

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE  
BIODISCOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA  
LOCALIDAD DE HUAYLLASPANCA - SAPALLANGA**

**Presentado por**

**Bach. GUTARRA COMUN, ROGERS HUGO**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo - Perú**

**2016**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE

---

JURADO

---

JURADO

---

JURADO

---

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE

PH. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED

**ASESOR**

### **Dedicatoria**

Esto va dedicado a Dios, a mi Madre y a todas aquellas personas que hicieron todo lo posible para realizar este trabajo; y que siempre me seguirán apoyando en mi vida profesional de ahora y futura.

*Rogers Hugo Gutarra Común*

### **Agradecimiento.**

- A Dios, porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar con las metas que me he propuesto
- A Evelin mi esposa, Mateo mi hijo los cuales son mi sustento y mi motivo para poder seguir esforzándome a diario para poder alcanzar mis objetivos.
- A mi madre Rosalia, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

*Rogers H. Gutarra Común*

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
INDICE DE CONTENIDOS.....	VI
INDICE DE CUADROS .....	IX
INDICE DE FIGURAS .....	X
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	XII
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	XV
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>18</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.2.1. <i>Problema General</i> .....	21
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i> .....	21
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.3.1. <i>Objetivo General</i> .....	21
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	21
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i> .....	22
1.4.2. <i>Justificación Legal</i> .....	22
1.4.3. <i>Justificación General</i> .....	22
1.4.4. <i>Justificación Metodológica</i> .....	23
1.5. LIMITACIONES.....	24
1.6. VIABILIDAD DEL ESTUDIO .....	24

<b>CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....</b>	<b>26</b>
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
2.2. BASES TEÓRICAS.....	29
2.2.1. <i>Biodiscos.</i> .....	29
2.2.2. <i>Fundamentos del proceso de Biodiscos.</i> .....	34
2.2.3. <i>Microbiología en los contactores biológicos rotatorios.</i> .....	40
2.2.4. <i>Criterios de Diseño de Biodiscos.</i> .....	43
2.2.5. <i>Breve descripción de otros sistemas de tratamiento</i> .....	48
2.2.6. <i>Los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles.</i> .....	56
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS UTILIZADOS. ....	62
2.4. HIPÓTESIS .....	64
2.4.1. <i>Hipótesis general:</i> .....	64
2.4.2. <i>Hipótesis Específicos:</i> .....	64
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>66</b>
3.1. VARIABLES.....	66
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	67
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	68
3.3.1. <i>Método de Investigación</i> .....	68
3.3.2. <i>Tipo de investigación</i> .....	68
3.3.3. <i>Lugar y periodo de investigación</i> .....	69
3.3.4. <i>Características de la investigación</i> .....	69
3.3.5. <i>Diseño del estudio</i> .....	69
3.3.6. <i>Población y muestra</i> .....	69
3.3.7. <i>Muestra de Estudio</i> .....	70
<b>CAPÍTULO IV: ANALISIS DEL PROCESO DE DISEÑO .....</b>	<b>72</b>
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN BAJO ESTUDIO.....	72
4.1.1. <i>Identificación de datos Necesarios.</i> .....	73

4.1.2. <i>Diseño de la primera alternativa de planta de tratamiento</i> .....	74
4.1.3. <i>Diseño de la segunda alternativa de planta de tratamiento</i> .....	76
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>86</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>87</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>89</b>



## INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01 –Parámetros de partidas para diseño de biodiscos.....	43
Cuadro N° 02 – ECA Y LMP.....	59
Cuadro N° 03 – Aguas y Usos.....	60
Cuadro N° 04 – LPM PTAR.....	62
Cuadro N° 05 – Operacionalización de Variable Dependiente.....	67
Cuadro N° 06 – Operacionalización de Variable Independiente.....	67
Cuadro N° 07 – Estrato de la muestra y población total .....	71
Cuadro N° 08 – Parámetros de Calidad del agua en el tanque Imhoff PTAR – 01.....	75
Cuadro N° 09 – Dimensiones calculados para el tanque Imhoff PTAR – 01.....	75
Cuadro N° 10 – Parámetros de Calidad del agua en el filtro PTAR – 01 .....	75
Cuadro N° 11 – Dimensiones calculadas del filtro Biológico PTAR – 01.....	76
Cuadro N° 12 - Parámetros de calidad del agua en la cámara de contacto PTAR – 01...76	
Cuadro N° 13 – Dimensiones calculadas de la cámara de contacto PTAR – 01.....	76
Cuadro N° 14 – Parámetros de calidad del agua en el tanque PTAR – 02.....	77
Cuadro N° 15 – Dimensiones calculadas para el tanque Imhoff PTAR - 02.....	77
Cuadro N° 16 – Parámetros de partida.....	77
Cuadro N° 17 – Coeficiente X.....	79
Cuadro N° 18 – Coeficiente Y.....	80
Cuadro N° 19 – Parámetros de calidad del agua en la cámara PTAR - 02.....	82
Cuadro N° 20 – Parámetros de calidad del agua en la cámara PTAR - 02.....	82
Cuadro N° 21 – Dimensiones de la cámara de contacto PTAR - 02.....	82
Cuadro N° 22 – Resumen del presupuesto propuesta N° 1 PTAR - 01.....	83
Cuadro N° 23 – Resumen del presupuesto propuesta N° 2 PTAR - 02.....	84

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01 – Buzones Instalados sin funcionamiento.....	18
Figura N° 02 – Buzones instalados sin funcionamiento.....	19
Figura N° 03 – Vista panorámica de la localidad de Huayllaspanca.....	20
Figura N° 04 – Biodiscos.....	29
Figura N° 05 – Placas de Contacto y Tanque Imhoff.....	30
Figura N° 06 – Sistema de CBR.....	32
Figura N° 07– Contactor Biológico rotatorio anaeróbico.....	33
Figura N° 08 – Tren de tratamiento convencional con CBR.....	35
Figura N° 09 – Funcionamiento de un biodisco.....	37
Figura N° 10 –Desarrollo de una película descrita en 5 fases.....	39
Figura N° 11 – Mecanismos y procesos involucrados en la conversión y transporte de sustratos en biopelículas.....	40
Figura N° 12 – Flujo paralelo al eje.....	44
Figura N° 13 – Flujo perpendicular.....	45
Figura N° 14 – Paso del caudal de alimentación.....	45
Figura N° 15 – Flujo de alimentación cónico paralelo al eje.....	45
Figura N° 16 – Esquema de un sistema biológico rotatorio de contacto.....	47
Figura N° 17 – Esquema de un sistema de tratamiento de lodos activos.....	50
Figura N° 18 – Esquema de un sistema fosa séptica.....	51
Figura N° 19 – Esquema de un sistema de tanque Imhoff.....	52
Figura N° 20 – Esquema de un sistema de laguna de oxidación.....	53
Figura N° 21 – Esquema de un sistema de Humedal Artificial.....	54
Figura N° 22 – Esquema de un sistema filtro percolador.....	55
Figura N° 23 – Esquema de la RED de alcantarillado.....	73

Figura N° 24 – Diseño de la RED de alcantarillado en Sewercad.....	73
Figura N° 25 – Dimensionamiento en función de la carga orgánica.....	78
Figura N° 26 – Dimensionamiento en función de la carga hidráulica.....	79
Figura N° 27 – Dimensiones de Biodiscos.....	80

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Bach. ROGERS HUGO GUTARRA COMUN, de la Universidad Peruana Los Andes, identificado con DNI N° 42985124, con la tesis titulada “DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIODISCOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUAYLLASPANCA-SAPALLANGA-HUANCAYO”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Peruana Los Andes.  
Huancayo, Abril del 2016.

Bach. ROGERS HUGO GUTARRA COMUN

DNI: 42985124

## RESUMEN

La presente tesis que se presenta a continuación comprende el diseño de dos plantas de tratamiento de agua residuales para la localidad de Huayllaspanca, las cuales comprenden: una PTAR-01 convencional con Tanque Imhoff, Filtro Biológico, Lecho de Secado y Cámara de Contacto, el diseño de PTAR-02 incluye un Tanque Imhoff, Biodisco, Lecho de Secado y Cámara de Contacto, de esta manera se busca poner énfasis en dos puntos importantes.

Se realiza la comparación entre las dos propuestas de PTAR, se verifica el ahorro de costos en la construcción, asimismo la eficiencia en los tratamientos esencialmente en la reducción de DBO por parte de los Biodiscos y la reducción de espacio para poder construir las PTAR ya que el municipio de Sapallanga no cuenta con muchos recursos ni terrenos para poder construir esta infraestructura.

El daño medioambiental que se origina por el vertido de aguas negras en el río, destruyendo el ecosistema, generando enfermedades diarreicas en niños, por lo cual se plantea el tratamiento de aguas servidas en beneficio de la localidad de Huayllaspanca.

### **Palabras claves:**

Planta de tratamiento, aguas residuales, biodiscos.

## **ABSTRACT**

This thesis presented below includes the design of two-treatment plants waste water to the town of Huayllaspanca, which comprise: a conventional WWTP-01 with Imhoff Tank, biofilter, Drying Bed and contact chamber, the WTP-02 design includes an Imhoff tank, biodisco, Drying Bed and contact chamber thus seeks to emphasize two important points.

Comparison between the two proposed WWTP is performed and cost savings in construction and space reduction is verified to construct the WWTP as the municipality of Sapallanga does not have many resources or land to build this infrastructure.

The environmental damage is caused by the dumping of sewage into the river , destroying the diarrheal diseases in children Generating , so the Sewage Treatment benefit of the location of Huayllaspanca planted ecosystem.

**Keywords:**

Treatment plant , sewage, biodiscs , irrigation .

## INTRODUCCIÓN

Señor presidente del jurado examinador y señores miembros del jurado, presento a vuestros ilustrados criterios, la tesis de investigación titulada: “DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIODISCOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUAYLLASPANCA-SAPALLANGA-HUANCAYO - 2016”, el cual se ha elaborado, según las normas emanadas por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

El agua residual que produce una localidad, procede esencialmente del agua suministrada después de haber sido contaminada por sus diversos usos. Con objeto de proteger el medio ambiente, evitando la contaminación, es necesario eliminar de esta agua residual, cierta cantidad, de ciertos elementos específicos en cada caso. Para poder aprovechar esta agua residual y darle diversos usos entre ellos el riego.

En la presente tesis se realiza el diseño de dos sistemas de tratamiento para las aguas residuales generadas por la localidad de Huayllspanca una primera planta convencional y otra con un sistema poco utilizado en el país Biodiscos. Se analizan diferentes sistemas existentes de tratamiento y se determina finalmente el tratamiento más apropiado a adoptar. El tratamiento debe cumplir los marcos legales y normas ambientales establecidas en el país.

El distrito de Sapallanga se encuentra ubicado al Norte de Huancayo, con una población de 13087 habitantes, el centro poblado de Huayllspanca con una población de 1326

habitantes, cuya principal actividad económica es la agricultura constituida por 80 Ha de terreno aprovechable con esta actividad, el centro poblado cuenta con una red de desagüe antigua, construida por FONCODES, la cual se encuentra inoperativa porque esta red no cuenta con una planta de tratamiento. Los pobladores de esta localidad hacen una inadecuada disposición de excretas, produciéndose en estos enfermedades a la piel, Edas etc. Tomando en consideración esas variables se propone el presente trabajo para el municipio, la propuesta consiste en realizar una red de desagüe nueva, además la cual tendrá una planta de tratamiento basado en biodiscos.

Para comprender el proceso de la investigación desarrollada en esta tesis se consideró conveniente distribuir en 4 capítulos de la siguiente manera:

El Capítulo I, sobre el planteamiento del problema, descripción de la realidad problemática, la formulación de problema, el objetivo general y específico, justificación de la investigación, limitaciones y culmina con la viabilidad del estudio.

El Capítulo II, sobre el marco teórico, antecedentes de la investigación, las bases teóricas, definiciones conceptuales, y culmina con la formulación de hipótesis, hipótesis general e hipótesis específicos.

El Capítulo III: Sobre la metodología de la investigación, diseño metodológico, población y muestra, Operacionalización de variables y técnicas de recolección de datos

El Capítulo IV: Sobre el presupuesto y el diseño de las alternativas, se detalla y analiza los costos y presupuestos de los componentes de ambas PTAR de acuerdo al diseño realizado, se analiza los resultados de la calidad del efluente vertido por ambas plantas diseñadas culminando esta investigación con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Asimismo espero que los resultados de la presente investigación ayuden a difundir el uso de Biodiscos en el tratamiento de aguas residuales y sea una opción para



considerarla en el diseño de plantas de tratamiento debido a su simplicidad y bajo costo. La correcta planificación y gestión adecuada de aguas residuales produce grandes beneficios para la población y medio ambiente.

En espera de su aprobación.

Rogers H. Gutarra Común

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.Descripción de la realidad problemática**

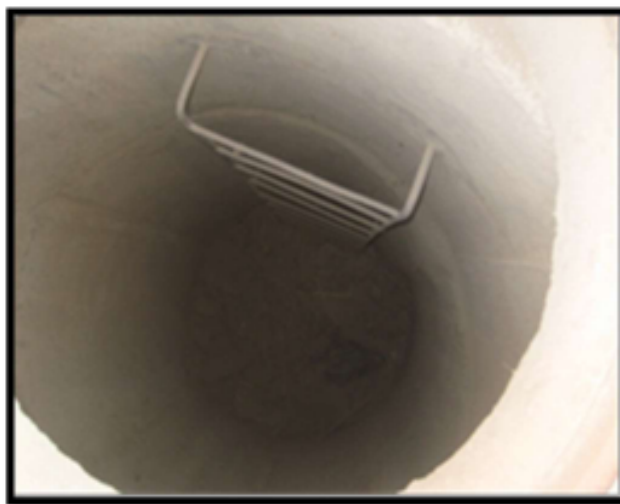
El Centro Poblado de Huayllaspanca cuenta con un sistema de Alcantarillado Sanitario; pero a la fecha no se encuentra en funcionamiento por la falta de una Planta de Tratamiento de las Aguas Servidas, siendo estas arrojadas directamente a terrenos cercanos y las calles formando charcos de aguas servidas, poniendo en peligro la salud de la población y el medio ambiente.

**Figura N° 1 – Buzones Instalados sin Funcionamiento**



Fuente: Propia

**Figura N° 2 – Buzones Instalados sin Funcionamiento**



Fuente: Propia

Se realizó una inspección técnica y visual en el campo del sistema de Alcantarillado Sanitario, cuyo objetivo era; cuantificar los buzones existentes; medir la profundidad de los buzones; verificar el funcionamiento de los buzones y redes de alcantarillado y evaluar que tramos de la red de alcantarillado podrían mantenerse en el diseño, en la inspección se analizaron 38 buzones encontrándose diversas deficiencias las cuales se detallan a continuación.

**a)** Deficiencias en el proceso constructivo; dentro de la inspección visual y técnica se pudo observar que el concreto empleado en buzones al momento de su construcción no pasaron por un control de calidad, presentando fisuras, cangrejera y a simple vista concretos muy pobres; la media caña de los buzones no ingresaban por el eje de este sino por un extremo; también se observó que la media caña de los buzones tenían cruces en forma de x, y que al momento de llenar con agua al buzón, el agua no se encontraba en movimiento lo cual no indica que no se definió el flujo del agua residuales al momento de su construcción.

b) Falta de Mantenimiento; el sistema de alcantarillado construido carece de mantenimiento, ya que presenta deterioro de las tapas de concreto; sedimentación en sus tuberías, algunos se encuentran usado como botaderos. En un inicio se vio la posibilidad de concluir la instalación del actual Sistema de Alcantarillado Sanitario, pero analizando la Situación Actual y observando las deficiencias constructivas y de mantenimiento en las que se encuentra, se llegó a la conclusión de que era necesario realizar un diseño nuevo.

El deficiente sistema de agua potable y la falta de sistema de Alcantarillado Sanitario en la localidad de Huayllaspanca, generan el incremento de enfermedades de origen hídrico (EDAS, parasitarias y enfermedades a la piel) en la zona, causada principalmente por la baja continuidad del servicio de agua potable y la inadecuada disposición de excretas.

**Figura N° 3 – Vista panorámica de la localidad de Huayllaspanca**



Fuente: Google Earth

## **1.2. Formulación del problema**

¿El diseño de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales mediante biodiscos influirá en el sistema de alcantarillado de la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga?

### **1.2.1. Problema General**

¿ Se conoce como alternativa el diseño de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales mediante la utilización de biodiscos en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga?.

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Se conoce qué componentes tiene una planta de tratamiento de aguas residuales en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga?
- ¿Se conoce la utilización de biodiscos en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Demostrar el diseño adecuado en la infraestructura, así como la utilización de biodiscos para el tratamiento de aguas residuales, en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar y establecer las características de los distintos componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para el funcionamiento de un sistema de alcantarillado en la localidad de

Huayllaspanca – Sapallanga.

- Determinar la utilización de biodiscos en el tratamiento de aguas residuales que permita llegar a los Límites Máximos Permisibles (LMP), para la mejora de la salud en la localidad de la localidad Huayllaspanca – Sapallanga.

#### **1.4. Justificación de la investigación**

##### **1.4.1. Justificación Teórica**

Proporcionar un aporte teórico en cuanto a la aplicación de los reactores biológicos en localidades pequeñas y medianas, como una alternativa para tratar las aguas negras de uso doméstico.

##### **1.4.2. Justificación Legal**

Se considera:

- RNE. Norma OS 090. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

##### **1.4.3. Justificación General**

Los egresados de las universidades tienen el compromiso de asumir con responsabilidad el reto de contribuir a mejorar las condiciones medioambientales a partir del conocimiento adquirido en la universidad, en este sentido, ya no se trata solamente de ser socialmente responsables, sino también, de asumir con la mejor disposición la responsabilidad ambiental que a cada uno desde su órbita profesional le compete. El reto es grande, pues se trata de compaginar el progreso de la humanidad y el mejoramiento de las condiciones de vida, con el deber de preservar los recursos naturales

que hoy se tienen, para el disfrute de las generaciones futuras.

En el quehacer profesional de la Ingeniería Civil, son reiteradas las inquietudes que se generan en los proyectos de saneamiento relacionadas con la mejor forma de reducir costos en la materia prima, en la producción y en el desecho de materiales, a esta situación, se suma la imperiosa necesidad ética, legal y ambiental, de ayudar a la sostenibilidad del ambiente a través de la implementación de alternativas que contribuyan a la minimización de impactos ambientales negativos.

A partir de ello, el fundamento del presente trabajo gira en la implantación de nuevos sistemas de tratamientos biológicos que deben ocupar menor espacio, mejorar la retención y producción de lodos, y además deben presentar mejores propiedades para su posterior gestión, logrando así no solo la mejora de la calidad de los efluentes generados sino también una reducción de costes.

Desde la perspectiva medioambiental, la realización del proyecto de investigación que se plantea es relevante y está plenamente justificado, pues se identifica con una necesidad surgida en el seno de la sociedad actual, donde lo que se busca es brindar soluciones que además de mejorar las condiciones de vida de los usuarios y reducir costos, prevengan o por lo menos minimicen el deterioro medioambiental.

#### **1.4.4. Justificación Metodológica**

El tipo de estudio de la presente investigación es aplicativo-comparativo “en éstos estudios se pretende establecer las causas de los eventos sucesos o fenómenos que se estudian. La solución a las aguas

residuales son el tratamiento de estas mediante el diseño de una infraestructura. Los instrumentos que se diseñarán y elaborarán para la investigación servirán para recopilar la información, asimismo para analizar los datos, los mismos que han sido guiado y orientados en todo momento por el método científico. La metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.

### **1.5.Limitaciones**

En el presente trabajo a desarrollar se presentó varias limitaciones una de ellas es la poca difusión de información tanto para el diseño de biodiscos ya que en el país solo existe una planta de tratamiento con biodiscos.

Otra de las limitaciones que se presento es la deficiente información por parte del municipio ya que muy difícilmente accedieron a brindar información para realizar los estudios correspondientes.

### **1.6.Viabilidad del Estudio**

Según la norma OS 090 se tiene las siguientes definiciones:

**Plantas de tratamiento:** “Infraestructuras y procesos que permiten la depuración de aguas residuales”.

**Agua residual:** “Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión”.

**Efluente:** “Líquido que sale de un proceso de tratamiento”

**Tratamiento convencional:** “Proceso de tratamiento bien conocido y utilizado en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario y frecuentemente se incluye desinfección mediante cloración. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado”.

**Tratamiento biológico:** “Procesos de tratamiento que intensifica la acción



de microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente”.

**Tratamiento Primario:** “Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.

**Tratamiento Secundario:** “Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión”.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

#### **- A nivel Nacional**

Según (Mayor) en la tesis “Planeamiento Integral de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales” (2013) PUCP. Las conclusiones obtenidas de esta investigación son: “Construir una planta de tratamiento de aguas residuales involucra la interrelación entre diversas especialidades, ya que intervienen obras civiles; instalación de redes de líneas de procesos (tuberías de lodos, aire, agua, gas y drenajes); instalaciones eléctricas (suministro de energía, redes de comunicación, alumbrado interior y exterior, pozos a tierra y cableado de fuerza); instalaciones hidráulicas (válvulas de aire, purga, presión, de onda, sensores de nivel, presión, caudal, bombas de retro lavados, etc.); Obras exteriores (pavimentación, cerco perimétrico, veredas, jardines, etc.). En el área de obras civiles se debe tener un adecuado estudio de suelos, de lo contrario impactara al diseño estructural por lo que se podría incurrir en cambios que conllevan a un mayor costo y posiblemente mayores plazos de ejecución. Se recomienda que el área de diseño estructural se involucre con la especialidad de estudios de suelos de modo que se puedan tomar decisiones asertivas Dado que este es un proyecto EPC la ingeniería está a cargo del proyecto y es imprescindible que se consideren los

procedimientos y mecanismos necesarios para garantizar que los planos emitidos sean “aptos para construcción”; es decir, que estos estén debidamente compatibilizados a nivel de estructuras, hidráulico y eléctrico. El no hacerlo impacta directamente con la planificación, con los flujos de procesos (trayendo consigo pérdidas de horas hombre, horas máquina, trabajos rehechos, etc.). En consecuencia se pierde confianza ante la supervisión y se produce desgaste en la relación contratista – cliente. Ante lo mencionado se hace necesario implementar herramientas BIM desde la etapa de diseño, invertir una mayor cantidad de horas hombre en ingeniería en donde se maneje una coordinación adecuada entre las diversas especialidades con la finalidad de obtener soluciones conjuntas y mejoras para el proyecto. Por último, se resalta la importancia de definir desde el inicio del proyecto los canales de comunicación, transferencia de información y gestión del conocimiento que hacen hoy en día generar un valor agregado al proyecto.”

#### **- A nivel Internacional**

Según (Iglesias) del proyecto fin de carrera “Calculo y diseño de una EDAR de Biodiscos” (2013) MADRID dice: “Es obvio que el agua residual contiene contaminantes de distinto tipo y que van desde sólidos tipo plásticos, trozos de madera, trapos, arenas, pasando por un sinnúmero de sustancias químicas que de alguna manera u otra pueden afectar de manera negativa al medio receptor (compuestos carbonados que al ser metabolizados hacen disminuir la concentración de oxígeno del agua, nutrientes que pueden hacer proliferar desmesuradamente ciertos tipos de algas, sustancias tóxicas, grasas.) Y para cerrar la lista, tendríamos también todo el espectro de contaminantes microbiológicos procedente de los excrementos y detritus. La naturaleza, por

sí misma tiene capacidad de autodepurar aguas residuales de tipo urbano, sin embargo, esta capacidad de autodepuración es muy limitada y cuando los vertidos son de cierta entidad, superan fácilmente la capacidad de autodepuración del medio receptor y producen un impacto ambiental negativo que puede ir de la casi imperceptibilidad hasta la degradación ambiental severa del medio receptor.”

Según (Dunner) de la tesis “evaluación integral de plantas de tratamiento de aguas servidas y alternativas de tratamiento de aguas servidas y alternativas de tratamiento en localidades rurales concentradas. Aplicaciones en las regiones R.M. y VII” (2004) CHILE se concluye: “Para proyectos de distintas características (población de diseño) puede darse el caso de que el orden de preferencia por las alternativas no se mantenga. Por ejemplo, para capacidades mayores que 1[l/s], es posible que el sistema de Biofiltración + Rhizofiltración resulte más conveniente que la Lombrifiltración (Santibañez, 2002) y para poblaciones mayores que 3.000 habitantes, es probable que el sistema wetland sub-superficial se encarezca y su costo unitario sobrepase por ejemplo a la Biofiltración + Rhizofiltración, etc.

Los costos unitarios mencionados corresponden únicamente a los correspondientes a Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas y no incluyen costos por alcantarillado dado que el objetivo principal es comparar las alternativas de tratamiento. Si se quisieran tener valores referenciales para las tarifas a cobrar por el retiro y tratamiento de las aguas servidas, se debiera incluir además del costo del tratamiento, el costo unitario por el servicio de alcantarillado.”

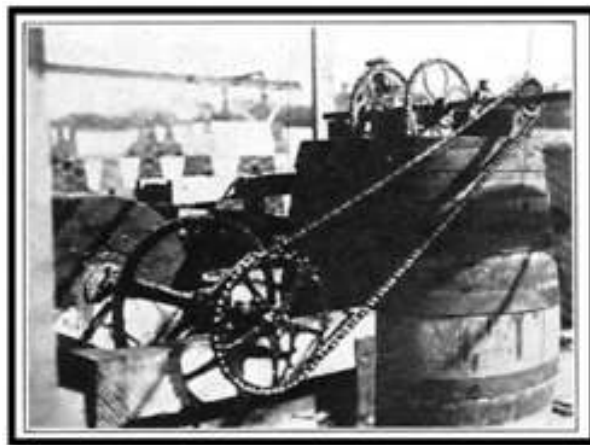
## 2.2.Bases teóricas

### 2.2.1. Biodiscos.

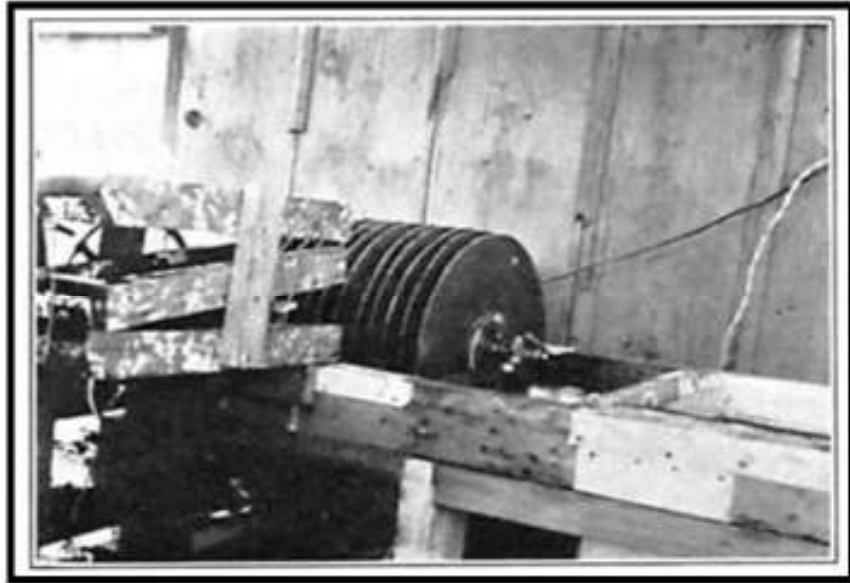
El primer contactor biológico rotatorio (CBR) fue desarrollado en Alemania por Weigand en 1900, cuya patente describe un cilindro formado de tablillas de madera. Sin embargo, no se construyeron más unidades hasta la década de 1930 cuando Bach e Imhoff lo probaron como sustituto para el tanque Emscher. Estas unidades experimentaron severos problemas debidos a obstrucciones en las tablillas, por lo que las investigaciones no continuaron.

En los Estados Unidos se reporta la invención de la rueda biológica por Maltby en 1929, que consistía en una serie de ruedas de paletas giratorias. En el mismo año Doman reporta sus ensayos con placas de acero rotatorias (Figura 5). No obstante que no fueron empleados para el tratamiento de aguas residuales, esta fue la primera vez que los discos fueron investigados como medios de contacto, pero los resultados no fueron satisfactorios y se dejaron las investigaciones (Doman, 1929).

**Figura N° 4 – Biodiscos**



**Figura N° 5 - Placas de contacto y tanque Imhoff de sedimentación.**



Fuente: (Doman, 1929)

Nada había sido desarrollado en Europa hasta finales de 1950 cuando primero Hartman y después Popel, en la Universidad de Stuttgart, realizaron pruebas exhaustivas usando discos de plástico de 1.0 m de diámetro. Casi al mismo tiempo el poliestireno expandido se empezó a usar como un material de construcción barato. Con este nuevo material el trabajo desarrollado por Hartman y Popel concluyó en un nuevo proceso de tratamiento de aguas residuales (Metcalf & Eddy, 2004).

En 1957, la compañía J. Conrad Stengelin en Tuttlingen, Alemania, comenzó a fabricar discos de poliestireno expandido de 2 y 3 m de diámetro para el uso en plantas de tratamiento de aguas residuales. La primera instalación comercial entró en operación en 1960, y su uso se extendió rápidamente en toda Europa por su simplicidad y bajo consumo de energía. En 1980 existían 1,000 instalaciones localizadas principalmente en Alemania, Suiza y Francia, las demás se encuentran en

Italia, Austria, Gran Bretaña y Escandinavia. La mayoría de estas instalaciones son para poblaciones menores a 1,000 habitantes, sólo había unas cuantas instalaciones con capacidad de hasta 10,000 habitantes. Aunque ofrece gran simplicidad en su operación y bajos consumos de energía, el sistema de discos de poliestireno ha sido restringido a pequeñas instalaciones debido a los altos costos de construcción en comparación con el proceso de lodos activados (Solorio, 1988).

En el inicio de los años sesenta, en EUA, la división de investigación de la compañía Allis-Chalmers analiza el uso de discos rotatorios para diversas aplicaciones en procesos químicos. El procedimiento se denominó Contactor de dos fases (TPC) y fue utilizado para absorción de gases, extracción líquido-líquido, transferencia de masa y, eventualmente, para estudiar la transferencia de oxígeno. Durante el verano de 1965, se evaluó un sistema con discos de 1m de diámetro en la planta de Jones Island en Wisconsin. Fundamentalmente, se utilizó el equipo para la transferencia de oxígeno dentro de un proceso de aireación; luego, fue probado sin recirculación y con biomasa adherida (como un reactor biológico de contacto). Experimentos posteriores confirmaron los resultados favorables de estas pruebas. El proceso fue designado como Rotating Biological Contactor, RBC (Alleman, 1982).

En 1968, se establece un acuerdo de licencia entre la compañía Allis-Chalmers y los fabricantes alemanes para efectuar la producción, venta y distribución en EUA. Se vende el proceso con el nombre comercial de Bio-Disc. La primera instalación comercial entró en operación en Estados Unidos para una pequeña fábrica de queso en 1969 (Solorio, 1988).

**Figura N° 6 – Sistema de CBR, Clermont County, Ohio.**



Fuente: (Brenner, 1984)

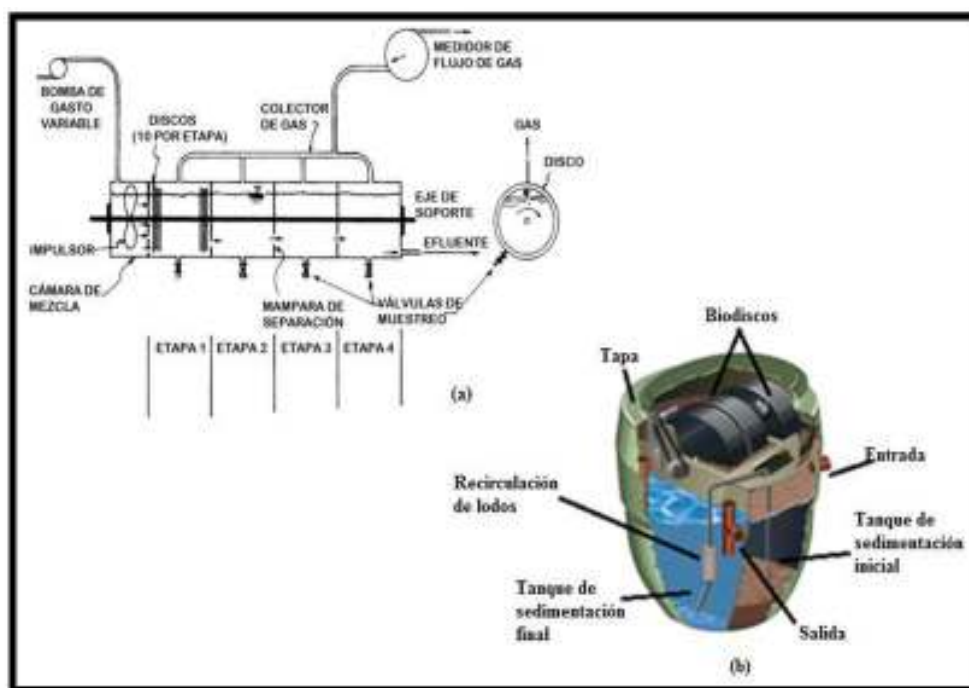
En 1970, Allis-Chalmers vende la tecnología del RBC a la Corporación Autotrol. El proceso aún no era competitivo debido al alto costo del poliestireno. Sin embargo, en 1972 Autotrol anuncia el desarrollo de un nuevo material de soporte construido con hojas corrugadas de polietileno. La densidad de área superficial ( $52.5 \text{ m}^2/\text{m}^3$  del disco de poliestireno) aumenta a  $121 \text{ m}^2/\text{m}^3$  con el nuevo material (Alleman, 1982).

En la década de los 90, Friedman y Tait (Figura 7) desarrollaron investigaciones con sistemas de biodiscos anaerobios (AnRBC) con aguas de alta concentración cuyo principal objetivo fue comprobar las condiciones en las cuales microorganismos metanogénicos y no-metanogénicos se desarrollan exitosamente en la superficie de discos rotatorios, además, el desarrollo de modelos para la predicción de remoción de sustratos orgánicos solubles en función de la tasa de alimentación (Tait & Freidman, 1980). Estos estudios incluyeron el aprovechamiento del gas metano producido como fuente de energía de la



unidad CBR.

**Figura N° 7 – (a) Contactor biológico rotatorio anaerobio (AnRBC)**



Fuente: (Tait & Freidman, 1980). (b) PTAR diseñada y construida por AQUATERSUM, S.A. de C.V.

Durante los años de 1980 a 2000 se desarrollaron estudios exhaustivos de aplicación de sistemas de CBR en aguas residuales municipales e industriales, sobre todo en la remoción de nutrientes, realizándose modificaciones de diseño y registrando su respectiva eficiencia. Las tendencias europeas actuales de este sistema se enfocan a la integración de sistemas compactos con altos valores de superficie de contacto, desarrollándose distintas patentes (Figura 7) que proporcionan tratamiento desde 10 a 10,000 habitantes equivalentes. En Alemania y Suiza el empleo de discos rotatorios está ampliamente extendido en las plantas de tratamiento pequeñas. En EUA este tipo de plantas ha sido usado en plantas de todos los tamaños durante los años 70 (Henze et al, 2002).

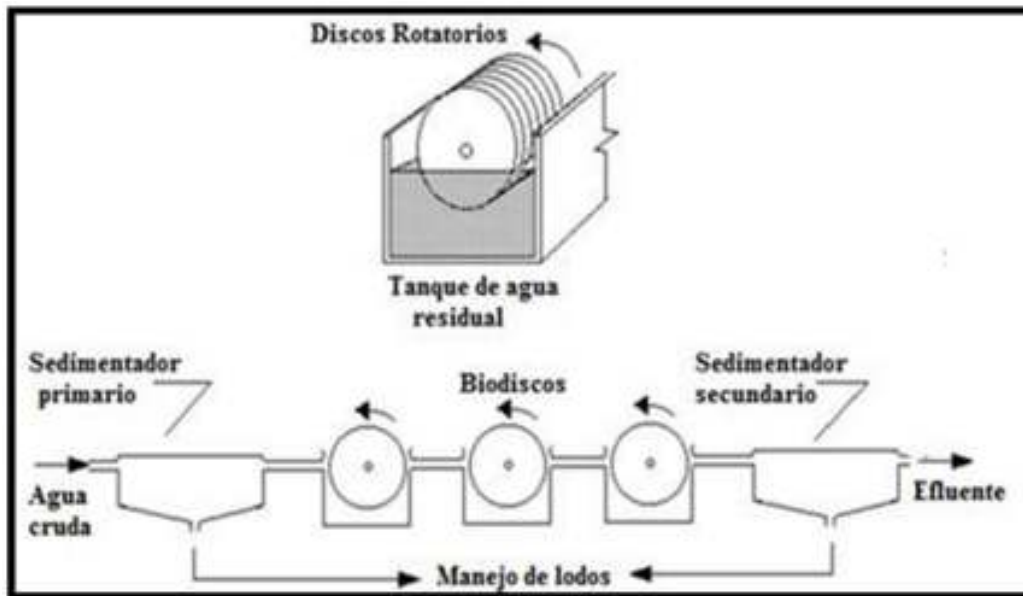
En México, de acuerdo con el Inventario nacional de plantas municipales

de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación (CONAGUA, 2010), al concluir el año 2010 el registro de plantas en operación fue de 2,186 instalaciones, con una capacidad instalada de 126,847 L/s y caudal tratado de 93,600 L/s, equivalentes al 44.8% del agua residual generada y colectada en los sistemas municipales de alcantarillado del país. Del total de agua residual tratada, sólo el 0.35% (331.5 L/s) involucra el sistema de biodiscos en 9 instalaciones.

### **2.2.2. Fundamentos del proceso de Biodiscos.**

El funcionamiento de un sistema de tratamiento con biodiscos es simple (Figura 8), consiste básicamente en un sedimentador primario, donde se remueven las partículas más grandes por gravedad; posteriormente el agua pasa a un reactor de contactores biológicos rotatorios, que es un proceso de tratamiento basado en la formación de biomasa fija; y finalmente se cuenta con un sedimentador secundario para la separación de sólidos del agua

Figura N° 8 - Tren de tratamiento convencional con CBR. Adaptado de (Autotrol Corporation, 1978)



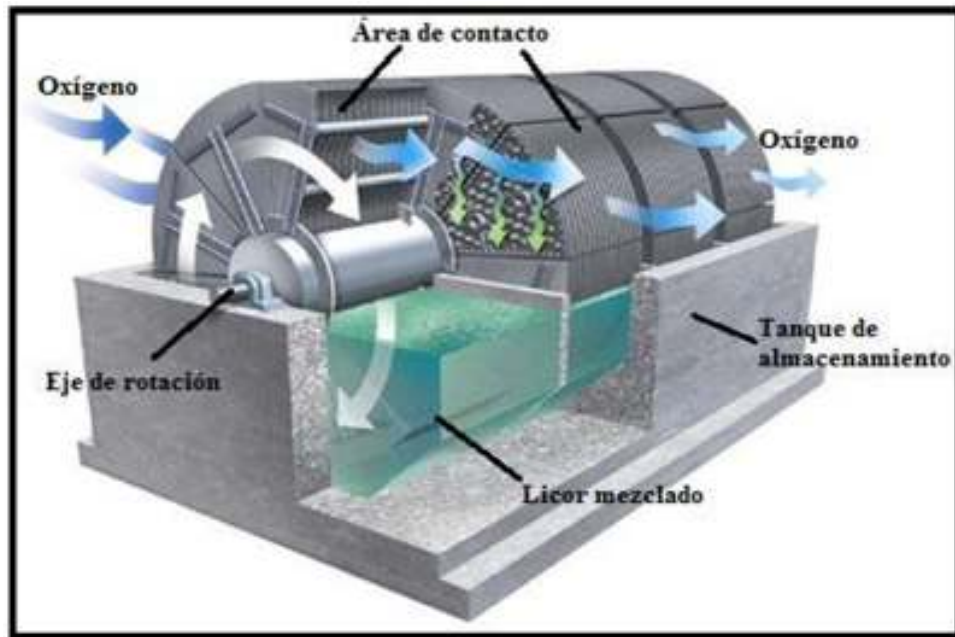
Sin embargo, cuando se cuenta con baja concentración de sólidos sedimentables se suele omitir el sedimentador primario, dejando que el arreglo de biodiscos y su funcionamiento proporcionen un efluente con buenas características de sedimentación. Los principios involucrados en los contactores biológicos rotatorios son los mismos que corresponden a todo proceso biológico de tratamiento. Los microorganismos crecen en un ambiente aerobio controlado, mientras que el desecho y las sustancias carbonáceas son consumidas en su catabolismo. La característica fundamental del biodisco es que los microorganismos están adheridos a la superficie del disco, el cual está parcialmente sumergido en el agua residual. Los discos de medio hidrofóbico preferentemente, están colocados en una flecha horizontal montada sobre un eje apoyado en un tanque y se encuentran sumergidos aproximadamente en un 40% del área

superficial total del biodisco. Los microorganismos presentes en el agua residual comienzan a fijarse y multiplicarse en la superficie de los discos, mismos que se cubren con una película biológica de 2 a 4 mm de espesor (Benefield, 1980) (Dilim & Neelima, 2004).

Durante la rotación, el reactor se impregna con una película de agua residual, la cual absorbe oxígeno del aire para que los organismos de la película biológica fijos a los discos puedan realizar su metabolismo y remover la materia orgánica soluble en el licor dentro del reactor. El suministro de oxígeno y la remoción de la materia orgánica se efectúan mientras el sistema de discos continúe girando a través del agua residual contenida en el tanque (Figura 9). Las fuerzas de fricción ejercidas sobre la película biológica provocan que el exceso de biomasa se desprenda de los discos. Esto evita la producción excesiva de la película biológica manteniéndola con un espesor casi constante que es función del sustrato removido y de la velocidad de rotación.

La rotación del sistema mantiene en suspensión a la biomasa desprendida hasta que el flujo de agua la lleva fuera del reactor para su separación posterior por sedimentación.

Figura N° 9 - Funcionamiento de un biodisco.



Fuente: [www.walker-process.com](http://www.walker-process.com). El sistema de rotación proporciona contacto del medio entre el licor y el oxígeno del aire. El escurrimiento por gravedad a través del área de contacto garantiza su recubrimiento hasta la zona cercana al eje. La configuración morfológica de los discos cambia según el fabricante, en este caso los discos se componen de ocho secciones unidos por estructuras internas además del eje de rotación.

La rotación del sistema cumple los siguientes propósitos (Solorio, 1988):

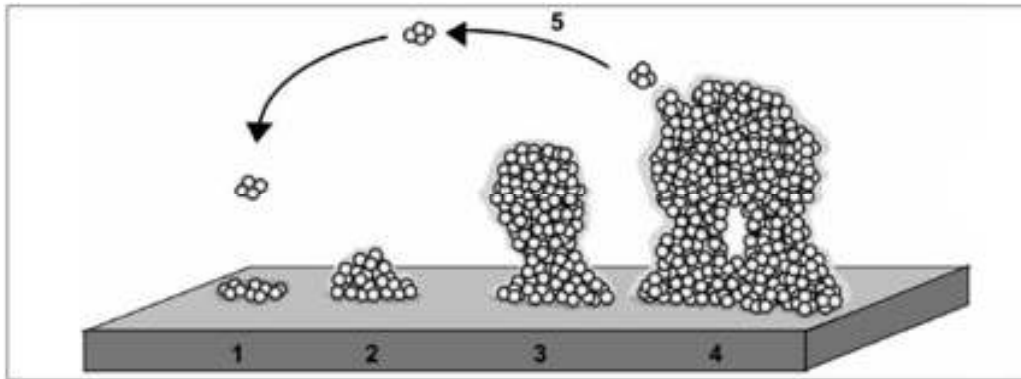
- a. Proporcionar contacto vigoroso entre la película y el agua residual.
- b. Mantener en condiciones aerobias el sistema.
- c. Ayudar a la distribución uniforme del oxígeno y del sustrato soluble en la biomasa.
- d. Crear un medio mecánico para establecer un equilibrio de la biomasa de organismos adheridos a los discos y la que se encuentra en suspensión en el licor del reactor.
- e. Mantener el reactor biológico en condiciones propicias para la difusión de los gases.

El proceso de película fija se basa en la capacidad de crecimiento

de distintos microorganismos en superficies (Mara & Horan, 2003). Los investigadores difieren en cuanto al número de fases para la formación de la biopelícula variando entre tres (Weismann et al, 2007) y cinco etapas (Lasa, 2006), sin embargo, la descripción del desarrollo en ambos casos es homogénea al concluir todos en una fase terminal de estabilidad. De acuerdo con Waismann et al (2007), en la primera fase las macromoléculas son adsorbidas en la superficie limpia en los primeros segundos de contacto (proteínas, polisacáridos, lignina), porque son transportadas más rápido que los microorganismos desde el líquido del tanque a la superficie sólida. Como consecuencia de esta adsorción, se reduce la cobertura de la superficie con agua.

Durante la segunda fase, se unen a esta superficie preparada algunas células microbianas por secreción de polímeros o flagelos. Regularmente no forman capas cerradas de espesor uniforme, sino pequeñas colonias fijas, que pueden extenderse por crecimiento y adherencia. Comúnmente a estos microorganismos se les suministra sustrato y oxígeno, y son capaces de desarrollarse de acuerdo a su tasa máxima de crecimiento. Durante este proceso, las células producen moléculas orgánicas que se difunden a través de la pared celular y de polímeros extracelulares catalizados por exoenzimas. Estos polímeros extracelulares son necesarios para la formación de una biopelícula estable (Wingender & Flemming, 1999). En la tercera fase la biopelícula puede integrarse de bacterias y polímeros extracelulares, donde el espesor de la misma está en función de la tasa de crecimiento y depende de la estabilidad de la biopelícula y las fuerzas cortantes del flujo del agua.

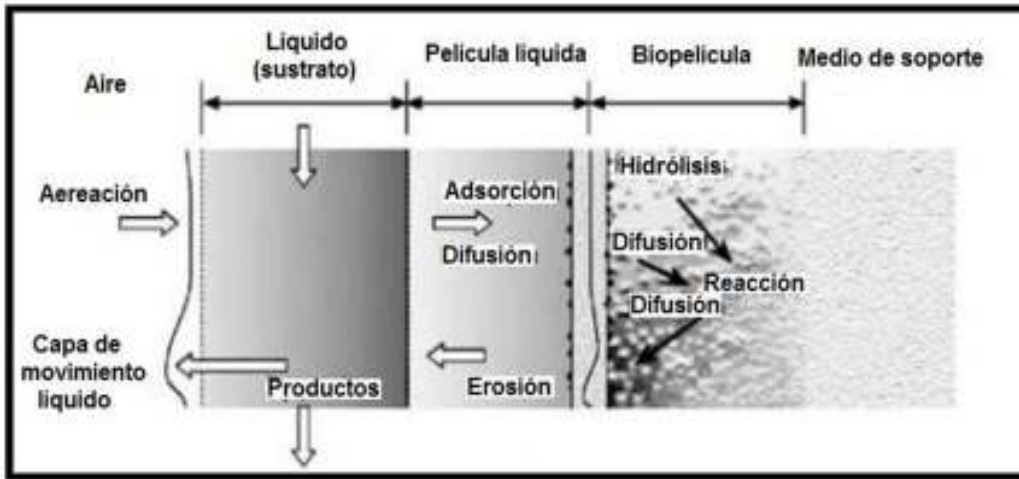
**Figura N° 10 - El desarrollo de una biopelícula descrito en cinco fases.**



Fase 1: Fijación inicial de células a la superficie; fase 2: producción de la matriz de exopolisacárido extracelular; fase 3: desarrollo temprano de la arquitectura de la biopelícula; fase 4: maduración de la arquitectura de la biopelícula; fase 5: dispersión de células bacterianas desde la biopelícula. Adaptado de Lasa, 2006.

De acuerdo con Von Sperling (2007), el proceso de conversión metabólica tiene lugar en la biopelícula. El transporte de sustratos ocurre por procesos de difusión, inicialmente a través de la película líquida en la interfase líquido/biopelícula y posteriormente a través de la biopelícula. Los productos de las reacciones de oxidación y reducción son transportados en dirección opuesta, hacia el exterior de la biopelícula (Figura 11). El sustrato donador de electrones, así como el receptor, deben penetrar la biopelícula para que se lleve a cabo la reacción bioquímica. En muchos sistemas aerobios la tasa de transferencia de oxígeno hacia las células es el factor limitante que determina la tasa de conversión biológica. La disponibilidad de oxígeno para los microorganismos depende de la solubilidad y transferencia de masa, así como de la velocidad a la que se utiliza el oxígeno disuelto. En reactores de biopelícula para tratamientos de efluentes anaerobios, el mecanismo de transporte involucra oxígeno y nitrógeno amoniacal ( $O_2$  y  $N-NH^+$ ), además de los productos intermedios ( $N-NO_2$ ) y finales del nitrógeno ( $N-NO_3$ ) hacia el medio líquido.

Figura N° 11 - Mecanismos y procesos involucrados con la conversión y transporte de sustratos en biopelículas. Adaptado de Von Sperling, 2007



Las etapas principales involucradas son:

- a. Transferencia de oxígeno en fase gaseosa al medio líquido.
- b. Transferencia de oxígeno, amoníaco y nitratos en fase líquida hacia la biopelícula.
- c. Transferencia de oxígeno, amoníaco y nitritos hacia el interior de la biopelícula.
- d. Transferencia de productos intermediarios (N-NO<sub>2</sub>) y productos finales (N-NO<sub>3</sub>) hacia el medio líquido.

El mismo autor menciona que el oxígeno, siendo poco soluble en el agua, con frecuencia se convierte en el factor limitante en un proceso aerobio con biopelícula (Von Sperling, 2007).

### 2.2.3. Microbiología en los contactores biológicos rotatorios.

En un proceso de biopelícula fija los microorganismos están sujetos a un material de soporte donde alcanzan relativamente altas concentraciones. Como material se puede usar grava, piedras, plástico, arena o partículas de carbón activado. Existen dos factores importantes en



el material de soporte que influyen en el desarrollo microbiano, el gasto del agua residual y la configuración geométrica de las partículas.

Bitton (2011) menciona que en el caso de los CBR, la biopelícula desarrollada en los discos alcanza espesores de 1 – 4 mm, comprende una compleja y diversa comunidad microbiana formada por bacterias, filamentosas, protozoos y metazoos. Comúnmente se observan organismos filamentosos como *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Nocardia*, y algas filamentosas como *Oscillatoria* (Hitdlebaugh & Miller, 1981). Estudios realizados por microscopía electrónica de transmisión muestran que *Sphaerotilus* contiene muchas inclusiones de poli- $\beta$ -hidroxibutirato, indicador de almacenamiento de excesos de carbono por la bacteria. Estas inclusiones pueden constituir del 11 a más del 20 por ciento del peso seco de estas bacterias. En un caso de estudio, utilizando microscopía electrónica de barrido se mostró que la biopelícula de un CBR estaba compuesta por dos capas: una exterior de color blancuzco conformada por filamentos de *Beggiatoa* y otra capa interna negra (debido a la precipitación de sulfuro ferroso) contenía *Desulfovibrio*, una bacteria reductora de sulfatos (Alleman et al, 1982).

**a. Zona anaerobia.** En esta capa, la bacteria fermentativa genera productos finales (ácidos orgánicos, alcoholes) usados por las bacterias reductoras de sulfatos.

**b. Zona aerobia.** El sulfuro de hidrógeno producido por las bacterias reductoras de sulfatos en la zona anaerobia se difunde dentro de la zona aerobia, y es fácilmente utilizado por la bacteria *Beggiatoa* como donador de electrones. El H<sub>2</sub>S es oxidado hasta su forma elemental (Bitton, 2011).

La sucesión de los organismos en la superficie del CBR es similar a la observada en lodos activados y se describe de la siguiente forma (Kinner & Curds, 1989). La colonización bacteriana está seguida por protozoos flagelados y pequeñas amebas → bacterívoros ciliados libres (*Colpidium*) → nemátodos → ciliados pedunculados (*Vorticella*) → rotíferos. Después de alcanzar un determinado espesor, la biopelícula se desprende y el material desprendido llega a la sedimentación final.

Las primeras etapas de un CBR remueven mayormente materiales orgánicos (DBO) mientras que las etapas subsecuentes remueven  $\text{NH}_4$  como resultado de la nitrificación, cuando la DBO es lo suficientemente baja. Las bacterias oxidantes de amoníaco no pueden competir con el rápido crecimiento de las oxidantes de materia orgánica (Bitton, 2011). Von Sperling, 2007 menciona que para el caso de sistemas con nitrificación, la tasa crítica entre las concentraciones de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), que determina el sustrato limitante, es entre 0.3 y 0.4. Esto hace al oxígeno el sustrato limitante en el mayor de los casos. Suponiendo, por ejemplo, una concentración de 2 mg/L de oxígeno en la fase líquida del reactor, la concentración limitante de amoníaco será de 0.6 mg/L. En el caso de la oxidación simultánea de materia orgánica y nitrificación, la competencia por el oxígeno entre bacterias heterótrofas y autótrofas (nitrificantes) determina la estructura de la biopelícula. Cuando la tasa  $\text{O}_2/\text{DQO}$  es muy pequeña, la biopelícula es totalmente dominada por bacterias heterótrofas y no se lleva a cabo la nitrificación.

## 2.2.4. Criterios de Diseño de Biodiscos.

### Disposiciones Específicas de diseño

Los datos necesarios para realizar los cálculos de diseño son los que se muestran en el cuadro N° 1.

Caudal de diseño
Numero de Etapas
Concentración de DBO en la entrada al sistema
Concentración de DBO en la salida del sistema
Factor de corrección por Temperatura
F
Factor de seguridad
Diámetro supuesto de Biodiscos
Superficie Bruta Especifica de los Biodiscos
Sumergencia de los Biodiscos
Concentración de SST en la entrada a biodiscos
Velocidad Ascensional De cantador secundario
Factor de producción de fangos

**Cuadro N° 1 – Parámetros de partida para diseño de biodiscos**

Fuente: Calculo y Diseño de una EDAR de Biodiscos

#### a. Caudal de diseño.

Calculado inicialmente con datos de la población, según el RNE el caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno (C) del 80 % del caudal de agua potable consumida.

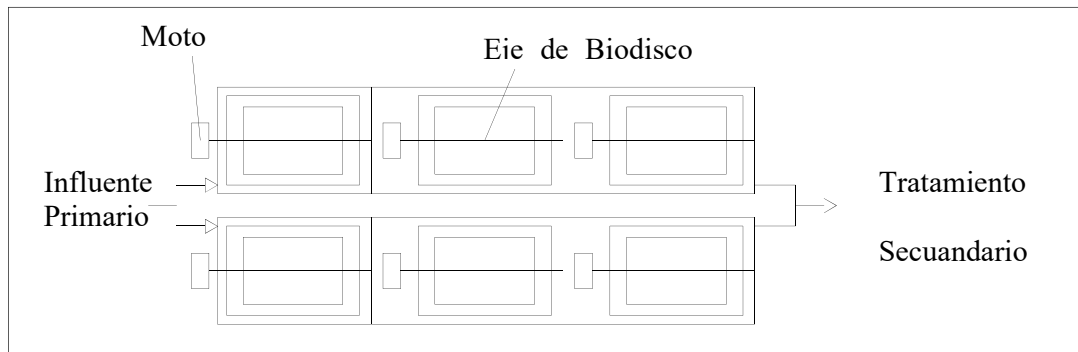
#### b. Etapas de CBR

Se refiere al ordenamiento de los discos del CBR que definen una serie de celdas independientes. Con base en la transferencia de masa y los principios de cinética biológica, las mayores tasas de remoción de sustrato se producirán en las zonas de mayor concentración del mismo.

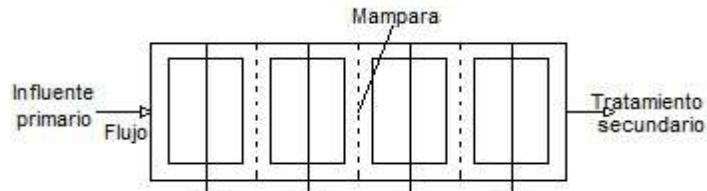
La aplicación típica del proceso de CBR consiste en cierto número de unidades operando en serie. El número de etapas depende de los requerimientos de calidad final del agua, para remover DBO se usan de dos a cuatro etapas y de seis o más para el proceso de nitrificación. Las etapas pueden lograrse usando compartimentos en un solo tanque o con el uso de tanques en serie separados, con esto se provocan condiciones donde distintos organismos pueden crecer gradualmente de etapa a etapa.

El desarrollo gradual en cualquier etapa depende principalmente de la materia orgánica del agua residual. Debido a que el agua residual fluye a través del sistema, cada etapa subsecuente recibe un afluente con una concentración más baja que en la etapa anterior. Metcalf & Eddy (2004) también indican que para plantas pequeñas, los ejes de soporte de los biodiscos se encuentran paralelos a la dirección del flujo con grupos de discos separados por paredes delgadas (Figura 12).

**Figura N° 12 – Flujo paralelo al eje. Adaptado de Metcalf & Eddy -2004**



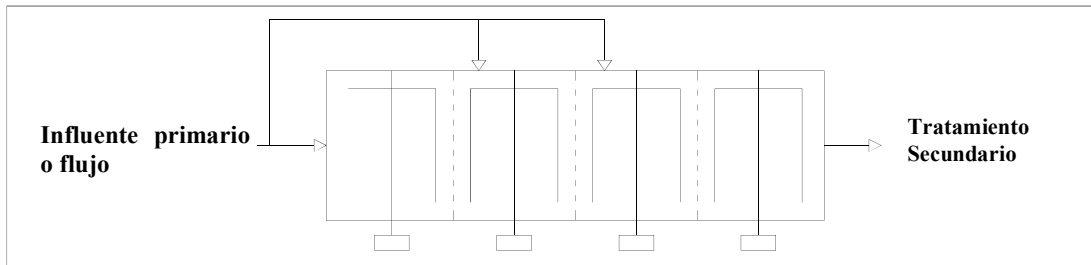
**Figura N° 13 – Flujo Perpendicular**



Fuente: (Metcalf & Eddy -2004)

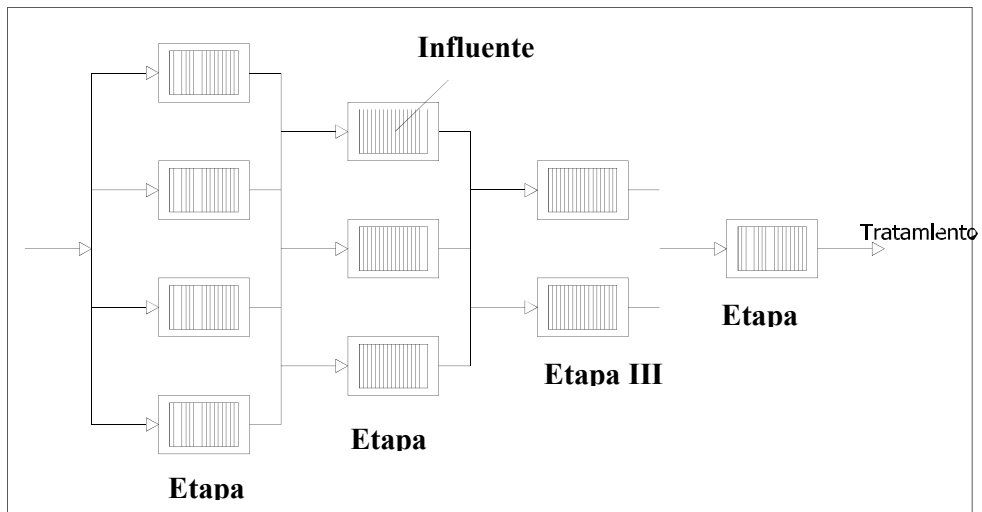
Para manejar las cargas en las primeras unidades, se puede usar un paso de alimentación (Figura 14) o un sistema triangular (Figura 15). Se deben usar dos o más trenes de flujo paralelos permitiendo así que las unidades puedan estar aisladas para mantenimiento.

**Figura N° 14 – Paso del caudal de alimentación**



Fuente: (Metcalf & Eddy -2004)

**Figura N° 15 – Flujo de alimentación cónico paralelo al eje**



**c. Concentración de DBO soluble en la entrada al biológico.**

Concentración de DBO no contenida en los sólidos en suspensión y por lo tanto disuelta.

**d. Concentración de DBO soluble en la salida del biológico.**

Concentración de DBO no contenida en los sólidos en suspensión y por lo tanto disuelta.

**e. Factor de corrección por temperatura del agua.**

Cuando la temperatura es menor de 13°C se aplica un factor de corrección que aumenta la superficie de los biodiscos por el efecto debido a la baja temperatura. Dicho factor tiene un valor que se puede calcular de modo aproximado mediante la siguiente fórmula:

$$F.C. = 1,8 - 0,0065 \cdot T$$

En nuestro caso, el valor del factor de corrección será 1 ya que la temperatura media del agua no baja de los 13°C.

**f. Factor de Corrección – F.**

Factor de corrección del cálculo de los biodiscos en función de la concentración de DBO5 en el influente. Se puede estimar de modo aproximado mediante la fórmula que se indica a continuación:

$$F = -11,16 + 5,962 \cdot \ln (\text{DBO5 soluble en el influente (mg/l)})$$

**g. Factor de seguridad.**

Factor de mayoración de la superficie calculada.

**h. Diámetro de los Biodiscos.**

Se hará un cálculo detallado del diámetro necesario para los biodiscos.

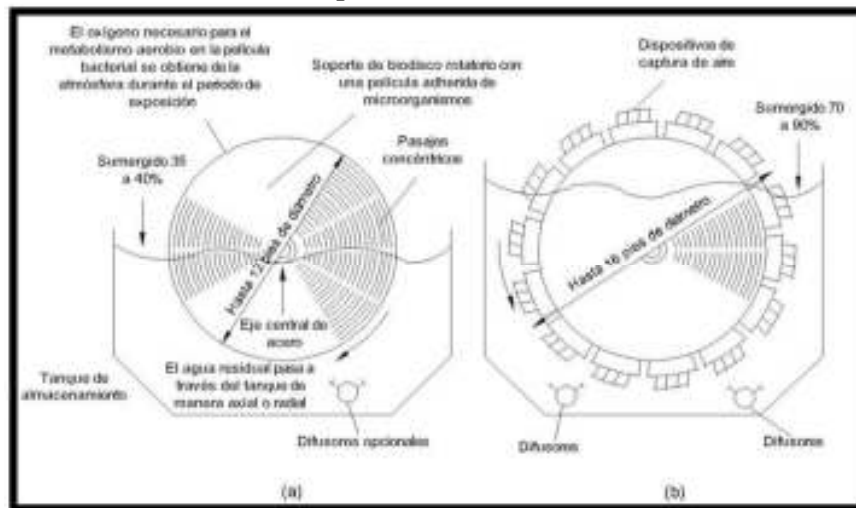
**i. Superficie específica bruta de los biodiscos.**

Metros cuadrados de superficie útil para biomasa por metro cúbico de volumen bruto del conjunto de disco sobre un eje, en este volumen se incluye el propio eje y las separaciones entre los biodiscos.

**j. Porcentaje de los biodiscos sumergidos.**

Existen dos tipos de biodiscos según el porcentaje de contenido de agua, el primero que se encuentra sumergido un 40% el cual puede como no tener una alimentación de aire, y los que se encuentran entre los 70 y 90% sumergidos los cuales obligatoriamente tienen que tener alimentación de aire debido a que se recorta el espacio para que los microorganismos se oxigenen.

**Figura N° 16 – Esquema de un sistema biológico rotatorio de contacto: (a) tipo convencional con accionamiento mecánico y alimentación opcional de aire y (b) tipo sumergido con aireación suplementaria y dispositivos para capturar el aire para la rotación.**



Fuente: (Crites & Tchobanoglous)

**k. Concentración de SS en entrada al biológico.**

La concentración de sólidos en suspensión que entran en los biodiscos en ppm.

**l. Velocidad ascensional en decantador secundario.**

Velocidad media a la que asciende el agua por una superficie igual a la de la balsa cuando el caudal tratado coincide con el caudal de diseño.

Valor del parámetro: 0,8

**m. Factor de producción de fangos.**

Peso de sólidos generados por peso de DBO soluble eliminada en los biodiscos. Se puede estimar de modo aproximado mediante la fórmula que se indica a continuación:

$$\text{F.P.F.} = -0,0725 + 0,0215 * (\text{DBO soluble en el efluente})$$

Expresando la DBO en mg/l.

**2.2.5. Breve descripción de otros sistemas de tratamiento**

**A. Lodos Activados.**

La depuración biológica por lodos activados es un proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencional, que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de floculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua.

La agitación evita sedimentos y homogeniza la mezcla de los flóculos bacterianos con el agua residual. La aireación requerida tiene por objeto suministrar el oxígeno necesario tanto para las bacterias como



para el resto de los microorganismos aerobios. El oxígeno puede provenir del aire, de un gas enriquecido en oxígeno o de oxígeno puro. El proceso de depuración se lleva a cabo por los microorganismos, que se desarrollan sobre la materia orgánica, y con la presencia requerida de nutrientes (nitrógeno y fósforo, así como otros oligoelementos). Este proceso biológico requiere de una cantidad determinada de materia orgánica, ya que cantidades excesivas de estos compuestos orgánicos, metales pesados y/o sales pueden inhibirlo o destruirlo; y cantidades reducidas de nutrientes pueden no ser suficientes para mantener el proceso.

**a.** Un proceso biológico de fangos activos se desarrolla habitualmente en dos cámaras separadas:

**b.** Un reactor biológico, tanque agitado, aireado y alimentado con el agua residual, en el que se produce la parte biológica del proceso

Un decantador secundario, tanque en el que sedimenta el fango producido, que es recirculado a la cabecera del tratamiento, y purgada para su eliminación la cantidad producida en exceso.

Estos procesos pueden desarrollarse en un único depósito, actuando alternativamente como reactor y como decantador.

**Figura N° 17 - Esquema de un sistema de tratamiento de lodos Activados**



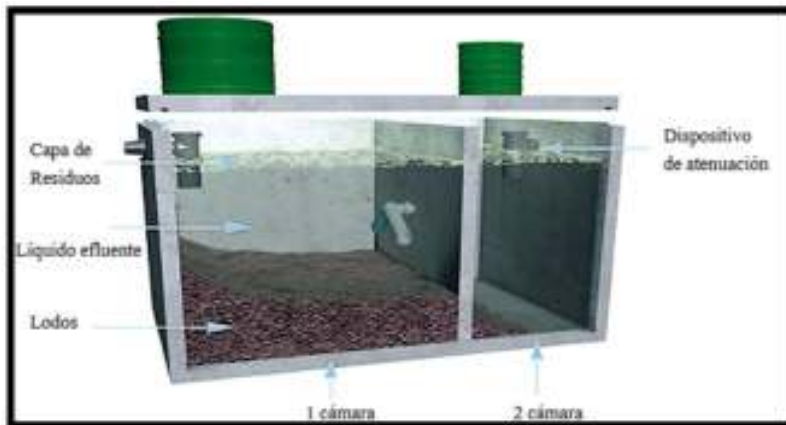
**Fuente:** Internet

### **B. Fosa Séptica.**

Las fosas sépticas son unidades de tratamiento primario de las aguas negras domésticas; en ellas se realiza la separación y transformación fisico-química de la materia sólida contenida en esas aguas, junto con la digestión anaerobia parcial tanto de los sólidos sedimentados como de la materia orgánica soluble.

Se trata de una forma sencilla y barata de tratar las aguas negras y está indicada (preferentemente) para zonas rurales o residenciales situadas en parajes aislados. Baja capacidad de tratamiento, ya que son aptas para entre 15 y 20 habitantes equivalentes. Sin embargo, el tratamiento no es tan completo como en una estación para tratamiento de aguas negras.

**Figura N° 18– Esquema de un sistema de Fosa Séptica**



Fuente: Internet

### **C. El tanque Imhoff**

El Tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara. Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso correcto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de eliminación de grasas y aceites y cribado y remoción de arena.

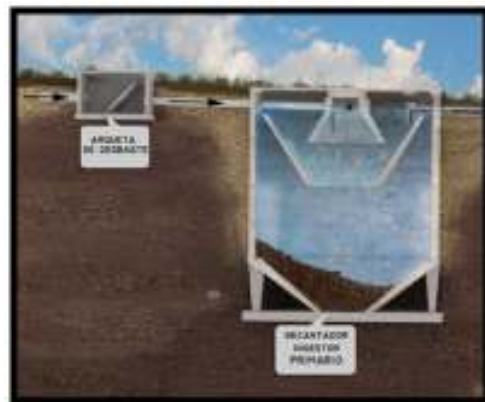
El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- a. Cámara de sedimentación.
- b. Cámara de digestión de lodos.

c. Área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación. El tratamiento produce una calidad final del efluente bastante deficiente. Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

**Figura N° 19 – Esquema de un sistema de Tanque Imhoff**



Fuente: Interne

#### **D. Laguna de Oxidación.**

El tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de laguna de oxidación, consiste en la creación de lagunas con un tiempo de residencia elevado, donde de forma natural las aguas son tratadas. Este tipo de sistema se compone de varias lagunas, con diferentes características, donde se van eliminando contaminantes alternativamente.

El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio, ya que se estiman aproximadamente 20 m<sup>2</sup> por habitante equivalente, y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos, ya que es un sistema muy lento de depuración.

**Figura N° 20 – Esquema de un sistema de Laguna de Oxidación**

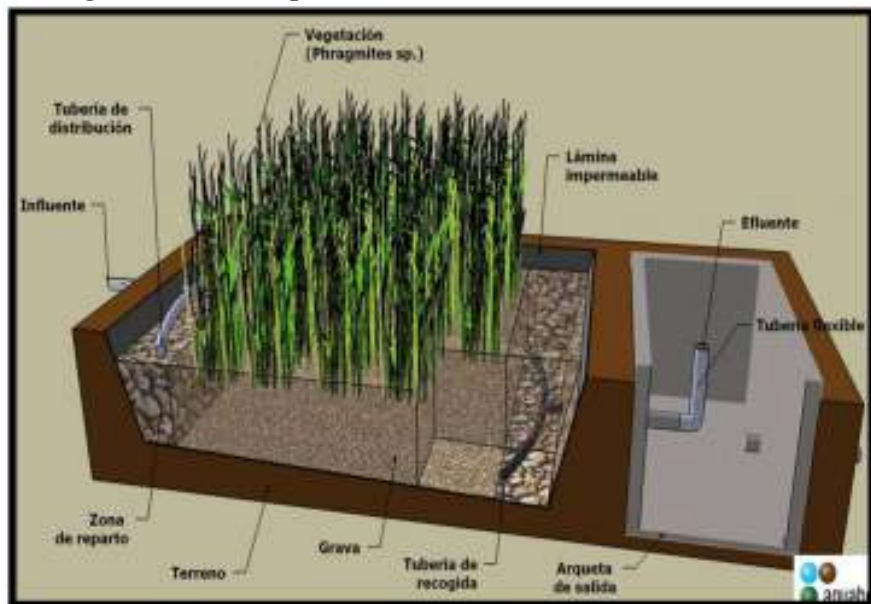


Fuente: Internet

## E. Humedal Artificial

Un Humedal Artificial o Wetland es un sistema de tratamiento de agua residual (estanque o cauce) poco profundo, no más de 0.60 metros, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas, y contando con los procesos naturales para tratar el agua residual. Los wetlands construidos tienen ventajas respecto de los sistemas de tratamiento alternativos, debido a que requieren poca o ninguna energía para funcionar. Si hay suficiente tierra barata disponible cerca de la instalación de los wetlands de cultivo acuático, puede ser una alternativa de costo efectivo. Los wetlands proporcionan el hábitat para la vida silvestre, y son, estéticamente, agradables a la vista.

**Figura N° 21 – Esquema de un sistema de Humedal Artificial**



Fuente: Internet

## **F. Filtro Percolador.**

Definidos como unidades de tratamiento biológico, los filtros percoladores tienen la labor de eliminar la materia orgánica presente en las aguas residuales mediante la metabolización de esta a cargo de una población bacteriana adherida a un medio filtrante (generalmente formado por grava, piedra porosa, material polimérico.), traduciéndose esto en un efluente con una menor concentración de DBO5 (demanda biológica de oxígeno). Este efluente continuará la cadena de tratamiento hasta cumplir con las especificaciones técnicas para su descarga final.

Un inconveniente de los filtros de percolación es que se produce contaminación atmosférica en forma de malos olores. Actualmente para la percolación, existen nuevos sistemas que sustituyen a las piedras, aunque con un mayor coste, pero aumentando la superficie de contacto de forma muy considerable, además de poder aumentar la altura del lecho al ser menor la densidad del material y por lo tanto la presión que ejerce sobre las capas inferiores.

**Figura N° 22 – Esquema de un sistema Filtro Percolador.**



Fuente: Internet

### **2.2.6. Los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles.**

Todas las actividades humanas generan algún tipo de impacto en el ambiente, por lo cual es importante regular éstas evitando que se produzcan impactos significativos en el ambiente o en la salud de las personas. Para lograr este propósito, en la legislación vigente se han desarrollado diversos instrumentos de gestión ambiental.

Entre estos instrumentos encontramos a los llamados Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

#### **a. Los instrumentos de gestión ambiental.**

Son mecanismos diseñados e implementados con el objetivo de cumplir con la política ambiental nacional y las normas ambientales del país. En este sentido, son parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad del ambiente en el que vivimos, permitiendo que la autoridad ambiental desarrolle acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

Entre los instrumentos de gestión ambiental podemos encontrar a los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles, los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), los Programas de Adecuación Medio Ambiental (PAMA), los Incentivos Económicos, los Planes de Cierre, los Sistemas de Gestión Ambiental, los Planes de Contingencia, los Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos, entre otros.

Algunos de los instrumentos son de aplicación general, es decir, para la sociedad en su conjunto, como los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), mientras otros han sido desarrollados para regular actividades



particulares, como los Límites Máximos Permisibles (LMP) Veamos cuáles son las particularidades de estos instrumentos.

#### **b. Los estándares de calidad ambiental ( ECA)**

Los ECA son indicadores de calidad ambiental, y miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo. Tienen la finalidad de establecer metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana. Por ello, no son de exigencia legal sino que son usados para el establecimiento de políticas ambientales públicas.

En la medida en que son estándares generales, éstos deben ser aplicados a la sociedad en su conjunto. Es decir, no miden las emisiones de alguien en particular sino que buscan establecer un nivel aceptable de calidad para las emisiones realizadas por todos nosotros. Su medición se realiza directamente en el aire, agua o suelo (conocidos como cuerpos receptores), dependiendo del caso. Así los ECA indican, por ejemplo, que en el aire solo puede existir una determinada concentración de partículas por millón (ppm) de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), sin importar qué industria, municipio o persona es la que generó la emisión. De encontrarse que las emisiones totales superan el valor determinado por el ECA, la entidad correspondiente, en este caso el Ministerio del Ambiente, se encargará de investigar y determinar las razones de la excedencia para tomar las medidas correctivas del caso, en coordinación con autoridades y otros actores locales.

**c. Los límites máximos permisibles (LMP).**

Los LMP miden la concentración de ciertos elementos, sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos, que se encuentran presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular, pues son a través de ellos que se puede afectar el aire, el agua o el suelo.

Estos también tienen como finalidad proteger al ambiente y a la salud humana de ciertos elementos y/o sustancias que puedan representar un riesgo para ellas, pero a diferencia de los ECA los LMP establecen un límite aplicable a las emisiones, efluentes o descargas al ambiente, individualizando los límites por actividad productiva. Así, los LMP son exigibles y su cumplimiento es obligatorio para cada una de las personas o empresas de cada sector. Por tal motivo, cada una de las personas o empresas deberá realizar las acciones necesarias que impiden que su accionar implique sobrepasar los LMP.

Entre los sectores para los que se han establecido LMP tenemos: Transportes y Comunicaciones, Minería, Hidrocarburos, Electricidad, Construcción y Saneamiento, Industria cementera, de curtiembres y papel, así como la Industria Pesquera, entre otros.

Cabe señalar que los ECA toman valores referenciales menores a los expresados a los LMP, pues al ser de ámbito general sirven de objetivo para la elaboración y aprobación de los LMP.

Algunas diferencias entre los ECA y los LMP

<b>Estándares de Calidad Ambiental (ECA)</b>	<b>Límites Máximos Permisibles (LMP)</b>
<b>Miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo (cuerpos receptores)</b>	Los LMP miden la concentración de ciertos elementos, cuyas sustancias y/o aspectos físicos, químicos y/o biológicos, que se encuentran presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva en particular.
<b>Son usados para el establecimiento de políticas ambientales públicas</b>	Son exigibles para cada sector en particular y su cumplimiento es obligatorio para cada una de las empresas y personas pertenecientes a el
<b>Su medición se realiza directamente en los cuerpos receptores.</b>	Su medición se realiza en los puntos de emisión o vertimiento.
<b>Son propuestos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) previa evaluación y consulta</b>	Son propuestos por la autoridad sectorial correspondientes (Ministerios)
<b>Su medición y vigilancia está a cargo de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y el MINAM</b>	Su medición y fiscalización está a cargo del MINAM

**Cuadro N° 2 – Eca y Lmp**

Fuente: Informe quincenal de la SNMPE

### **2.2.7. Estándares de Calidad Ambiental – Aguas Usos**

- a. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- b. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- c. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales. IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- d. Aguas de zonas de pesca de mariscos bivalvos.
- e. Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>
Coliformes totales	NMP/100 mL <sup>(1)</sup>	8.8	20000	5000	5000	1000	20000
Coliformes fecales	NMP/100 mL <sup>(1)</sup>	0	4000	1000	1000	200	4000
DBO5 <sup>(2)</sup>	mg/L	5	5	15	10	10	10
Oxígeno disuelto <sup>(3)</sup>	mg/L	3	3	3	3	5	4
Selenio total <sup>(4)</sup>	mg/L	0.01	0.01	0.05		0.005	0.01
Mercurio total <sup>(4)</sup>	mg/L	0.002	0.002	0.01		0.0001	0.0002
PCB	mg/L	0.001	0.001	0 <sup>(8)</sup>		0.002	0.002
Esteres Ftalatos <sup>(6)</sup>	mg/L	0.0003	0.0003	0.0003		0.0003	0.0003
Cadmio total <sup>(4)</sup>	mg/L	0.01	0.01	0.05		0.0002	0.004
Cromo total <sup>(4)</sup>	mg/L	0.05	0.05	1		0.05	0.05
Níquel total <sup>(4)</sup>	mg/L	0.002	0.002			0.002	0 <sup>(7)</sup>
Cobre total <sup>(4)</sup>	mg/L	1	1	0.5		0.01	0 <sup>(8)</sup>
Plomo total <sup>(4)</sup>	mg/L	0.05	0.05	0.1		0.01	0.03
Zinc total <sup>(4)</sup>	mg/L	5	5	25		0.02	0 <sup>(7)</sup>
Cianuro WAD <sup>(9)</sup>	mg/L	0.08	0.08	0.1			
Cianuro Libre	mg/L					0.022	0.022
Fenoles	mg/L	0.0005	0.001	0 <sup>(8)</sup>		0.001	0.1
Sulfuros	mg/L	0.001	0.002	0 <sup>(8)</sup>		0.002	0.002
Arsenico total	mg/L	0.1	0.1	0.2		0.01	0.05
Nitrogeno nitrico <sup>(10)</sup>	mg/L	0.01	0.01	0.1			
MEH <sup>(11)</sup>	mg/L	1.5	1.5	0.5	0.2		
SAAM <sup>(12)</sup>	mg/L	0.5	0.5	1	0.5		
CAE <sup>(13)</sup>	mg/L	1.5	1.5	5	5		
CCE <sup>(14)</sup>	mg/L	0.3	0.3	1	1		

**Cuadro N° 3 – Agua y Usos**

Fuente: D.S 261-69-AP, modificado por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA

- a. Número máximo probable en 100 mL de muestra. Valor máximo en 80% de 5 o más muestras.
- b. Demanda bioquímica de oxígeno. Prueba a 5 días y a 20 °C.
- c. Valores mínimos.
- d. Aunque la norma no lo especifica, se asume que se refiere al metal total.
- e. Valores a ser determinados. En caso de sospecharse su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.
- f. Aparentemente se trata de un error de tipeo en la norma, ya que no existe ninguna sustancia con este nombre. Se presume que se podría referir a Esteres Ftalatos.
- g. Valor LC50 en pruebas de 96 horas, multiplicado por 0.02
- h. Cianuro disociable en ácido débil.
- i. Como mg/L de nitrógeno.
- j. Material Extractable en Hexano (principalmente grasas).
- k. Sustancias Activas en Azul de Metileno (principalmente detergentes).
- l. Extracto de columna de carbón activado por alcohol (según el método de flujo lento).
- m. Extracto de columna de carbón activado por cloroformo (según el método de flujo lento).

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

**Cuadro N° 4 – LMP PTAR**

Fuente: D.S. 003-2010-MINAM

### 2.3. Definición de términos básicos utilizados.

- **Agua.-** El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de oxígeno que unidos entre sí forman una molécula de agua, H<sub>2</sub>O, la unidad mínima en que ésta se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. Gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce que poseemos en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituido por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos.

-**Aguas Residuales.-** Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública

y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, es por esto que los tratamientos de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales.

En general, las aguas residuales consisten de dos componentes, un efluente líquido y un constituyente sólido, conocido como lodo. Típicamente existen dos formas generales de tratar las aguas residuales. Una de ellas consiste en dejar que las aguas residuales se asienten en el fondo de los estanques, permitiendo que el material sólido se deposite en el fondo. Después se trata la corriente superior de residuos con sustancias químicas para reducir el número de contaminantes dañinos presentes. El segundo método más común consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica. Este método, conocido como tratamiento de lodos activados, requiere el abastecimiento de oxígeno a los microbios de las aguas residuales para realzar su metabolismo.

- **Planta de Tratamiento.**- Es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal).

- **Biodiscos.**- Los biodiscos son paquetes de discos corrugados que se colocan perpendicularmente al espejo de agua y parcialmente sumergidos en un tanque generalmente aireado por difusión, con un sentido de rotación según la dirección del flujo. v Sobre la corrugación de los discos se adhiere una población de microorganismos aerobios (biomasa) que se encarga de degradar la materia orgánica de las aguas.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general:**

**H<sub>1</sub>** Si el diseño de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales mediante biodiscos influirá en el sistema de alcantarillado de la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.

**H<sub>0</sub>** No el diseño de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales mediante biodiscos no influirá en el sistema de alcantarillado de la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos:**

**H<sub>1</sub>** Si identificar las características de los distintos componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para el funcionamiento de un sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.

**H<sub>0</sub>** No identificar las características de los distintos componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para el funcionamiento de un sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.

**H<sub>1</sub>** Si determinar la utilización de biodiscos en el tratamiento de aguas residuales que permitan llegar a los Límites Máximos Permisibles



(LMP), para la mejora de la salud en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.

**H<sub>0</sub>** No determinar la utilización de biodiscos en el tratamiento de aguas residuales que permita llegar a los Límites Máximos Permisibles (LMP), para la mejora de la salud en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

### **3.1. Variables**

#### **Variable independiente definición conceptual**

V1: Infraestructura: Es un conjunto de elementos (cámara de rejillas, biodiscos, lecho de secado, cámara de contacto, etc.) que son necesarios para poder tratar las aguas residuales. Son variables porque la combinación de elementos puede cambiar según la calidad requerida y el uso que se le dará al agua ya tratada. Son saludables porque minimizan los riesgos a la salud pública y los malos olores. Son beneficiosas porque mitigan el impacto ambiental que las aguas residuales producen.

#### **Dimensiones:**

- Variable
- Saludables
- Beneficiosas

#### **Variable dependiente definición conceptual:**

V2: Aguas Residuales: Se consideran aguas residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domesticas, comerciales, industriales y de servicios).

#### **Dimensiones:**

- Insalubres
- Contaminantes
- Tratables

### 3.2. Operacionalización de Variables

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se les llama indicadores. El proceso a realizar una definición conceptual de la variables para romper el concepto difuso que ella engloba y así darle sentido concreto dentro de la investigación, luego en función de ello se procede a realizar la definición operacional de la misma para identificar los indicadores que permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente llegado el caso.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable 1: Infraestructura</b>	<b>1.1. Variables.</b>	1.1.1. Según el agua a tratar
		1.1.2. Según la temperatura.
	<b>1.2. Saludable.</b>	1.2.1. Evitan la contaminación ambiental.
		1.2.2. Disminuyen enfermedades gastrointestinales
	<b>1.3. Beneficiosas.</b>	1.3.1. Mitigan la contaminación ambiental.
		1.3.2. Mejoran la calidad de vida de la población

**Cuadro N° 5 Operacionalización de variable dependiente**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable 2: Aguas Residuales</b>	<b>2.1. Insalubres.</b>	2.1.1. Generan enfermedades gastrointestinales
		2.1.2. Causa malos olores
	<b>2.2. Contaminantes</b>	2.2.1 Genera daño al Medio Ambiente.
		2.2.2. Afecta al ecosistema
	<b>2.3. Tratables</b>	2.3.1. Se cambia su composición a través de tratamiento
		2.3.2. Son reutilizables después de tratamiento

**Cuadro N° 6 Operacionalización de variable independiente**

### **3.3. Metodología de la Investigación**

#### **3.3.1. Método de Investigación**

El diseño de investigación es el explicativo. Según Hernández, Fernández, Baptista, (2006, p.108). Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. Las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implican los propósitos de éstos (exploración, descripción y correlación o asociación); además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia.

#### **3.3.2. Tipo de investigación**

Según Borja (2012, p.10) el tipo de investigación es básica o pura ya que se centra en la solución de problemas de carácter cognoscitivo, es decir busca la creación de nuevo conocimiento científico que sea válido hasta que no se demuestre lo contrario, este tipo de investigación no tiene una aplicación inmediata en el momento que se termina, ni tiene objetivos prácticos en el corto plazo. Recoge información de la realidad para enriquecer el conocimiento científico orientándose al descubrimiento de principios y leyes generales que expliquen la realidad y el porqué de las cosas, es importante tener en cuenta que toda investigación básica tarde o temprano conducirá a alguna aplicación valiosa.

### **3.3.3. Lugar y periodo de investigación**

La investigación se realizó en el Distrito de Sapallanga de la provincia de Huancayo por un periodo de 6 meses desde el mes de septiembre del 2015 hasta el mes de febrero del 2016.

### **3.3.4. Características de la investigación**

Según Hernández, Fernández, Baptista, (2006, p.109). Las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implican los propósitos de estos (exploración, descripción y correlación o asociación); además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia.

### **3.3.5. Diseño del estudio**

El diseño de investigación es el cuasi experimental. Según Hernández, Fernández, Baptista, (2006, p.203). Los diseños cuasi experimental también manipulan deliberadamente, al menos una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos.

### **3.3.6. Población y muestra**

Según Hernández, Fernández, Baptista, (2006, p.238) “la población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones” es preferible entonces establecer con claridad las características de la población con la finalidad de delimitar cuáles serán los parámetros muestrales.

En el caso de esta investigación, la población estará conformada por 1326 habitantes de la localidad de Huayllaspanca del distrito de Sapallanga

### **3.3.7. Muestra de Estudio**

Según Hernández, Fernández, Baptista, (2006, p.240). La muestra se categoriza en dos grandes ramas: Las muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas. En estas últimas todos los elementos de la población tiene la misma posibilidad de ser escogidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de análisis. La muestra de estudio corresponde a las denominadas muestras probabilísticas. Se estableció de la muestra y el tipo de muestreo que se utilizara para seleccionar la muestra de población a intervenir en el estudio.

La cantidad de población, la determinaremos según el diseño de la red de alcantarillado simulado en el software Sewercad, el cual tiene 3 sistemas de alcantarillado como se muestra en la Figura N° 23 , el efluente de cada sistema va a una planta de tratamiento. Por lo cual para el diseño de la planta de tratamiento, se considero a toda la población que contribuye al sistema S1, que es de 341 habitantes. La cantidad de la población de cada sistema la podemos apreciar en el Cuadro N° 7.

<b>S1 (Muestra de población para diseño)</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>TOTAL DE HABITANTES</b>
341	486	499	1326

**Cuadro N° 7 – Estrato de la muestra y población total.**

**Fuente:** Centro de Salud de Huayllaspanca.

Usamos el sistema S1 que tiene una población de 341 habitantes, como muestra para poder realizar el diseño de las plantas de tratamiento PTAR 01 y PTAR 02.

## **CAPÍTULO IV: ANALISIS DEL PROCESO DE DISEÑO**

### **4.1. Descripción de la situación bajo estudio.**

El centro poblado de Huayllaspanca actualmente cuenta con una red de agua, la cual no abastece a todas las viviendas existentes, por lo cual es necesario plantear también aparte de la red de desagüe una red nueva de agua, para el presente proyecto solo nos enfocaremos en el diseño de la red de desagüe haciendo uso del software Sewercad (Figura N° 24). Debido a que esta influirá en las plantas de tratamiento que vamos a diseñar, ya que se dividirán los caudales . Se puede observar en la (Figura N° 24), que el flujo de los buzones va dirigido hacia tres puntos los cuales son terrenos que posee la municipalidad de Huayllaspanca ,para construir las plantas de tratamiento, debido a la topografía se dividió en tres sectores dirigiendo los caudales de ciertos buzones hacia los mencionados puntos.

Ya que son necesarios tres plantas de tratamiento, se tomara muestra de una sola de ellas ya que las demás plantas de tratamiento serán idénticas solo variara sus dimensiones debido a la población beneficiaria.

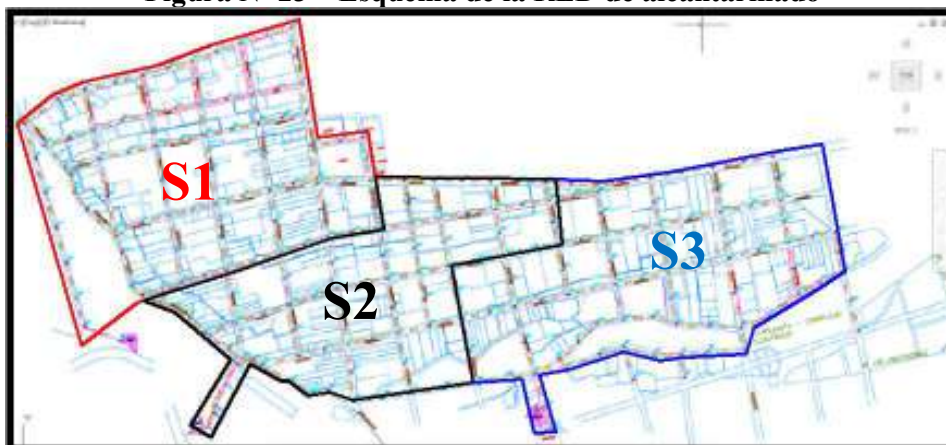
El sistema S1 que se muestra en la Figura N° 23 tiene una cantidad de 341 habitantes beneficiarios, para el sistema S2 de la parte central de la Figura N° 23 tiene una cantidad de 486 beneficiarios, en el Sistema S3 que se muestra en la Figura N° 23 tiene una cantidad de 499 beneficiarios.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se tomó en cuenta

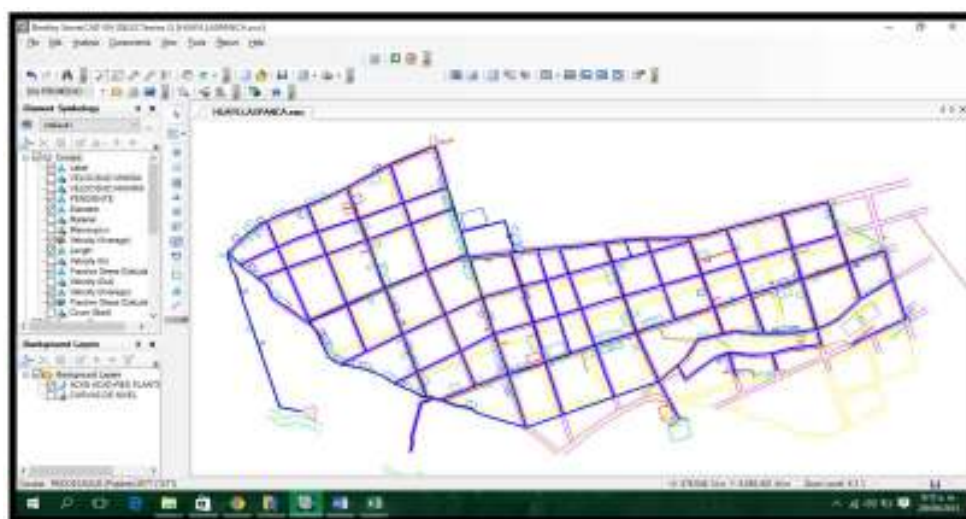


los diseños con los pobladores del sector 1 (S1).

**Figura N° 23 – Esquema de la RED de alcantarillado**



**Figura N° 24 – Diseño de la RED de Alcantarillado con Sewercad**



#### **4.1.1. Identificación de datos Necesarios.**

##### **a. Población Total Actual.**

La población actual de la localidad de Huayllaspanca es de 1326 habitantes como se indica en el Cuadro N° 7.

##### **b. Caudal de diseño**

Con los 341 habitantes y considerando para el diseño una dotación de 80L/hab/día según guía MEF Ambito Rural. Se procede a realizar el cálculo del caudal de diseño para las estructuras

posteriores.

- Dotación : 80 lt/(hab. x día)
- Población Actual : 341 hab.
- Población futura : 402 hab.

$$Q_m = (\text{Población Futura} \times \text{Dotación}) / 86400$$

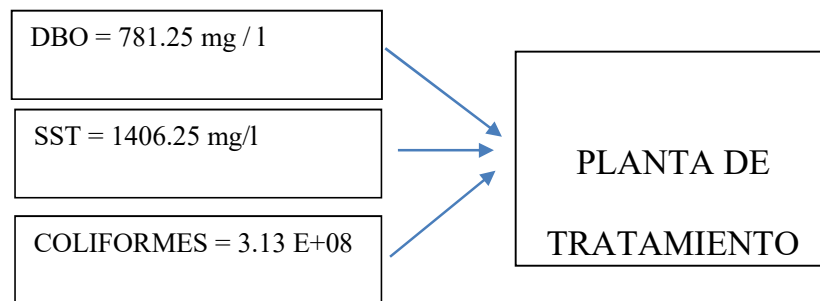
- $Q_m = 402 \times 80 / 86400$
- $Q_m = 0.37 \text{ l/s}$

Para el cálculo del caudal de retorno se multiplica por el 80% según Norma OS.100

- $Q_m = 0.298 \text{ l/s}$

### c. Datos del estudio del agua influente

Los datos que ingresan a la planta de tratamiento son los datos mostrados a continuación, los cuales son datos base del reglamento nacional de edificaciones OS090.



#### 4.1.2. Diseño de la primera alternativa de planta de tratamiento

Consta de un desarenador al ingresar al sistema seguido de un tanque imhoff como tratamiento primario, dirigiendo los lodos a un lecho de secado y las aguas tratadas a un filtro biológico como tratamiento secundario, posteriormente ingresa a una cámara de contacto para eliminar los coliformes, por último las aguas serán vertidas al río Chanchas.

**a. CALCULO DEL TANQUE IMHOFF.**

El diseño del tanque se muestra los cálculos en hoja Excel en el Anexo 02, de los cuales se extrajo los datos de las características del fluido que ingresa y sale como se muestra en el cuadro N° 8

	Entrada		Salida	
Caudal de Diseño	0.298	L/s	0.298	L/s
Concentración de DBO	781	mg/l	546.88	mg/l
Concentración de SST	1406.25	mg/l	421.88	mg/l
Concentración de Coliformes fecales	3.13 E08	NMP/100ml	3.13 E07	NMP/100ml

**Cuadro N° 8 – Parámetros de Calidad del Agua en el Tanque Imhoff - PTAR - 01.**

En el cálculo se obtuvo las dimensiones que tendrá el tanque para la PTAR los cuales se muestran en el Cuadro N° 9

<b>DIMENSIONES DEL TANQUE IMHOFF</b>	
Largo	4.00 m
Ancho	3.70 m
Altura	6.30 m

**Cuadro N° 9 – Dimensiones Calculadas para el Tanque Imhoff PTAR - 01.**

**b. CALCULO DEL FILTRO BIOLÓGICO.**

El diseño del Filtro Biológico se muestra los cálculos en hoja Excel en el Anexo 03 (Cálculos para el diseño del filtro biológico), de los cuales se extrajo los datos de las características del fluido que ingresa y sale como se muestra en el Cuadro N° 10

	Entrada		Salida	
Caudal de Diseño	1.072	m3/h	0.298	L/s
Concentración de DBO	546.88	mg/l	80	mg/l
Concentración de SST	421.88	mg/l	150	mg/l
Concentración de Coliformes fecales	3.13 E07	NMP/100ml	3.13 E05	NMP/100ml

**Cuadro N° 10 – Parámetros de Calidad del Agua en el Filtro Bilógico PTAR - 01.**

En el cálculo se obtuvo las dimensiones que tendrá el Filtro Biológico para la PTAR los cuales se muestran en el Cuadro N° 11

<b>DIMENSIONES DEL FILTRO BIOLÓGICO</b>	
Largo	8.00 m
Ancho	6.50 m
Altura	2.40 m

**Cuadro N° 11 – Dimensiones Calculadas del Filtro Biológico PTAR - 01.**

El diseño correspondiente al lecho de secado lo podemos encontrar en el Anexo 04

**c. CALCULO DE LA CÁMARA DE CONTACTO.**

El diseño de la cámara de contacto se muestra los cálculos en hoja Excel en el Anexo 05 (cálculos para el diseño de la cámara de contacto), de los cuales se extrajo los datos de las características del fluido que ingresa y sale como se muestra en el Cuadro N° 12

	Entrada		Salida	
Concentración de Coliformes fecales	3.13 E07	NMP/100ml	313	NMP/100ml

**Cuadro N° 12 – Parámetros de Calidad del Agua en la Cámara de contacto PTAR - 01**

En el cálculo se obtuvo las dimensiones que tendrá la Cámara de Contacto para la PTAR los cuales se muestran en cuadro N° 13

<b>DIMENSIONES DE LA CÁMARA DE CONTACTO</b>	
Largo	3.50 m
Ancho	0.80 m
Altura	0.60 m

**Cuadro N° 13 – Dimensiones Calculadas de la Cámara de Contacto PTAR - 01.**

**4.1.3. Diseño de la segunda alternativa de planta de tratamiento.**

La segunda alternativa estará conformada por un desarenador seguido de un Tanque Imhoff como tratamiento primario, un biodisco como tratamiento secundario del cual los lodos irán a un lecho de secado y al final pasara a una cámara de contacto para la eliminación final de

coliformes fecales, mientras el fluido será vertido en el efluente.

**a. DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF**

El diseño del tanque se muestra los cálculos en hoja Excel en el Anexo 02, de los cuales se extrajo los datos de las características del fluido que ingresa y sale como se muestra en el Cuadro N° 14.

	Entrada		Salida	
Caudal de Diseño	0.298	L/s	0.298	L/s
Concentración de DBO	781	mg/l	546.88	mg/l
Concentración de SST	1406.25	mg/l	421.88	mg/l
Concentración de Coliformes fecales	3.13 E08	NMP/100ml	3.13 E07	NMP/100ml

**Cuadro N° 14 – Parámetros de Calidad del Agua en el Tanque PTAR - 02.**

En el cálculo se obtuvo las dimensiones que tendrá el tanque para la PTAR los cuales se muestran en Cuadro N° 15.

DIMENSIONES DEL TANQUE IMHOFF	
Largo	4.00 m
Ancho	3.70 m
Altura	6.30 m

**Cuadro N° 15 – Dimensiones Calculadas para el Tanque Imhoff PTAR - 02.**

**b. DISEÑO DE LOS BIODISCOS.**

Los parámetros de partida para el diseño del Biodisco.

Caudal de Diseño	1.072	m3/h	0.298	l/s
Numero de Etapas	2			
Número de líneas	1		546.88	mg/l
Concentración de DBO en la entrada al sistema				
Concentración de DBO en la salida del sistema	27.344	mg/l		
Factor de Corrección por temperatura	1			
F	26.43			
Factor de seguridad	1.25			
Diámetro Supuesto de Biodiscos	2	m		
Superficie Bruta específica de los Biodiscos	45.47	m2/m3		
Sumergencia de los Biodiscos	40	%		
Concentración de SST en la entrada a biodiscos			421.88	mg/l
Velocidad Ascensional decantador secundario	0.8	m3/m2°h		
Factor de producción de Fangos	0.515396			
Coliformes fecales en la entrada del sistema	31250000	NMP/100ml		

**Cuadro N° 16 – Parámetros de Partida PTAR - 02.**

### Calculo del diámetro del Biodisco.

Concentración de DBO5 soluble en entrada: 546.88 mg/l, en la salida,

no podemos exceder una concentración de DBO5 soluble: 27.34 mg/l.

La diferencia entre entrada y salida es de:  $546.88 - 27.34 = 519.54$  mg/l

es lo que tenemos que reducir la concentración de DBO5.

$$\% = \frac{519.54}{546.88} = 95\%$$

Figura N° 25 – Dimensionamiento en Función de la Carga Orgánica



CARGA MAXIMA SEGÚN LA FIGURA N° 25 f

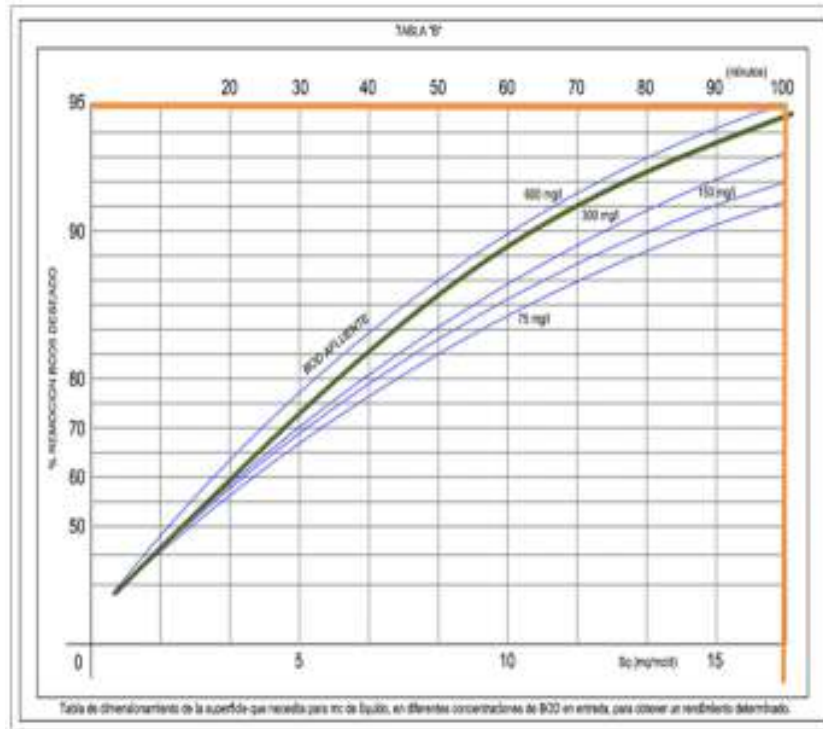
$(\text{DBO}_{in}, \% \text{REDUC. DBO}) = 32 \text{ g/m}^2/\text{d}$

Se consideró una dotación de 80 L/hab./día, con una cantidad de 402

hab. /línea

$80 \times 402 = 32160 \text{ litros} = 32.16 \text{ m}^3/\text{día}$  por línea de biodisco.

Figura N° 26 – Dimensionamiento en Función de la Carga Hidráulica.



SEGÚN LA FIGURA 3.5.  $f(\text{DBO}_{in}, \% \text{REDUC. DBO})$

Es necesario un área por volumen =  $15.1 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Entonces la Superficie Necesaria =  $32.16 \times 15.1 = 485.62 \text{ m}^2$

Dicho valor de superficie tiene que ser corregido con el coeficiente "X" del cuadro 17 y entonces la superficie necesaria será de:  $485.62 \times 1.23 = 597.31 \text{ m}^2$ .

Coeficiente "X"	Población
1,0	$\geq 10000$
1,1 – 1,2	10000 – 5000
1,2 – 1,3	5000 – 1500
1,3 – 1,5	1500 – 400
1,5	$\leq 400$

Cuadro N° 17 – Coeficiente "X"

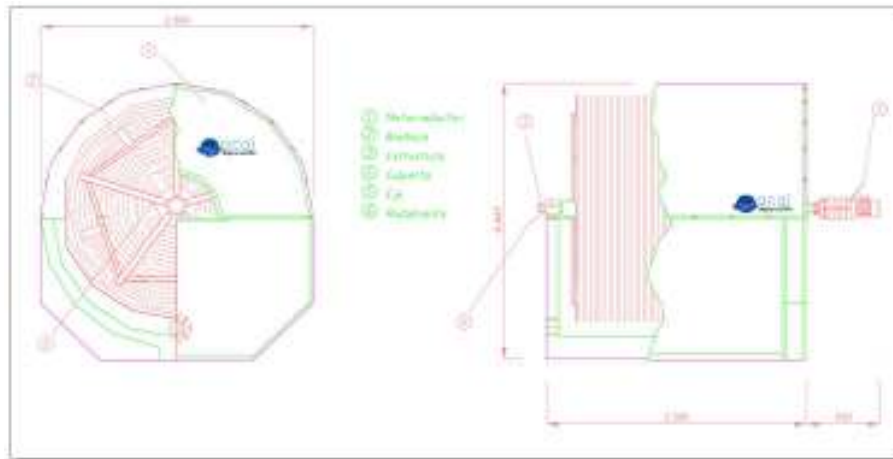
Tendremos también en cuenta otro coeficiente de corrección "Y" que es en función de las etapas de los biodiscos los cuales se muestran en el cuadro 18

“Y”	Número etapas
1.0	Dos etapas
0.90	Tres etapas
0.85	Cuatro etapas

**Cuadro N° 18 – Coeficiente “Y”**

Como en este caso tomaremos un biodisco de 2 etapas, necesitamos multiplicar la superficie por 1 y obtenemos:  $597.31 \times 1 = 597.31 \text{ m}^2 \approx 600 \text{ m}^2$ .

**Figura N° 27 – Dimensiones de Biodiscos**



Según las especificaciones del biodisco mostrado en la Figura N° 27, tiene un diámetro de 2m.y un área útil de 600m<sup>2</sup>.

**Calculo del factor de corrección.**

$$F = -11.16 + 5.962 \times \ln (\text{DBO5 soluble en el influente (mg/l)})$$

$$F = -11.16 + 5.962 \times \ln (625)=26.43$$

**Calculo de la superficie bruta específica de los biodiscos.**

$$V = \pi \cdot 2^2 / 4 \cdot 2 = 13.19 \text{ m}^3 \text{ por cada biodisco}$$

$$\text{Superficie especifica bruta biodiscos} = 600 / 13.19 = 45.47 \text{ m}^2 / \text{m}^3.$$

**Calculo de factor de producción de fangos.**

$$F.P.F.= -0.0725 + 0.0215 \times (\text{DBO soluble en el efluente})$$



$$F.P.F. = -0.0725 + 0.0215 \times (27.34) = 0.52$$

**Calculo de kilos de DBO soluble alimentados por línea y día.**

$$kgDBO = \frac{Qd * 24 * DBO}{1000} = \frac{1.07 * 24 * 547}{1000} = 14.07 \frac{kgDBO}{linea * dia}$$

**Calculo de carga superficial (GR.DBO/DIA-M2).**

$$CS = \frac{\frac{kgDBO}{dia} * 1000}{m2biodiscos} = \frac{14.07 * 1000}{600} = 23.45 \approx 24 \frac{gDBO}{dia * m2}$$

**Calculo de superficie mínima 1º etapa por línea.**

$$S1^{a}Etapa = KgDBOlinea * 31.26 = 14.07 * 31.26 = 439.83m2$$

**Calculo del volumen útil mínimo recomendado de balsa por línea.**

$$Vlinea = Vbiodiscos_{linea} * \%sumerg * 1.5 = 13.19 * 0.4 * 1.5 = 7.92 \approx 8m3$$

**Calculo de longitud de biodiscos por línea.**

$$Long. = \frac{\frac{m2biodiscos * 4}{m2/m3biodiscos}}{\pi * D2} = \frac{\frac{600 * 4}{45.47}}{\pi * 2^2} = 4.2 \approx 4.5metros$$

**Calculo de concentración de SST en la salida de biodiscos.**

$$\begin{aligned} SSsalida &= SSentrada - FPF * (DBOent - DBOsal) \\ &= \frac{421.88mg}{l} - 0.52 * (546.88 - 27.34) = 154.11 \\ &\approx 155mg/l \end{aligned}$$

**Producción de fangos biológicos.**

$$P.F. = \frac{Q * 24 * SSsalida}{1000} * \left(1 - \frac{Vascensional * 0.039}{1.9 - Vascensional}\right) = 17.24kg/día$$

En el cuadro se muestra el detalle de los parámetros de calidad del agua en la cámara ver Cuadro N° 19

	Entrada		Salida	
Caudal de Diseño	0.298	L/s	0.298	L/s
Concentración de DBO	546.88	mg/l	15	mg/l
Concentración de SST	421.88	mg/l	150	mg/l
Concentración de Coliformes fecales	3.13 E07	NMP/100ml	3.13 E05	NMP/100ml

**Cuadro N° 19 – Parámetros de calidad del Agua en la Cámara de Biodiscos PTAR - 02**

El diseño correspondiente al lecho de secado lo podemos encontrar en el Anexo 03

**c. CALCULO DE LA CAMARA DE CONTACTO.**

El diseño de la cámara de contacto se muestra los cálculos en hoja Excel en el Anexo 05 (Calculo para el diseño de cámara de contacto), de los cuales se extrajo los datos de las características del fluido que ingresa y sale como se muestra en el cuadro N° 20

	Entrada		Salida	
Concentración de Coliformes fecales	3.13 E05	NMP/100ml	313	NMP/100ml

**Cuadro N° 20 – Parámetros de calidad del Agua en la Cámara de contacto PTAR - 02.**

En el cálculo se obtuvo las dimensiones que tendrá la Cámara de Contacto para la PTAR los cuales se muestran en el cuadro N° 21

<b>DIMENSIONES DE LA CÁMARA DE CONTACTO</b>	
Largo	3.50 m
Ancho	0.80 m
Altura	0.60 m

**Cuadro N° 21 – Dimensiones de la cámara de contacto PTAR - 02.**

#### 4.1.4. Presupuesto de las Alternativas de solución

##### a. Presupuesto de la primera alternativa de planta de tratamiento.

Como se muestra en el plano de la PTAR 01, adjuntos en el Anexo 06, esta PTAR 01 tiene como componentes: una cámara de rejillas para los elementos grandes, continuando con un tanque imhoff para las partículas más pequeñas, el cual dirige sus sedimentos hacia el lecho de secado, mientras el fluido pasa a través de un filtro biológico, para terminar en la cámara de contacto donde se eliminarán los coliformes, para que el agua ya tratada sea de tipo 3 con las características indicadas en el Cuadro N° 04. Se muestra en el Cuadro N° 22 el resumen del presupuesto del PTAR 01.

Item	Descripción	Sub Total	Total
01.00	PLANTA DE TRATAMIENTO (01 UND)		406,259.68
01.01	CAMARA DE REJAS Y DESARENADOR	8,480.19	
01.02	CONSTRUCCION DE TANQUE IMHOFF	119,833.45	
01.03	FILTRO BIOLOGICO	147,320.42	
01.04	LECHO DE SECADO	100,640.48	
01.05	CAMARA DE INSPECCION	4,056.14	
01.06	CAMARA DE CONTACTO DE CLORO	5,967.37	
01.07	CONSTRUCCION DE CERCO PERIMETRICO (INCL PUERTA DE INGRESO)	11,554.05	
01.08	EMISOR EFLUENTE TRATADO (INCL. DISPOSITIVO DE DESCARGA)	8,407.58	

**Cuadro N° 22- Resumen de Presupuesto Propuesta 1 PTAR - 01.**

Toda la planta tendrá un costo de S/. 406,259.68, según se puede observar en el cuadro 22.

**b. Presupuesto de la segunda alternativa de planta de tratamiento.**

Como se muestra en el plano de la PTAR 02, adjuntos en el Anexo 07, esta PTAR 02 tiene como componentes una cámara de rejillas para los elementos grandes, continuando con un tanque Imhoff para las partículas más pequeñas, el cual dirige sus sedimentos hacia el lecho de secado, mientras el fluido pasa a través de los biodiscos, para terminar en la cámara de contacto donde se eliminarán los coliformes, para que el agua ya tratada sea de tipo 3 con las características indicadas en el Cuadro N° 04. Se muestra en el Cuadro N° 23 el resumen del presupuesto del PTAR 02.

Item	Descripción	Sub Total	Total
01.00	PLANTA DE TRATAMIENTO (01 UND)		333,539.26
01.01	CAMARA DE REJAS Y DESARENADOR	8,480.19	
01.02	CONSTRUCCION DE TANQUE IMHOFF	119,833.45	
01.03	BIODISCOS	74,600.00	
01.04	LECHO DE SECADO	100,640.48	
01.05	CAMARA DE INSPECCION	4,056.14	
01.06	CAMARA DE CONTACTO DE CLORO	5,967.37	
01.07	CONSTRUCCION DE CERCO PERIMETRICO (INCL PUERTA DE INGRESO)	11,554.05	
01.08	EMISOR EFLUENTE TRATADO (INCL. DISPOSITIVO DE DESCARGA)	8,407.58	

**Cuadro N° 23- Resumen de Presupuesto Propuesta 2.**

Toda la planta tendrá un costo de S/. 333,539.26, según se puede observar en el cuadro 23.

## CONCLUSIONES

- Se determinó que el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 02, presenta los siguientes componentes: Desarenador, Tanque Imhoff, Biodiscos, Lecho de Secado y Cámara de contacto, el cual vierte agua con las siguientes características 15 mg/l de DBO y 313 NMP/100ml como se ve en los Cuadros N° 19 y 20.
- Con respecto al diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 01, presenta los siguientes componentes: Desarenador, Tanque Imhoff, Filtro Biológico, Lecho de Secado y Cámara de contacto, el cual vierte agua con las siguientes características 80mg/l de DBO y 313 NMP/100ml como se ve en los Cuadros N° 10 y 12.
- Se demostró que los biodiscos son más económicos que el filtro biológico, como se puede apreciar en la Cuadro N° 23 los biodiscos tendrán un costo de S/. 74,600.00, mientras en el Cuadro N° 22 el filtro biológico tendrá un costo de S/. 147,320.42. Significando un ahorro de S/. 72,720.42.
- Con respecto a la eficiencia los biodiscos son superiores a los filtros biológicos toda vez que los biodiscos obtuvieron mejor rendimiento en la disminución de Demanda Biológica de Oxígeno. Los Biodiscos redujeron la DBO a 15 mg/l como se puede apreciar en el Cuadro N° 19 y el Filtro Biológico redujo la DBO a 80 mg/l como se aprecia en el Cuadro N° 10.

## RECOMENDACIONES

- Incentivar y Fomentar el uso de esta Nueva Tecnología de planta de Tratamiento de aguas residuales, con el uso de Biodiscos para obtener mejores rendimientos en la conservación de la salud y el medio ambiente.
- Investigar sobre futuros diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales de acorde a las diferentes zonas ecológicas del Perú.
- Tomar en cuenta a la hora de diseñar los biodiscos no exceder del 95% de eficiencia ya que podría proporcionar diseños inadecuados y poco económicos.
- Tomar en cuenta para que el agua que se verterá al río se debe respetar los límites máximos permisibles considerados en el presente proyecto y en mayor énfasis los coliformes fecales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amieva del Val, Juan J. (1993). Viabilidad del proceso "BE" (Biopelícula Extraíble). Aplicación a un RBC. Tesis Doctoral. Dpto. Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Cantabria. Santander, España.
- Bezanilla revilla, José A. (1993). Depuración de aguas residuales en un Contactor Biológico Rotativo (RBC) con alternancia en el sentido de flujo. Tesis Doctoral. Dpto. Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente. Universidad de Cantabria. Santander, España.
- Iglesias (2013) del proyecto fin de carrera “Calculo y diseño de una EDAR de Biodiscos”
- Kincannon, D. F. & Gaudy, A. F. Jr. (1966). Some effects of high salt concentrations an activated sludge. *Journal WPCF*, 38, 1148-1159.
- Kincannon, D. F. & Gaudy, A. F. Jr. (1968). Response of biological waste treatment systems to changes in salt concentrations. *Biotechnol. Bioeng.*, 10, 483-496.
- Kinner, N. E. & Bish P, P. L. (1982). Treatment of saline domestic wastewater using RBC's. *Env. Eng., ASCE*, 108, 650-664.
- Lawton, G. W. & Eggert, C. V. (1957). Effect of high sodium chloride concentration on trickling filter slimes. *Sewage & Ind. Wastes*, 29, 1228-1236.
- Ludzack, f. J. & Noran, D. K. (1965). Tolerance of high salinities by conventional wastewaters treatment processes. *Journal WPCF*, 37, 1404-1416.
- Mayor (2013) tesis “Planeamiento Integral de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales” Facultad de Ingeniería Civil PUCP.

- Mikucki, W. J. & Poon, C. P. C. (1976). An evaluation of the bio-surf process for the treatment of saline-domestic wastewater. Proceedings of the 8th Annual Offshore Technology Conference. Houston, Tex., 293-298.
- Mills, E. V. & Wheatland, A. B. (1962). Effect of saline sewage on the performance of percolating filters. Water & Waste Trt. Journal., 9, 170-172.
- Nemerow, Nelson I. (1977). Aguas Residuales Industriales. Teorías, aplicaciones, tratamiento. H. Blume Ediciones. Madrid.
- Poon, C. P. C.; Chao, Y.-I. & Mikucki, W. J. (1979). Factors controlling rotating biological contactor performance. J. WPCF, 51, 601-611.
- Poon, C. P. C. & Mikucki, W. J. (1978). Rotating biological contactors treat Island's saline sewage. Water Sewage Works, 62-66.
- Soto, M.; Méndez, R. & Lema, J.M. (1990). Efluentes residuales en la industria de procesamiento de productos marinos. Ingeniería Química. 203-209.



## **ANEXOS**

**DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIODISCOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA LOCALIDAD DE HUAYLLASPANCA - SAPALLANGA**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables y dimensiones</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Se conoce como alternativa el diseño de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales mediante la utilización de biodiscos en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Demostrar el diseño adecuado en la infraestructura, así como la utilización de biodiscos para el tratamiento de aguas residuales domésticas, en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.</p>	<p><b>1. Antecedentes:</b></p> <p>A nivel Nacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Mayor (2013):</b> en la tesis “Planeamiento Integral de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales”</li> </ul> <p>A nivel internacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Iglesias (2013)</b> del proyecto fin de carrera “Calculo y diseño de una EDAR de Biodiscos”</li> </ul> <p><b>2. Marco teórico referencial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Biodiscos.</b></li> <li>- Fundamentos del proceso de Biodiscos</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p><b>H<sub>1</sub></b> Si el diseño de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales mediante biodiscos influirá en el sistema de alcantarillado de la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.</p> <p><b>H<sub>0</sub></b> No el diseño de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales mediante biodiscos no influirá en el sistema de alcantarillado de la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Infraestructura</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variables</li> <li>- Saludables</li> <li>- Beneficiosas</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> Básica o pura</p> <p><b>Nivel:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño de Investigación.</b></p> <p><b>DG:</b> Cuasi Experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b></p> <p><b>Población:</b> 1326 Habitantes</p> <p><b>Muestra:</b> Probabilística conformada por 341 habitantes en la localidad de Huayllaspanca del distrito de Sapallanga.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos:</b></p> <p>Las documentales (proporcionados por el municipio)</p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b></p>

<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>-¿Se conoce qué componentes tiene una planta de tratamiento de aguas residuales en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga?</p> <p>-¿Se conoce la utilización de biodiscos en el sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>-Diseñar y establecer las características de los distintos componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para el funcionamiento de un sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.</p> <p>-Determinar la utilización de biodiscos en el tratamiento de aguas residuales que permita llegar a los Límites Máximos Permisibles (LMP), para la mejora de la salud en la localidad de la localidad Huayllaspanca – Sapallanga.</p>	<p>- Microbiología en los contactores biológicos rotatorios.</p> <p>- Criterios de Diseño de Biodiscos.</p> <p>- Breve descripción de otros sistemas de tratamiento</p> <p>- Los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles.</p> <p>- Estándares de Calidad Ambiental – Aguas Usos</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p><b>H<sub>1</sub></b> Si identificar las características de los distintos componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para el funcionamiento de un sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.</p> <p><b>H<sub>0</sub></b> No identificar las características de los distintos componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales para el funcionamiento de un sistema de alcantarillado en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.</p> <p><b>H<sub>1</sub></b> Si determinar la utilización de biodiscos en el tratamiento de aguas residuales que permita llegar a los Límites Máximos Permisibles (LMP), para la mejora de la salud en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.</p> <p><b>H<sub>0</sub></b> No determinar la utilización de biodiscos en el tratamiento de</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Aguas Residuales</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Insalubres</li> <li>- Contaminantes</li> <li>- Tratables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidas de tendencias central.</li> <li>• Medidas de dispersión.</li> <li>• Medidas de forma.</li> <li>• Medidas de regresión y correlación.</li> </ul> <p><b>Prueba de hipótesis:</b> “r” de Pearson, Prueba t, Prueba de Alpah de Cronbach</p>
--	---	---	--	---	---

			aguas residuales que permita llegar a los Límites Máximos Permisibles (LMP), para la mejora de la salud en la localidad de Huayllaspanca – Sapallanga.		
--	--	--	--	--	--

