS PARA LA OBTENCIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL.**

### *a) Resumen Ejecutivo.*

En la actualidad todas las actividades obras o proyectos AOP, asentadas en el estado plurinacional de Bolivia, tienen la obligación de cumplir la ley de medio ambiente 1333, implementando medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales resultantes de la ejecución de los mismos.

En el Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA), es de carácter obligatorio para todas las AOP, públicas o privadas así como programas y planes con carácter previo a su fase de inversión, la identificación de impactos ambientales.

En base al proceso de mejoramiento de la calidad de formación profesional en las distintas Áreas por parte de la Universidad Amazónica de Pando y promover la enseñanza aprendizaje para la población universitaria y aún más para la carrera de ingeniería civil en particular. Existe la necesidad de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalario.

### *b) Ubicación Del Proyecto.*

El proyecto está ubicado en el Departamento de Pando, Provincia Nicolás Suarez, Municipio de Cobija, Zona de Casiques, entre las coordenadas geográficas: Coordenadas UTM Universal Transversal Mercator E 526905.98 y N 8781987.46, Zona 19.

### *c) Justificación.*

La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, se encuentra justificada en el Plan de Desarrollo Departamental y el Reglamento en materia de contaminación Hídrica en donde se da prioridad al impulso de proteger al medio ambiente y los recursos naturales principalmente a los cuerpos de agua en relación a las descargas de

aguas residuales domesticas e industriales que reciben muchos afluentes, por otra parte contribuir en la calidad de vida del Municipio.

Al ser un proyecto que es demandado por la sociedad, principalmente para evitar la contaminación de cuerpos de agua y la degradación de los recursos naturales asociados a estos sistemas.

Con la finalidad de atender a esta necesidad se ha considerado realizar el proyecto en un predio que se localiza dentro la universidad Amazónica de Pando, cabe señalar que se trata de un área en la cual ha sido modificada anteriormente en cuanto a las condiciones de vegetación original, este proyecto permitirá la prevención de contaminación, recuperación y saneamiento de los cuerpos de agua próximos al área de emplazamiento del proyecto.

Al haber toda una red de servicios de infraestructura sanitaria, la contaminación de los cuerpos de agua por descargas de aguas residuales, disminuiría y beneficia a la población del municipio.

*d) Instituciones Involucradas*

**Entidad Gestora:** Universidad Amazónica de Pando.

*e) Objetivos*

**5.2.1. Objetivo general.**

Diseñar y construir la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Hospitalaria para el Hospital Universitario y Clínica Odontológica de la Universidad Amazónica de Pando

*f) Características Técnicas Del Proyecto*

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los ítems para el que está diseñado este proyecto.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
------	-------------

---

**01. OBRAS PRELIMINARES**

---

- 1 PROV. Y COLOC. DE LETRERO DE OBRA TIPO GIGANTOGRAFIA
  - 2 DESMONTE Y PERFILADO DE TERRENO
  - 3 INSTALACION DE FAENA
- 

**02. TANQUE DE HOMOGENIZACION**

---

- 4 REPLANTEO
  - 5 EXCAVACION
  - 6 HORMIGON POBRE
  - 7 EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL
  - 8 REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER
  - 9 CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER
  - 10 REJILLA DE TAMIZADO
  - 11 MOTORES TRIFASICO DE 0.5HP
  - 12 PALETAS DE MESCLADO
  - 13 BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE
- 

**03. TANQUE INHOFF – SEDIMENTADOR**

---

- 14 REPLANTEO
  - 15 EXCAVACION
  - 16 HORMIGON POBRE
  - 17 EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL
  - 18 REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER
  - 19 CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER
  - 20 TUBERIA PVC 4"
  - 21 LLAVE DE PASO DE PVC 4"
- 

**04. REACTOR UASB**

---

- 22 REPLANTEO
  - 23 EXCAVACION
  - 24 HORMIGON POBRE
  - 25 EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL
  - 26 REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER
  - 27 CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER
  - 28 TUBERIA PVC 4"
  - 29 LLAVE DE PASO DE PVC 4"
  - 30 TAPA METALICA
  - 31 REJILLA METALICA DE PISO
- 

**05. HUMEDAL ARTIFICIAL**

---

- 32 REPLANTEO
- 33 EXCAVACION
- 34 PERFILADO E IMPERMEABILIZADO DE SUELO
- 35 MATERIAL FILTRANTE GRABA 3/4"

36	PROV DE MATERIAL FILTRANTE AREANA GRUEZA
37	PROV Y TENDIDO DE TUBERIA DE PVC 4"
38	PROV VEGETACION
39	LLAVE DE PASO DE PVC 4"
<b>06.</b>	<b>TANQUE DE CONTACTO</b>
40	REPLANTEO
41	EXCAVACION
42	HORMIGON POBRE
43	EST. DE HORMIGON ARMADO ESPECIAL
44	REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO INC IMPER
45	CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO INC IMPER
46	PLANCHA METALICAS
47	LLAVE DE PASO DE PVC 4"
<b>07.</b>	<b>CASETA DE CONTROL Y MAQUINAS</b>
48	REPLANTEO
49	EXCAVACION
50	RELLENO Y COMPACTADO
51	CIMIENTO DE LADRILLO DE 6H
52	VIGAS DE H°A°
53	IMPERMEABILIZACION DE SOBRECIMENTOS
54	CUBIERTA DE CALAMINA ONDULADA N°28 INC ESTR MET
55	CUMBRERA DE CALAMINA PLANA N°28
56	MURO DE LADRILLO VISTO UNA CARA DE 6H E=15CM
57	REVOQUE INTERIOR DE CEMENTO
58	CONTRAPISO DE H°S° E=5CM
59	CARPETA NIVELADORA DE CEMENTO
60	PISO DE CERAMICA ESMALTADA
61	PUERTA DE MADERA INC/MARCO Y CHAPA
62	VENTANAS DE VIDRIO 6MM INC MARCO ALUM
63	ACOMETIDA TRIFASICA
64	PROV. E INST. DE TABLERO DE DISTRIBUCION TD
65	PROV. E INST. DE LUMINARIA LED 18W
66	PROV. E INST. DE TOMACORRIENTE DOBLE
<b>08.</b>	<b>OBRAS DE CONECCION</b>
67	EXCAVACION
68	RELLENO Y COMPACTADO
69	RELLENO CAMA DE ARENA E=5 CM
70	CAMARA DE INSPECCION 80X80 CM
71	TUBERIA PVC 6"
<b>09.</b>	<b>ENMALLADO PERIMETRAL</b>
72	REPLANTEO

73	EXCAVACION
74	RELLENO Y COMPACTADO
75	CIMIENTO DE LADRILLO DE 6H
76	VIGAS DE H°A°
77	POSTES DE FG 2.1/2" CH16 H=3M
78	MALLA OLIMPICA
<hr/>	
<b>10.</b>	<b>OBRAS FINALES</b>
<hr/>	
79	LIMPIEZA GENERAL
80	PLACA RECORDATORIA
<hr/>	

*g) Memoria descriptiva de las actividades del proyecto.*

### **5.2.2. Etapa De Ejecución.**

Comprende las Actividades de:

- Obras preliminares y complementarias
- Tanque de Homogenización
- Tanque Inhoff - Sedimentador
- Reactor UASB
- Humedal Artificial
- Tanque de Contacto
- Caseta de control y maquinas
- Obras de conexión
- Enmallado perimetral
- Obras finales

### **5.2.3. Etapa De Operación.**

**Funcionamiento de Infraestructura:** La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, en la fase de operación, se constituirá como infraestructura con todas sus capacidades y condiciones, para brindar la atención adecuada de la población universitaria, y del municipio.

#### **5.2.4. Etapa De Mantenimiento.**

**Mantenimiento Preventivo y Correctivo:** Mantenimiento de la infraestructura, que comprende la verificación de las condiciones y/o estado de funcionamiento; para posteriormente realizar las acciones preventivas correspondientes de pintado, limpieza y arreglos menores y/o refacciones.

Asistencia de redes del suministro de agua potable y alcantarillado; así como del sistema eléctrico y de iluminación.

Reposición de estructuras en mal estado, por un incidente y/o accidente o porque cumplieron su tiempo de vida útil.

#### **5.2.5. Etapa de futuro inducido.**

**Mayor demanda de Obras:** Con la implementación del proyecto posteriormente se requerirá de mayor inversión en obras públicas.

*a) Justificaciones a las restricciones de los listados de categorización.*

- El proyecto se sitúa entre las AOPs cuyos impactos son conocidos y son de baja magnitud, de todos los aspectos a considerar, son:
- La AOP no se localiza en ninguna tierra comunitaria de origen ni en un área protegida.
- La AOP no interferirá ningún área natural de manejo forestal.
- La AOP no considera apertura de vías.
- La AOP no considera instalación de Campamentos

*b) Nivel de categorización del proyecto según la lista.*

POR TODAS ESTAS JUSTIFICACIONES Y SEGÚN EL LISTADO DE CATEGORIZACION AMBIENTAL CONSIDERAMOS QUE LA CATEGORIA DE LA PRESENTE AOP ES **CATEGORIA 3**

### **5.3. MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIA, PTARH.**

El Manual de Operación y Mantenimiento del Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, presenta los procedimientos esenciales para operar y mantener las siguientes unidades de tratamiento de aguas residuales como: canal de entrada y rejilla de tamizado, tanque de homogenización, tanque Imhoff, reactor UASB, humedal artificial y tanque de contacto, este documento está destinado al responsable y operador del servicio; como documento técnico y como guía para la capacitación en operación y mantenimiento de plantas de tratamiento, ver anexo G.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

- La caracterización de las aguas residuales de origen hospitalario muestra una gran concentración en los siguientes parámetros, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos (SS) y coliformes termo tolerante (Ct), no estando dentro de los límites permisibles para la descarga de líquido en un cuerpo de agua, normado por el Reglamento Ambiental del Sector Industrial y Manufacturero (RASIM, 2002), anexo 13-C.
- El levantamiento topográfico en la zona del proyecto logra identificar las curvas de nivel del predio Campus San Pedro de la Universidad Amazónica de Pando, en una extensión de 27 hectáreas, las cuales son favorables para el emplazamiento del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria, que ocupara aproximadamente 5.000 m<sup>2</sup>.
- Para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias, se ha diseñado el flujo de la planta de tratamiento iniciando con un pre tratamiento donde se contempla: canal de entrada, rejillas fina y un tanque de Homogenización de caudal con una capacidad de 31 m<sup>3</sup>; en el tratamiento primario se contempló un tanque Imhoff como sedimentador con una capacidad de 16 m<sup>3</sup>; un tratamiento secundario mediante un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (UASB) con una capacidad de 33 m<sup>3</sup>, tratamiento terciario mediante un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial con un área de 350 m<sup>2</sup> y como proceso final para la desinfección por medio de la cloración se optó por un tanque de contacto con una capacidad de 3 m<sup>3</sup> y una dosis aproximada de 2,6 mg/l de Cloro. Donde se pretende reducir cada uno de los parámetros de calidad del agua residual hospitalaria, reflejándolos en el siguiente cuadro.

*Resultados obtenidos del diseño de la planta de tratamiento*

<b>Parámetros</b>				
<b>Procesos</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l)</b>	<b>DQO (mg/l)</b>	<b>SS (mg/l)</b>	<b>Coliformes (UFC/100 ml)</b>
<b>Concentración Afluente</b>	<b>362,00</b>	<b>534,00</b>	<b>236,00</b>	<b>7,5x10<sup>6</sup></b>
Eficiencia Tanque Imhoff	33%	-	51%	-
<b>Efluente</b>	<b>240</b>	<b>-</b>	<b>113</b>	<b>-</b>
Eficiencia Reactor UASB	71%	63%	72%	-
<b>Efluente</b>	<b>68</b>	<b>193</b>	<b>28</b>	<b>-</b>
Eficiencia HAFS	40%	30%	-	30%
<b>Efluente</b>	<b>40</b>	<b>135</b>	<b>-</b>	<b>5,25x10<sup>6</sup></b>
Desinfección (Cloración)	-	-	-	99,99%
<b>Efluente</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1000</b>
<b>Efluente final</b>	<b>40</b>	<b>135</b>	<b>28</b>	<b>1000</b>

- De acuerdo al diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria del Hospital y Clínica Odontológica de Universidad Amazónica de Pando se ha logrado realizar la propuesta de inversión para la ejecución del proyecto con un monto de Bs. 1.110.565,85 (Un millón Ciento diez mil Quinientos sesenta y cinco 85/100 Bolivianos).
- Para poder lograr la ejecución del proyecto se realizaron los pasos para la obtención de la categorización y cumplimiento de normativa vigente de la Ley 1333 de Medio Ambiente, y así lograr dar viabilidad a la ejecución de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales Hospitalaria, la cual se encuentra en la CATEGORÍA 3 de Actividades de Obras o Proyectos.
- Se elaboró un manual de operación y mantenimiento básico para la puesta en marcha de la planta de tratamiento, mismo que servirá de herramienta al personal responsable de la puesta en marcha y coadyuvar en la eficiencia requerida para la reducción de los parámetros considerados en la caracterización del agua residual en el presente proyecto.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un monitoreo de caracterización constantes del afluente y efluente en cada uno de los procesos de tratamiento, y así cumplir con los límites permisibles para la evacuación del efluente de la planta de tratamiento de acuerdo a norma RASIM, anexo 13-C.
- Se recomienda para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalarias, deba regirse de acuerdo a los cálculos de diseños y los planos de construcción.
- Se recomienda la participación de un ingeniero civil en la mención de ingeniería sanitaria y conocimiento técnico en gestión ambiental, como responsable para el funcionamiento en la planta de tratamiento.
- Se recomienda realizar un ajuste en el presupuesto para la construcción de la planta de tratamiento, si para la ejecución del proyecto transcurre un lapso de tiempo mayor a 2 años.
- Se recomienda la implementación futura de un Humedal Artificial adicional al proceso de tratamiento de aguas residuales, como soporte para el mantenimiento del Humedal Artificial diseñado.
- Una vez ejecutado el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales hospitalaria se recomienda considerar el uso del Manual de Puesta en Marcha, Operación y Mantenimiento, para garantizar un buen funcionamiento de la planta de tratamiento.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Arias C. A. V. y Escudero A. de F. (2011). *Estudio preliminar de la presencia de compuestos emergentes en las aguas residuales del Hospital Universidad del Norte*. Recuperado de <http://www.redisa.net/doc/artSim2011/ImpactoYRiesgoAmbiental/Estudio>.
- BQF. León Mónica C. L. (2015). *Caracterización Físicoquímico, Biológica y Ecológica del agua residual de un hospital de la ciudad de la Cuenca*. (Maestría en toxicología Industrial y Ambiental). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Caicedo M. F. J. (2006). *Diseño, Construcción Y Arranque De Un Reactor U.A.S.B. Piloto Para El Tratamiento De Lixiviados* (Proyecto de Grado). Universidad Nacional de Colombia. Manizales, Colombia.
- Castañeda, Aldo A. V. Flores, Hugo E. L. y Sahagún, Rene M (Sin Fecha). *Comparación de tres modelos para el diseño de un humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales de poblaciones rurales en Los Altos de Jalisco*. Centro Universitario de los Altos. Universidad de Guadalajara. México. Recuperado de [http://www.cutonala.udg.mx/sites/default/files/aldo\\_antonio\\_castaneda\\_villanueva\\_comparacion\\_de\\_tres\\_modelos\\_para\\_el\\_diseño\\_de\\_un\\_humedal\\_artificial\\_.pdf](http://www.cutonala.udg.mx/sites/default/files/aldo_antonio_castaneda_villanueva_comparacion_de_tres_modelos_para_el_diseño_de_un_humedal_artificial_.pdf).
- Centro de escritura Javeriana. (2019). *Normas APA. Sexta edición*. Cali, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, seccional Cali.
- Congreso Nacional de Bolivia (2008). *Nueva Constitución política del estado*. La Paz, Bolivia: Congreso Nacional de Bolivia.
- Chauca, Julia D. A. (2017). Remoción de coliformes totales, fecales y DBO empleando el humedal de flujo vertical con la especie equisetum bogotense (cola de caballo), a escala piloto, en Tuyu Ruri – marcara. Huaraz – Ancash – Perú.
- Da Silva, Livia C. L. (2011). *Aproveitamento energético de biogás gerado em reatores uasb tratando esgoto doméstico*. Belo Horizonte – Brasil.

- Delgadillo O., Camacho A., Pérez L. F. y Andrade M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba – Bolivia.
- Díaz, Nidia, (2016). *Manual de operación, mantenimiento y limpieza planta de tratamiento aguas residuales*. (Tesis). HS&E.
- Dirección de Medio Ambiente, Gobierno Autónomo Departamental de Pando.
- Egueta, H. (2014). *El tratamiento de aguas residuales hospitalarias*. Revista (62) recuperado de [revistapyc.com/Artículos/Grupo62/ART-62-G.pdf](http://revistapyc.com/Artículos/Grupo62/ART-62-G.pdf).
- Fuentes, T. R. E., Melgar, R. E. E. y Pineda, G. L. A. (2011). *Propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Jocoro*, Departamento de Morazán. (Proyecto de Grado). Universidad de Oriente. San Miguel. El Salvador.
- Gerencia Técnica (2018), Empresa Pública Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Municipal Cobija.
- Gil, M. (2012). *Contaminantes emergentes en aguas, efectos y...* artículo vol. 7. (52-73) recuperado de [www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf)
- Honorable Congreso Nacional (1992). Ley N° 1333, *Ley del Medio Ambiente, Edición Actualizada 2014*: Honorable congreso nacional de Bolivia.
- <http://www.iagua.es/blogs/alma-migens/almaps-las-5-estaciones-depuradoras-mas-grandes-del-mundo>.
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Aguas\\_residuales](https://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales)
- <http://www.senamhi.gob.bo/>
- Informe 2015 del PCM sobre el *acceso a agua potable y saneamiento*, datos esenciales, OMS.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen 2*. Madrid, España: McGraw-Hill Internacional, S.A.

- Ministerio del agua, Viceministerio de servicio básico. (2007). *Manual de operaciones y mantenimiento de sistema de tratamiento de aguas residuales en poblaciones rurales*. La paz, Bolivia.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua, (1994 y 2011). *Reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias*. La Paz, Bolivia: Ministerio de medio ambiente y agua.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua, (2018). *Reglamento de Prevención y Control Ambiental – RPCA*, Decreto Supremo N° 3549, de 2 de mayo de 2018. Bolivia.
- Ministerio de Fomento. (2013). *Centro de estudios y experimentación de Obras Públicas (CEDEX)*, España.
- Noyola, A. Morgan-Sagastume, J. M. Guereca, L. P. (2013). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. México.
- ONU AGUA (2015). *Un objetivo global para el agua post*. Artículo 7. Recuperado de [https://www.un.org/.../pdf/findings\\_and\\_recommendations\\_post2015\\_goal\\_water\\_spa](https://www.un.org/.../pdf/findings_and_recommendations_post2015_goal_water_spa).
- Romero, J. A. R. (2010). *Tratamientos de aguas residuales, Teorías principios y diseño*, Bogotá, Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, M. Alicia del R. C. (2000). *Manual de operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas*. XXII Congreso de Centroamérica y panamá, de ingeniería sanitaria y ambiental “Superación Sanitaria Y Ambiental: El Reto”. Quezaltepeque, La Libertad. El Salvador.
- Ramos, A. C. (Noviembre de 2008). *Aguas residuales generadas en hospitales*. (Vol. XXIX, No. 2). 2008. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.
- Tchobanoglous, G. (2009). *Tratamientos de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Santafé de Bogotá, Colombia. McGraw-Hill Internacional, S.A.

# **ANEXOS**

**ANEXO “A”**

**CARACTERIZACION DEL**

**AGUA RESIDUAL**

**HOSPITALARIA**

## TRABAJO DE CAMPO

Toma de muestras de las aguas residuales, del HOSPITAL ROBERTO GALINDO, como punto de referencia para la caracterización de las aguas residuales hospitalarias. En fecha 18 de abril del 2018 se procedió a realizar la toma de muestras, realizándola de forma compuesta para poder obtener datos más precisos, realizando la toma de muestras cada hora, por un periodo de 8 horas.

Se identificó dos puntos de referencia para el muestreo:

- Punto 1. Ultima cámara de inspección antes de conectar al sistema de alcantarillado sanitario municipal, aguas procedentes de las salas de quirófanos, maternidad.



- Punto 2. Ultima cámara de inspección antes de conectar al sistema séptico del propio recinto, procedente de salas de medicina interna, laboratorio.



Obteniendo datos para ser proporcionados al *Laboratorio Regional De Control Y Calidad Aguas, Centro De Aguas Y Saneamiento Ambiental, Facultad De Ciencias Y Tecnología, Universidad Mayor De San Simón*, en la ciudad de Cochabamba.

## Resultados de laboratorio.



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

**CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**



LABORATORIO REGIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS  
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL  
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUÍMICO MATRIZ AGUA RESIDUAL

NUMERO DE REGISTRO: 48849-SC-37901  
NUMERO DE MUESTRA: 484/18

PRESTATARIO : ABEG NEGO CASTRO SALVATIERRA  
DIRECCIÓN - TELEFONO : COBIJA - 72938505

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
DEPARTAMENTO : PANDO  
PROVINCIA : NICOLAS SUAREZ  
LOCALIDAD : COBIJA  
TIPO DE FUENTE : RIL  
PUNTO DE MUESTREO : ULTIMA CAMARA DE INSPECCION ANTES DE CONECTARSE AL TANQUE SEPTICO  
LUGAR DE MUESTREO : LADO POSTERIOR DEL HOSPITAL - SALAS DE MEDICINA INTERNA Y OTRAS  
PRESERVADA : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
TIPO DE ENSAYO : COMPUESTO CADA HORA POR 8 Hrs.  
MUESTREADOR : CLIENTE

EL LABORATORIO NO SE RESPONSABILIZA POR LOS DATOS OBTENIDOS

FECHA DE MUESTREO	:	18/04/18	HORA DE MUESTREO	:	08:00 - 15:07
FECHA INGRESO LAB.	:	19/04/18	HORA INGRESO LAB.	:	18:00
FECHA DE ENSAYO	:	19/04/18	HORA ENSAYO	:	10:30
FECHA CONTROL	:	18/05/18	HORA CONTROL	:	18:00

### RESULTADOS

#### ANALISIS FISICOQUIMICO

PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA, WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
	4500-HB	ELECTROQUÍMICO	0,10	-	8,58	6 a 9
PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA, WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
COBRE	3500-Cu B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgCu/L	17,90	1000
ZINC	3500-Zn B	A. A. LLAMA	0,02	mgZn/L	0,21	3
PLOMO	3500-Pb B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgPb/L	0,48	600
CADMIO	3500-Cd B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgCd/L	<0,02	300
CROMO TOTAL	3500-Cr B	A. A. LLAMA	0,02	mgCr/L	<0,02	1
HIERRO	3500-Fe B	A. A. LLAMA	0,02	mgFe/L	2,13	1
ANTIMONIO	3500-Sb B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgSb/L	<0,02	1000
SÓLIDOS TOTALES	2540 B	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	762,00	-
SÓLIDOS DISUELTOS	2540 C	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	526,00	-
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	2540 D	CALCULO	0,001	mg/L	236,00	60
GRASAS Y ACEITES	5520 D	EXTRACCION SOXHLET	2	mg/L	50	10
D.B.O <sub>5</sub>	5210 B	DILUCION - WINKLER	2	mgO <sub>2</sub> /L	225	80
D.Q.O.	5220 B	OXIDACION CON DICROMATO	2	mgO <sub>2</sub> /L	351	250
NITROGENO AMONICAL	4500-NH <sub>3</sub> D	ION SELECTIVO	0,10	mgN-NH <sub>3</sub> /L	<0,10	4

#### ANALISIS DE RESULTADOS

La muestra de agua residual analizada, supera en sólidos suspendidos, grasas aceites, DBO<sub>5</sub> y DQO respecto a los límites máximos permisibles del Anexo 13 C del Rasim, para descargas líquidas.

Cochabamba, 18 de mayo del 2018

Lic. MSc. Rosario Montaño M.

RESPONSABLE LABORATORIOS CASA.

Lic. M.Cs. Ana María Romero J.

DIRECTORA

CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

2 de 2

**Agua es salud, ahorre y cuide su calidad**

Calle Sucre frente al Parque La Torre , Telf. 4250660- 4549227, Fax 4229480, Cochabamba-Bolivia, email:aguas@fct.umss.edu.bo  
Pagina web: <http://casa.fct.umss.edu.bo>, Casilla 5783



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

LABORATORIO REGIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS  
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL  
REPORTE DE ENSAYO FISICOQUIMICO MATRIZ AGUA RESIDUAL

NUMERO DE REGISTRO:48848-SC-37900  
NUMERO DE MUESTRA:483/18

PRESTATARIO : ABEG NEGO CASTRO SALVATIERRA  
DIRECCIÓN - TELEFONO : COBIJA - 72938505

DATOS DE LA MUESTRA:

DEPARTAMENTO : PANDO  
PROVINCIA : NICOLAS SUAREZ  
LOCALIDAD : COBIJA  
TIPO DE FUENTE : RIL  
PUNTO DE MUESTREO : ULTIMA CAMARA DE INSPECCION ANTES DE CONECTARSE AL ALCANTARILLADO  
LUGAR DE MUESTREO : LADO POSTERIOR DEL HOSPITAL- SALAS DE MATERNIDAD, QUIRURGICAS Y OTRAS  
PRESERVADA : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
TIPO DE ENSAYO : COMPUESTO CADA HORA POR 8 Hrs.  
MUESTREADOR : CLIENTE

EL LABORATORIO NO SE RESPONSABILIZA POR LOS DATOS OBTENIDOS

FECHA DE MUESTREO : 18/04/18 HORA DE MUESTREO :08:05-15:00  
FECHA INGRESO LAB. : 19/04/18 HORA INGRESO LAB. :18:00  
FECHA DE ENSAYO. : 19/04/18 HORA ENSAYO :10:30  
FECHA CONTROL : 18/05/18 HORA CONTROL :16:30

RESULTADOS

ANALISIS FISICOQUIMICO

PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
DB5	4500-HB	ELECTROQUIMICO	0,10	-	7,92	6 a 9

PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
COBRE	3500-Cu B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgCu/L	13,30	1000
ZINC	3500-Zn B	A. A. LLAMA	0,02	mgZn/L	0,18	3
PLOMO	3500-Pb B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgPb/L	0,56	600
CADMIO	3500-Cd B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgCd/L	<0,02	300
CROMO TOTAL	3500-Cr B	A. A. LLAMA	0,02	mgCr/L	<0,02	1
HIERRO	3500-Fe B	A. A. LLAMA	0,02	mgFe/L	1,08	1
ANTIMONIO	3500-Sb B	A. A. HORNO DE GRAFITO	0,02	µgSb/L	<0,02	1000
SÓLIDOS TOTALES	2540 B	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	1564,00	-
SÓLIDOS DISUELTOS	2540 C	GRAVIMETRICO 105°C	0,001	mg/L	1396,00	-
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	2540 D	CALCULO	0,001	mg/L	218,00	60
GRASAS Y ACEITES	5520 D	EXTRACCION SOXHLET	2	mg/L	49	10
D.B.O <sub>5</sub>	5210 B	DILUCION - WINKLER	2	mgO <sub>2</sub> /L	362	80
D.Q.O.	5220 B	OXIDACION CON DICROMATO	2	mgO <sub>2</sub> /L	534	250
NITROGENO AMONIAICAL	4500-NH <sub>3</sub> D	ION SELECTIVO	0,10	mgN-NH <sub>3</sub> /L	<0,10	4

ANALISIS DE RESULTADOS

La muestra de agua residual analizada, supera en sólidos suspendidos, grasas aceites, DBO<sub>5</sub> y DQO respecto a los límites máximos permisibles del Anexo 13 C del Rasim, para descargas líquidas.

Cochabamba, 18 de mayo del 2018

Lic. MSc. Rosario Montaña Mérida  
RESPONSABLE LABORATORIOS CASA.

Lic. M.Cs. Ana María Romero J.  
DIRECTORA  
CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

1 de 2

Agua es salud, ahorre y cuide su calidad

Calle Sucre frente al Parque La Torre , Telf. 4250660, 4549227, Fax 4229480, Cochabamba-Bolivia, email:aguas@fcyt.umss.edu.bo  
Pagina web: http://casa.fcyt.umss.edu.bo, Casilla 5783



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**



**CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**LABORATORIO REGIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS**  
**LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL**  
**REPORTE DE ENSAYO FISICOQUÍMICO y MICROBIOLÓGICO MATRIZ AGUA RESIDUAL**

NUMERO DE REGISTRO:48166-SC-37835  
 NUMERO DE MUESTRA:401/18

**PRESTATARIO :** ABEGNEGO CASTRO SALVATIERRA  
**DIRECCIÓN - TELEFONO :** 72938505

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
 DEPARTAMENTO : PANDO  
 PROVINCIA : NICOLS SUAREZ  
 LOCALIDAD : COBIJA  
 TIPO DE FUENTE : RIL  
 PUNTO DE MUESTREO : CAMARA DE INSPECCION ANTES ALCANTARILLADO – DESCARGA DIRECTA  
 LUGAR DE MUESTREO : PARTE POSTERIOR HOSPITAL  
 PRESERVADA : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 APARIENCIA : CLARA  
 TIPO DE ENSAYO : ESPECIAL  
 MUESTREADOR : CLIENTE

EL LABORATORIO NO SE RESPONSABILIZA POR LOS DATOS OBTENIDOS

FECHA DE MUESTREO : 03/04/18 HORA DE MUESTREO :16:00  
 FECHA INGRESO LAB. : 04/04/18 HORA INGRESO LAB. :18:00  
 FECHA DE ENSAYO. : 04/04/18 HORA ENSAYO :18:00  
 FECHA CONTROL : 12/04/18 HORA CONTROL :18:00

**RESULTADOS**

**ANALISIS FISICOQUIMICO**

PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA, WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
SULFUROS	4500 S <sup>+</sup> F	TITULACION	0,06	mgS <sup>+</sup> /L	<0,06	2

**ANALISIS DE RESULTADOS.-** La muestra puntual de agua residual analizada, Cumple con el requisito establecido por el Anexo 13 C del RASIM para descargas líquidas.

**ANALISIS BACTERIOLOGICO**

FECHA DE CONTROL :09/04/18 HORA DE CONTROL :08:30

PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA, WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	CONCENTRACION UFC/100 mL	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
COLIFORMES TERMO TOLERANTES	9222-D	M.F.	0	7,5 x 10 <sup>6</sup>	1000

UFC = Unidad formadora de Colonias M.F. = Membrana Filtrante

**ANALISIS DE RESULTADOS**

La muestra puntual de agua residual analizada, no cumple con el requisito establecido por el RASIM para el parámetro de coliformes termotolerantes en descargas líquidas

Cochabamba, 12 de abril del 2018

Lic. MSc. Rosario Montaña Mérida  
**RESPONSABLE LABORATORIOS CASA.**

Lic. M.Cs. Ana María Romero J.  
**DIRECTORA**

**CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

1 de 2

**Agua es salud, ahorre y cuide su calidad**

Calle Sucre frente al Parque La Torre, Telf. 4250660, 4549227, Fax 4229480, Cochabamba-Bolivia, email: aguas@fcyt.umss.edu.bo  
 Pagina web: http://casa.fcyt.umss.edu.bo Casilla 5783

Ciencia y Conocimiento DESDE 1832



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

LABORATORIO REGIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS  
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL  
REPORTE DE ENSAYO FISCOQUÍMICO y MICROBIOLÓGICO MATRIZ AGUA RESIDUAL

NUMERO DE REGISTRO:48167-SC-37836  
NUMERO DE MUESTRA:402/18

PRESTATARIO : ABEGNEGO CASTRO SALVATIERRA  
DIRECCIÓN - TELEFONO : 72938505

**DATOS DE LA MUESTRA:**  
DEPARTAMENTO : PANDO  
PROVINCIA : NICOLS SUAREZ  
LOCALIDAD : COBIJA  
TIPO DE FUENTE : RIL  
PUNTO DE MUESTREO : CAMARA DE INSPECCION ANTES ALCANTARILLADO - DESCARGA DIRECTA  
LUGAR DE MUESTREO : PARTE SECTOR MEDICINA INTERNA  
PRESERVADA : MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
APARIENCIA : CLARA  
TIPO DE ENSAYO : ESPECIAL  
MUESTREADOR : CLIENTE

EL LABORATORIO NO SE RESPONSABILIZA POR LOS DATOS OBTENIDOS

FECHA DE MUESTREO : 03/04/18 HORA DE MUESTREO :16:15  
FECHA INGRESO LAB. : 04/04/18 HORA INGRESO LAB. :18:00  
FECHA DE ENSAYO. : 04/04/18 HORA ENSAYO :18:15  
FECHA CONTROL : 12/04/18 HORA CONTROL :18:00

**RESULTADOS**

**ANALISIS FISICOQUIMICO**

PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	UNIDADES	CONCENTRACION	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
SULFUROS	4500 S° F	TITULACION	0,06	mgS°/L	<0,06	2

ANALISIS DE RESULTADOS.- La muestra puntual de agua residual analizada, Cumple con el requisito establecido por el Anexo 13 C del RASIM para descargas líquidas.

**ANALISIS BACTERIOLOGICO**

FECHA DE CONTROL :09/04/18 HORA DE CONTROL :18:00

PARÁMETRO	METODO NORMALIZADO AWWA APHA,WEF	TECNICA	LIMITE DE DETECCION	CONCENTRACION UFC/100 mL	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13-C RASIM
COLIFORMES TERMO TOLERANTES	9222-D	M.F.	0	1,5 X 10 <sup>5</sup>	1000

UFC = Unidad formadora de Colonias M.F. = Membrana Filtrante

**ANALISIS DE RESULTADOS**

La muestra puntual de agua residual analizada, no cumple con el requisito establecido por el RASIM para el parámetro de coliformes termotolerantes en descargas líquidas

Cochabamba, 12 de abril del 2018

Lic. MSc. Rosario Montaño Mérida  
RESPONSABLE LABORATORIOS CASA.

Lic. M.Cs. Ana María Romero J.

DIRECTORA  
CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

2 de 2

**Agua es salud, ahorre y cuide su calidad**

Calle Sucre frente al Parque La Torre, Telf. 4250660, 4549227, Fax 4229480, Cochabamba-Bolivia, email: aguas@fcyt.umss.edu.bo  
Página web: http://www.fcyt.umss.edu.bo Casilla 5783

Ciencia y Conocimiento DESDE 1832

**ANEXO “B”**  
**TOPOGRAFIA**

**ANEXO “C”**  
**CALCULO CAUDAL**

**ANEXO “D”**  
**PLANOS**

# **PLANOS TOPOGRAFICOS**

**PLANOS DE PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUA  
RESIDUAL**

**ANEXO “E”**  
**PROPUESTA DE**  
**INVERSION**

**ANEXO “F”**  
**FICHA AMBIENTAL**

**ANEXO “G”**

**MANUAL DE OPERACIÓN  
Y MANTENIMIENTO**