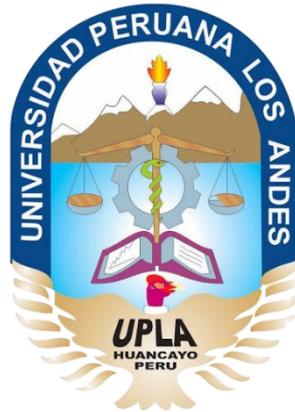


“Año del Buen Servicio al Ciudadano”

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
POR APLICACIÓN ANAERÓBICA EN EL CENTRO
POBLADO DE CHAINAPAMPA, DISTRITO DE
ACORIA - HUANCAVELICA**

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN : SUSTENTABILIDAD DE RECURSOS
NATURALES**

LINEA DE INVESTIGACIÓN : SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. CHANELL FLOWER HUAMAN RAMON

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2017

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**Dr. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE**

.....
JURADO

.....
JURADO

.....
JURADO

**MG. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE**

ASESOR:
ING. CARLOS SÁNCHEZ GUZMÁN

ASESOR:
ING. JUAN JOSÉ BULLÓN ROSAS

DEDICATORIA:

Esto va dedicado a Dios, nuestras familias 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.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	13
1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.3.1 Problema General.....	16
1.3.2 Problemas Específicos.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
1.5 HIPÓTESIS.....	17
1.5.1 Hipótesis de Investigación.....	17
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.6.2. Justificación Social.....	18
1.6.3. Justificación Metodológica.....	18
1.6.3. Justificación ambiental.....	19
1.7. Limitaciones:.....	19
1.7.1. Limitación económica:.....	19
1.7.2. Limitación logística:.....	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 EL AGUA.....	20
2.1.1 Generalidades.....	20

2.2	AGUAS RESIDUALES	20
2.2.1	Características físico-químicas de las aguas residuales.....	22
2.3	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	29
2.3.1	Tratamiento preliminar	29
2.3.2	Tratamiento primario	29
2.3.3	Tratamiento secundario.....	32
2.3.4	Tratamiento terciario	36
2.4	SISTEMAS DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS	40
2.4.1	Clases de lagunas.....	41
2.4.2	Transformación de los constituyentes de las aguas residuales	43
2.4.3	Aspectos constructivos para las lagunas de tratamiento	47

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	MÉTODOS CON QUE SE RESUELVE EL PROBLEMA	56
3.2	TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS	56
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	58
3.4	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	58
3.5	DISEÑO DEL ESTUDIO.....	58
3.6	DISEÑO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS:.....	59
3.7	TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS	60
3.8.	VARIABLES	60

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.	ANTECEDENTES	61
4.2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	61
4.3	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO.	67

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	77
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	90
ANEXOS.....	91
PANEL FOTOGRÁFICO.....	97

RESUMEN

Esta investigación debe responder al problema: ¿Cómo influye el diseño de una planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica? El objetivo general es: Determinar la influencia del diseño de una planta por aplicación anaeróbica en el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica y la hipótesis a verificarse es “El diseño de una planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica influye efectivamente”.

El tipo de investigación es aplicada, del nivel explicativo y con un enfoque cuantitativo, con diseño experimental y la población es el centro poblado de Chainapampa y el tipo de muestreo es no probabilístico y es el sector sur oeste del centro poblado de Chainapampa.

Se concluye que el tipo de suelo en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica en el tratamiento de los efluentes influye positivamente, lo cual también los parámetros bioquímicos y químicos inciden en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica en el tratamiento de los efluentes del centro poblado de chainapampa.

PALABRAS CLAVE: Planta de tratamiento, anaeróbica, efluentes, parámetros bioquímicos, químicos.

ABSTRACT

This research should answer the problem: How does the design of a plant influence anaerobic application for the treatment of effluents in the town of Chainapampa in the district of Acoria in the province of Huancavelica? The general objective is: To determine the influence of the design of a plant by anaerobic application in the treatment of effluents in the town of Chainapampa in the district of Acoria of the province of Huancavelica and the hypothesis to be verified is "The design of a plant by anaerobic application for the treatment of effluents in the town of Chainapampa of the district of Acoria of the province of Huancavelica influences effectively ".

The type of research is applied, of the explanatory level and with a quantitative approach, with experimental design and the population is the populated center of Chainapampa and the type of sampling is not probabilistic and it is the south west sector of the center town of Chainapampa.

It is concluded that the type of soil in the design of the plant by anaerobic application in the treatment of effluents positively influences, which also the biochemical and chemical parameters affect the design of the plant by anaerobic application in the treatment of the effluents of the populated place of chainapampa.

KEYWORDS: Treatment plant, anaerobic, effluents, biochemical, chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo la disposición y tratamiento de las aguas residuales, bien sea, comerciales, domésticas e industriales entre otras, en nuestro país han sido y continúan representando un problema ambiental y de salud pública, tanto para los entes del estado como para los organismos privados, los cuales tienen el deber de conservar y preservar el medio ambiente en sus diferentes elementos.

Se observa en la actualidad, que los medios receptores naturales como el mar, los ríos y lagos, en muchos casos ya no tienen la capacidad de absorber, neutralizar o eliminar las cargas orgánicas e inorgánicas contenidas en las aguas residuales que llegan a ellos, y por lo tanto, las aguas residuales son conducidas sin control o pre-tratamiento hacia los referidos cuerpos de agua, provocando los efectos dañinos que esta práctica común les imprime.

Por tanto lo antes descrito, la necesidad de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), para la población de Chainapampa, constituye una manera de evitar no sólo la contaminación de los medios acuáticos, sino también va a satisfacer el interés de toda la colectividad de eliminar los problemas que ocasionan las aguas residuales generadas en la referida población.

El desarrollo del presente Proyecto de Investigación, tiene además el propósito de contribuir de una forma u otra en sembrar conciencia en todos aquellos entes tanto públicos como privados, y en la colectividad en general, ya que el mismo puede potenciar la necesaria construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), en la referida población, de tal manera que se

minimicen los actuales problemas de contaminación ambiental, en el mar, en el nivel freático y por ende en los habitantes del sector.

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

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.- Trata del problema de investigación, aquí se desarrollará en forma exhaustiva el problema que se pretende estudiar.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO. - Es imposible realizar una investigación científica sin la presencia de un marco teórico, porque a este le corresponde la función de orientar y crear las bases teóricas de la investigación, comprende la ubicación del problema en una determinada situación histórico-social, definiciones de nuevos conceptos, clasificaciones, tipologías por usar, etc.

Se realizará un resumen de las teorías que se han escrito sobre el tema, así mismo se realiza una revisión y análisis de trabajos ya realizados y planteamientos de otros autores, soporta el desarrollo del estudio y la discusión de los resultados.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. - Se explicará detalladamente el proceso de desarrollo de la tesis. Comprende el diseño de la realización de la investigación y comprende generalmente: la especificación del universo, la selección de la técnica, tamaño de la muestra, descripción de la forma de tratamiento de los datos y forma de análisis de las informaciones.

CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.- Se tratará en este capítulo los principales parámetros considerados para el diseño y cálculo de las unidades del sistema de tratamiento de aguas residuales. Diseño que dependerá de los datos del área en estudio.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.- En base a los resultados obtenidos en campo se analizarán, las propiedades y características del sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.- Se realizará en forma concreta las conclusiones a las que se ha llegado después de desarrollado del tema; así mismo se dará algunas recomendaciones que se tendrá en cuenta, para mejorar el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA.- se está realizando una relación de toda la bibliografía que pueda ser consultada, con sus respectivos autores y fechas de ediciones.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

El debate de hace algunos años, que llevaba a oponer las tecnologías anaerobias modernas con las aerobias, ya ha sido resuelto en buena medida en el sector industrial; se ha ganado madurez y experiencia. Ahora lo que se acepta en forma creciente es que ambos tipos de procesos no se oponen, por el contrario, se complementan al aportar cada uno su parte, paliando entre ambos sus respectivas desventajas o limitaciones. El esquema anterior es menos claro en el caso de aguas más diluidas, como las de origen doméstico o municipal. En este sentido, la evidencia de la madurez de la tecnología anaerobia aplicada en efluentes industriales ya es clara, pero aún falta mucho por convencer en el ramo de las aguas residuales municipales. Es conveniente señalar el hecho que la última edición (4ª) del libro editado por Metcalf y Eddy (2003) ya incluye una sección completa (capítulo 10) para los procesos anaerobios, la cual trata en detalle la tecnología UASB, aunque sin

prácticamente mencionar su aplicación al tratamiento de aguas residuales municipales.

Dentro de los procesos anaerobios de tipo compacto, el conocido como reactor anaerobio de manto de lodos y flujo ascendente (UASB), es, sin duda, el más aplicado a nivel mundial en aguas residuales industriales. En aguas de tipo municipal, es también una tecnología con bastante aplicación, particularmente en Brasil, Colombia, India y México. Otro proceso anaerobio que se ha utilizado, pero a menor escala, es el filtro anaerobio, con una etapa o con compartimientos, ya sea con flujo horizontal, ascendente o descendente.

A pesar de que el reactor UASB es un proceso relativamente sencillo de operar con aguas de tipo municipal, su simplicidad no implica que no se requiera de atención y cuidado en su diseño y operación. El buen diseño de un reactor UASB es esencial para su correcto funcionamiento. No puede esperarse que un reactor con fallas en el diseño hidráulico tenga un buen desempeño. El diseño de un reactor que trate aguas residuales municipales debe partir de la carga hidráulica como parámetro fundamental y no de la carga orgánica, como sucede con reactores que tratan aguas concentradas.

El reactor anaerobio de flujo ascendente a través de un manto de lodos UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), también conocido como RAFA o PAMLA o RAMLFA, fue desarrollado por Lettinga y otros investigadores en 1980; fue aplicado en Holanda para el tratamiento de residuos de

concentraciones media y alta de origen agrícola, tales como las aguas residuales del azúcar de remolacha, levaduras y lácteos.

El reactor UASB, consiste en un tanque dentro del cual se acumula por sedimentación biomasa anaerobia en forma de lodo (formación del lecho de lodos). El sustrato orgánico a degradar (agua afluyente del reactor) se introduce por el fondo del tanque distribuyéndose uniformemente y en su trayectoria ascendente se pone en contacto con la biomasa, la cual estabiliza anaeróbicamente el sustrato produciendo biogás y más biomasa.

La tecnología anaerobia en sus diferentes manifestaciones constituye una excelente alternativa de tratamiento no solo para residuos líquidos industriales sino también para aguas residuales domésticas, especialmente en poblaciones de baja y media complejidad localizadas en zonas con superior a los 20°C, como es el caso de varias regiones del país.

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

A través de los años y en la actualidad, muchas personas han sido testigo, de la no disponibilidad de un adecuado tratamiento de las aguas residuales para los diferentes sectores de la vida pública, como lo son, el turístico, industrial, comercial y doméstico, lo cual viene a representar un problema para nuestro ambiente, tanto en nuestro país como en otras regiones del mundo que nos circundan. Existen hábitats donde la flora, la fauna y el ecosistema en general se han venido convirtiendo en medios

vulnerables de estas aguas residuales, las cuales poseen una alta carga de materia orgánica e inorgánica, medios como ríos, lagos, lagunas, mares y cuerpos de agua, que se constituyen en fuentes receptoras naturales, que ya no están teniendo la capacidad natural de absorber y minimizar las altas concentraciones de contaminación que reciben,, generando un desequilibrio en la biodiversidad del lugar, así como fluctuaciones o variaciones en las condiciones físicas, químicas y biológicas del medio ambiente determinado. El presente proyecto, consiste en el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mediante un proceso anaerobio y tiene como ubicación la población de Chainapampa, Acoria-Huancavelica.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema General

¿Cómo influye el diseño de una planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica?

1.3.2 Problemas Específicos

a) ¿Cómo influye el tipo de suelo en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica?

b) ¿Cómo influye los parámetros bioquímicos y químicos en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Determinar la influencia del diseño de una planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Evaluar la influencia del tipo de suelo para el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.
- b) Analizar cómo influyen los parámetros bioquímicos y químicos en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis de Investigación

Hipótesis general:

El diseño de una planta por aplicación anaeróbica influye positivamente en el tratamiento de los efluentes en el centro

poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.

Hipótesis específica:

- a) El tipo de suelo influye efectivamente para el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.
- b) Los parámetros bioquímicos y químicos del diseño de la planta por aplicación anaeróbica inciden en el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.

1.6 JUSTIFICACIÓN

1.6.2. Justificación Social

El trabajo es trascendente ya que va a beneficiar a Instituciones y Empresas como también a la población y de igual manera va a permitir tomar conciencia del rol de controlar el uso del agua, ya que poco a poco se verá afectado por el calentamiento global.

1.6.3. Justificación Metodológica

En la presente investigación el instrumento diseñado y elaborado ha servido para recopilar información y asimismo para analizar y procesar los datos, los mismos que pueden servir de base y sustento para investigaciones similares.

1.6.3. Justificación ambiental

La investigación sobre el tratamiento de efluentes va a permite devolver el líquido al ambiente natural y reducir el impacto y contaminación. producidos por la actividad humana.

1.7. Limitaciones:

1.7.1. Limitación económica:

Porque para viajar al centro poblado de centro de poblado Chainapampa no se cuenta con un vehículo apropiado ya que la carretera para llegar es trocha Carrozable y en mal estado

1.7.2. Limitación logística:

Ya que en la municipalidad de Acoria o centro poblado no tienen la relación exacta de habitantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 EL AGUA

2.1.1 Generalidades

El agua ocupa las tres cuartas partes de la superficie del planeta. Se compone de tres átomos, uno de oxígeno y dos de hidrogeno que unidos entre si forman una molécula de agua, H₂O.

La Viscosidad es relativamente baja, fluye con facilidad, es incompresible, relaciones presión - densidad no son importantes, disuelve muchas y variadas sustancias.

El comportamiento térmico del agua es único en varios aspectos, debido a que sus asociaciones intermoleculares son inusualmente fuertes.

El agua tiene elevados puntos de ebullición y de fusión para ser una sustancia de peso molecular tan bajo, posee capacidades caloríficas altas a estado líquido $C_p = 21 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ y en estado sólido $C_p = 0.5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

2.2 AGUAS RESIDUALES

Se denominan aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial, se les llama también aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales. El término residual se emplea ya que el agua luego de ser usada constituye un residuo que no se puede usar directamente, son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunas veces se hace una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales considerando la procedencia de las primeras sólo de uso doméstico mientras a las segundas correspondientes a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

Las aguas residuales generalmente están compuestas por los siguientes contaminantes:

Cuadro 2.1
Principales contaminantes de las aguas Residuales

Contaminante	Fuente	Importancia Ambiental
Sólidos suspendidos.	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos
Compuestos orgánicos biodegradables	Desechos domésticos e industriales	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones
Microorganismos patógenos	Desechos domésticos	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutroficación.
Compuestos orgánicos refractarios	Desechos industriales	Pueden causar problemas de sabor y olor, pueden ser tóxicos o carcinogénicos.
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reuso del efluente
Sólidos inorgánicos disueltos	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua	Pueden interferir con el reuso del efluente

Fuente: Metcalf y Eddy, Inc.

Este cuadro nos da entender que lo fundamental para el control de la polución de aguas residuales, ha sido tratar las aguas residuales en plantas de tratamiento que hagan parte del proceso de remoción de los contaminantes y dejar que la naturaleza lo complete en el cuerpo receptor, para ello el nivel de tratamiento requerido es en función principalmente del caudal del cuerpo receptor de su contenido en oxígeno y para reoxigenarse.

2.2.1 Características físico-químicas de las aguas residuales

Las principales características físico-químicas de las aguas residuales son : materia orgánica, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, pH, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos en suspensión, Nitrógeno (Orgánico, Amoniacal, nitrato, nitrito), fósforo (orgánico, inorgánico), cloruros, alcalinidad, grasas, carbono orgánico total, boro, metales pesados (cadmio, níquel, cromo, cobre, hierro, plomo, mercurio, manganeso, zinc), pesticidas (organoclorados y organofosforados).

2.2.1.1 Materia orgánica

La materia orgánica representa uno de los parámetros más importantes de la contaminación, es aquella que agota el oxígeno disuelto en las masas de agua. En el agua residual de descomposición típica cerca del 70% de los sólidos suspendidos y el 45-50% de los sólidos fijos.

La materia orgánica está compuesta de carbono, hidrógeno, oxígeno y de nitrógeno en algunos casos. La materia orgánica se divide en diferentes grupos:

Proteínas: constituyen del 40 al 60% de las aguas residuales, la úrea y las proteínas son la principal fuente de nitrógeno en las aguas residuales y si se encuentran en grandes cantidades pueden producir malos olores.

Carbohidratos: constituyen del 25 al 50% de las aguas residuales, provienen de la materia vegetal, este grupo incluye a los azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera.

Aceites y grasas: se generan en la comida, son compuestos muy estables y difíciles de descomponer por las bacterias.

Surfactantes: Son moléculas grandes ligeramente solubles en agua y causan espuma, conocidos como detergentes se usan generalmente en la limpieza y pueden ocasionar problemas en la aireación

2.2.1.2 Oxígeno disuelto

El Oxígeno disuelto es uno de los principales parámetros de las aguas residuales, muchos organismos dependen del para mantener los procesos metabólicos, para obtener energía y efectuar su reproducción. Además se constituye el principal indicador del estado contaminación de una masa de agua, ya que la materia orgánica contenida en esta tiene como efecto directo el consumo del oxígeno disuelto. Como indicador de calidad de agua

residual debe tener un máximo de 110% de la concentración de saturación.

2.2.1.3 Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda Bioquímica de Oxígeno DBO es causada por la materia orgánica arrojada a las masas y corrientes de agua, la cual se constituye en el alimento para las bacterias que se reproducirán rápidamente.

2.2.1.4 Demanda química de oxígeno

La medida de la DQO es una estimación de las materias oxidables presentes en el agua cualquiera que sea su origen orgánico o mineral (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros). La DQO corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación al dicromato o permanganato en medio ácido. El DQO generalmente es mayor que la DBO.

Si la relación DBO₅/DQO para aguas residuales no tratadas es mayor a 0.5 los residuos se consideran fácilmente tratables mediante procesos biológicos, si la relación DBO₅/DQO es menor que 0.3, el residuo puede contener constituyente tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización. (Crites Tchobanoglous, 2000).

2.2.1.5 Potencial hidrógeno

La concentración del ion Hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales, como de las residuales, (Metcalf-Eddy, 1996). Mide la magnitud de acidez o alcalinidad del agua residual. Es importante mencionar que el intervalo de pH adecuado

para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, normalmente entre pH 5 y 9.

Si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado, por esta causa la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de los límites específicos de pH.

2.2.1.6 Materia sólida

La materia sólida del agua residual está presente en forma disuelta y suspensión, la determinación de ésta es importante para establecer el mayor o menor grado de depuración que se obtendrá de acuerdo con la eficiencia del tratamiento.

La concentración de sólidos totales indica la cantidad de lodos que se producirán diariamente en condiciones normales. Además indican la turbiedad debido a los sólidos no filtrables. (Metcalf & Eddy, 1996).

Las sustancias obtenidas por filtración o centrifugación y por decantación de una muestra de agua corresponden a la materia en suspensión, mientras que la que no puede separarse por estos métodos y pasa a través del papel filtro se denomina materia disuelta. La materia en suspensión constituye la contaminación más fácil de eliminar del agua, siendo la sedimentación el principal mecanismo de eliminación.

La concentración de sólidos suspendidos se debe a material causado por partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basura y aquellas otras que pueden

ser perceptibles a simple vista. Esta concentración afecta la DBO y DQO debido a que los sólidos consumen el oxígeno existente. (Metcalf & Eddy, 1996)

2.2.1.7 Nitrógeno

Los elementos nitrógeno son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimulantes. Debido a que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesita conocer datos sobre la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos; y en casos de que la concentración de nitrógeno sea insuficiente será necesario adicionarlo para lograr que el agua residual sea tratable. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato. (Metcalf & Eddy, 1996).

2.2.1.8 Nitrógeno inorgánico

También llamado nitrógeno amoniacal, este influye en el pH de las aguas. Gran parte del nitrógeno presente en el agua residual se debe a los compuestos nitrogenados utilizados en la agricultura y en la industria química como por ejemplo el uso de fertilizantes y detergentes. (Metcalf & Eddy, 1996).

El amoníaco se encuentra en el agua residual debido a una degradación incompleta de la materia orgánica.

La presencia de este nutriente significa una posible contaminación debido a bacterias, desechos de origen animal, y por tanto puede considerarse como “insegura”.

2.2.1.9 Nitrógeno orgánico

El Nitrógeno orgánico contribuye al desarrollo de las bacterias y demás seres acuáticos no deseables. Su presencia en las aguas residuales es aportada a través de las excretas humanas, además se los encuentra en la forma de proteínas, aminoácidos y urea.

La presencia de nitrógeno orgánico en las aguas residuales urbanas se debe también a los residuos domésticos formados por proteínas o productos de su degradación: poli péptidos. (Clair Sawyer, 2001).

2.2.1.10 Nitrógeno de nitrito

Es un indicador de contaminantes previo al proceso de estabilización, y rara vez su concentración excede de 1 mg/L en aguas residuales. Los nitritos son de gran importancia porque son altamente tóxicos para peces y demás seres acuáticos. (Crites Tchobanoglous, 2000)

Los nitritos pueden estar presentes en las aguas, bien por la oxidación del amoníaco o por la reducción de los nitratos. En el primer caso, es casi segura que su presencia se deba a una contaminación reciente, aunque haya desaparecido el amoníaco.

Los nitritos presentes en aguas residuales tratadas son oxidados por adición de cloro, lo cual ocasiona un aumento en la demanda de cloro y en los costos de desinfección.

2.2.1.11 Nitrógeno de nitrato

En un agua típicamente urbana no deben existir nitratos y su presencia se debe a la oxidación del nitrógeno amoniacal en presencia de oxígeno, ya que la

preponderancia del nitrógeno en forma de nitratos en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. (Metcalf & Eddy, 1996).

2.2.1.12 Fósforo

La concentración de fósforo total es comúnmente de 4-15 mg/l en aguas residuales urbanas (Metcalf- Eddy, 1996). El fósforo se puede encontrar en tres formas distintas: fósforo orgánico (especies particuladas), ortofosfatos y poli fosfatos (especies disueltas).

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y microorganismos protistas, por tal razón, al nitrógeno y al fósforo se los llama bioestimuladores.

Este parámetro físico se encuentra en el agua residual urbana principalmente por la materia fecal humana (50-65%), de los vertidos de residuos alimenticios y de los compuestos de fosfato inorgánico contenidos en los detergentes y de los productos de limpieza.

El uso de los detergentes como sustituto del jabón ha aumentado en gran medida el contenido de fósforo de las aguas residuales domésticas. (Clair N. Sawyer, 2001).

2.2.1.13 Cloruros

La presencia de cloruros en las aguas residuales urbanas es un parámetro importante. Las heces humanas por ejemplo, suponen unos 6g de cloruros por persona y día. (Metcalf & Eddy, 1996). En lugares donde la dureza del agua es alta, los compuestos usados para reducir la dureza son fuentes de origen de cloruros.

2.3 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

El tratamiento de aguas residuales domésticas se puede realizar en cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos:

2.3.1 Tratamiento preliminar

Esta etapa no afecta a la materia orgánica contenida en el agua residual. Se pretende con el pre tratamiento la eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las maquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora.

En el pre tratamiento se efectúa un desbaste para la eliminación de las sustancias de tamaño excesivo y un tamizado para eliminar las partículas en suspensión. Un desarenado, para eliminar las arenas y sustancias sólidas densas en suspensión y un desengrasado para eliminar los aceites presentes en el agua residual así como elementos flotantes.

2.3.2 Tratamiento primario

Comprende procesos de sedimentación y tamizado se usa para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos, a este proceso se lo conoce también como tratamiento mecánico se da mediante los siguientes procesos:

2.3.2.1 Remoción de sólidos

En este proceso el afluente es filtrado en cámaras de rejillas con el propósito de eliminar los objetos grandes, tales como trapos, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste

es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente.

2.3.2.2 Remoción de arena, escaneo o maceración

En este proceso existe un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, éste equipo es llamado colector de arena.

La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento.

Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición.

El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

2.3.2.3 Sedimentación

Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO5 y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

En esta etapa el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques, llamados clarificadores primarios o tanques de

sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente.

Los tanques primarios de establecimiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los fangos recogidos hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede llevar a éste hacia otras etapas del tratamiento.

2.3.2.4 Flotación

Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg por cm². El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.

2.3.2.5 Digestión

La digestión es un proceso microbiológico que convierte el cieno, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, esto es, se producen en

ausencia de oxígeno. La conversión se produce mediante una serie de reacciones.

En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas. La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. Se añade cieno espesado y calentado al digestor tan frecuentemente como sea posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta que se descompone. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45 y un 60 por ciento

2.3.2.6 Desección

El cieno digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación.

El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena. El cieno desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo.

2.3.3 Tratamiento secundario

Una vez eliminados de un 40 a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40% la DBO5 por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce

la cantidad de materia orgánica en el agua. Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto.

El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos.

La producción de materia orgánica nueva es un resultado indirecto de los procesos de tratamiento biológico, y debe eliminarse antes de descargar el agua en el cauce receptor. Comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.

2.3.3.1 Filtro de goteo

En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir alrededor de un 85% la DBO5

2.3.3.2 Fango activado

Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de cieno quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de cieno activado, llamadas *floc*, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa.

El floc absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO5 fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento. Un importante acompañante en toda planta que use cieno activado o un filtro de goteo es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga.

2.3.3.3 Estanque de estabilización o laguna

Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las *lagunas opcionales*, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea.

En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la DBO5 de un 75 a un 85 por ciento.

2.3.3.4 Camas filtrantes (camas de oxidación)

Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coke (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos). Tales medios deben tener altas superficies para soportar los biofilms que se forman.

El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central. El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacteria, protozoarios y hongos se forman en la superficie media y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Este biofilm es alimentado a menudo por insectos y gusanos.

2.3.3.5 Placas rotativas y espirales

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un floculo biótico que proporciona el substrato requerido.

2.3.3.6 Filtros aireados biológicos

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbono y la conversión del amoníaco ocurre en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un sólo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

2.3.3.7 Reactores biológicos de membrana

MBR es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos.

2.3.4 Tratamiento terciario

Tratamiento terciario o avanzado que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos.

2.3.4.1 Remoción de nutrientes

Las aguas residuales poseen nutrientes pueden también contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas). Las malas hierbas y las algas pueden parecer ser una edición estética, pero las algas pueden producir las toxinas, y su muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y asfixiar los peces y a otra vida acuática. Cuando se recibe una descarga de los ríos a los lagos o a los mares bajos, los nutrientes agregados pueden causar pérdidas entrópicas severas perdiendo muchos peces sensibles a la contaminación en el agua. La retirada del nitrógeno o del fósforo de las aguas residuales se

puede alcanzar mediante la precipitación química o biológica.

La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco a nitrato (nitrificación que implica nitrificar bacterias tales como Nitrobacter y Nitrosomonas), y entonces mediante la reducción, el nitrato es convertido al gas nitrógeno (desnitrificación), que se lanza a la atmósfera. Estas conversiones requieren condiciones cuidadosamente controladas para permitir la formación adecuada de comunidades biológicas. Los filtros de arena, las lagunas y las camas de lámina se pueden utilizar para reducir el nitrógeno.

Algunas veces, la conversión del amoníaco tóxico al nitrato solamente se refiere a veces como tratamiento terciario.

La retirada del fósforo se puede efectuar biológicamente en un proceso llamado retiro biológico realizado del fósforo. En este proceso específicamente bacteriano, llamadas Polyphosphate que acumula organismos, se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células. Cuando la biomasa enriquecida en estas bacterias se separa del agua tratada, los biosólidos bacterianos tienen un alto valor del fertilizante. La retirada del fósforo se puede alcanzar también, generalmente por la precipitación química con las sales del hierro (por ejemplo: cloruro férrico) o del aluminio (por ejemplo: alumbre). El fango químico que resulta, sin embargo, es difícil de operar, y el uso de productos químicos en el proceso del tratamiento es costoso.

Aunque esto hace la operación difícil y a menudo sucia, la eliminación química del fósforo requiere una huella significativamente más pequeña del equipo que la de retiro biológico y es más fácil de operar.

2.3.4.2 Desinfección

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales.

El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la clorina, o la luz UV. La Cloramina, que se utiliza para el agua potable, no se utiliza en el tratamiento de aguas residuales debido a su persistencia.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en Norteamérica debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados

que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. La clorina o las "cloraminas" residuales puede también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural. Además, porque la clorina residual es tóxica para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándose complejidad y costo del tratamiento

La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción.

Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

El ozono O₃ es generado pasando el oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma O₃. El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. El ozono se considera ser más seguro que la clorina porque, mientras que la clorina que tiene que ser

almacenada en el sitio (altamente venenoso en caso de un lanzamiento accidental), el ozono es colocado según lo necesitado. La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección que la desinfección con cloro.

2.4 SISTEMAS DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS

Las lagunas son excavaciones realizadas en un terreno para el tratamiento de aguas residuales. La profundidad de estas es variable, pueden ser poco profundas o bastante hondas.

La tecnología de tratamiento con lagunas se utiliza principalmente en comunidades pequeñas; sin embargo, las lagunas aireadas y facultativas se usan frecuentemente en comunidades medianas. Estos sistemas pueden funcionar en forma independiente o en combinación con otros sistemas de tratamientos de aguas residuales.

Las ventajas de un sistema con lagunas son:

- Los costos de capital resultan bajos.
- Requiere mínima capacitación del personal encargado de su operación.
- La evacuación y disposición de lodos se realiza en intervalos de 10 a 20 años.
- Es compatible con sistemas de tratamiento acuáticos o sobre el suelo.

Las desventajas de un sistema con lagunas son:

- Requiere grandes extensiones de terreno
- En el efluente se da una concentración elevada de algas que puede ocasionar problemas en fuentes receptoras superficiales

Las lagunas sin aireación a menudo no cumplen las normas de descarga

- Las lagunas pueden causar impactos negativos sobre las aguas subterráneas si no se impermeabilizan o si el recubrimiento se daña
- Un diseño inapropiado o una incorrecta operación puede generar malos olores.

2.4.1 Clases de lagunas

Las lagunas se pueden clasificar teniendo en cuenta la concentración de oxígeno disuelto (nivel de aerobividad), y la fuente que suministra el oxígeno necesario para la asimilación bacteriana de compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales en los siguientes tipos:

2.4.1.1 Lagunas aerobias

Este tipo de lagunas son poco profundas ya que deben permitir la penetración de la luz del sol en toda la columna de agua; por tal motivo se tiene gran actividad fotosintética durante las horas de luz solar, en toda columna de agua su profundidad varía entre 1 y 1,5 m.; Las lagunas diseñadas para aumentar la actividad fotosintética de las algas se denomina de alta tasa, el cual se refiere a la velocidad de producción fotosintética de oxígeno por parte de las algas presentes y no a la velocidad de asimilación metabólica de compuestos orgánicos, la cual permanece invariable.

El oxígeno producido por las algas permite a las bacterias degradar en forma aerobia los compuestos orgánicos presentes en el agua residual. Durante las horas de luz solar, el oxígeno y el pH aumentan alcanzando valores máximos, mientras que en las horas de oscuridad éstos parámetros disminuyen en forma considerable, respecto al valor máximo. Los tiempos de

retención de estos sistemas son relativamente cortos (generalmente 5 a 10 días). Las lagunas aerobias se utilizan en combinación con otras lagunas y su aplicación se limita a climas cálidos y soleados.

2.4.1.2 Lagunas facultativas

Este tipo de lagunas son las más usadas, la profundidad oscila entre 1.5 a 2.5 m., y se las conoce también como lagunas de estabilización. El tratamiento se desarrolla por acción de las bacterias aerobias en la capa superior y de bacterias anaerobias o anoxias en la capa inferior, dependiendo de la mezcla que se induce por acción del viento. Los sólidos Sedimentables se depositan en el fondo de la laguna.

El aporte de oxígeno se logra por fotosíntesis y por reaeración natural superficial. Las lagunas facultativas pueden funcionar como lagunas con descarga controlada, lagunas de retención total o como unidades de almacenamiento para un tratamiento posterior sobre el suelo.

2.4.1.3 Lagunas aireadas con mezcla parcial

Las lagunas aireadas con mezcla parcial son más profundas y pueden recibir mayor carga orgánica que una laguna facultativa. El suministro de oxígeno se realiza por medio de aireadores mecánicos flotantes o difusores de aire sumergidos.

Las lagunas aireadas tienen una profundidad que varía entre 2 y 6 m y se diseñan con un bajo tiempo de retención (3 a 20 días). La principal ventaja radica en que necesita menor área que otros sistemas de lagunas.

2.4.1.4 Lagunas anaerobias

Este tipo de lagunas se diseñan para el tratamiento de residuos líquidos con alto contenido de materia orgánica, generalmente aguas residuales de industrias ubicadas en zonas rurales apartadas. Estas lagunas no cuentan con zonas aerobias, la profundidad oscila entre 5 y 10 m.: y su tiempo de retención va de 20 a 50 días, debido a esto generan malos olores y requieren ser cubiertas o aisladas en zonas pobladas.

2.4.2 Transformación de los constituyentes de las aguas residuales

Las aguas residuales deben someterse a mecanismos de remoción de los principales constituyentes tales como DBO, SST, nitrógeno, fósforo y organismos patógenos.

2.4.2.1 Remoción de la DBO

Las lagunas son reactores que funcionan con una baja concentración de microorganismos. En todas las lagunas excepto en las anaerobias la DBO soluble se reduce mediante oxidación bacterial, mientras que la DBO particulada se remueve por sedimentación. La transformación biológica que ocurre en las lagunas facultativas y anaerobias se produce en forma anaerobia. La remoción de DBO en una laguna depende del tiempo de retención y de la temperatura del agua.

2.4.2.2 Remoción de sólidos suspendidos totales

Los sólidos suspendidos en el afluente se remueven en las lagunas por sedimentación. La mayoría de sólidos suspendidos encontrados en el efluente de estos sistemas están conformados por las propias algas que se desarrollan en la laguna. La concentración de sólidos suspendidos en el efluente puede alcanzar valores de 140mg/L en lagunas aerobias, y de 60 mg/L en lagunas con aireación.

Si el efluente de un sistema con lagunas se somete a un tratamiento adicional sobre el suelo, o si se reutiliza en labores de riego, la concentración de algas carece de importancia; sin embargo puede que no se alcance el cumplimiento de una norma de vertimiento, ya que la remoción de algas es bastante difícil. Por tanto en muchos casos se requiere la implementación de procesos adicionales para conseguir la remoción de éstos sólidos en suspensión.

Algunos procesos que se pueden emplear para mejorar la calidad del efluente de una laguna, respecto a la concentración elevada de SST son:

- Filtros de arena intermitentes
- Microtamices
- Filtros de grava
- Flotación con aire disuelto (FAD)
- Plantas acuáticas flotantes
- Humedales artificiales

2.4.2.3 Remoción de nitrógeno

La remoción de nitrógeno en los sistemas de lagunas se obtiene como resultado de la combinación de mecanismos que incluyen volatilización de amoníaco (la cual depende del pH), captura de algas, nitrificación/ desnitrificación, acumulación de lodos, y adsorción sobre los sólidos del fondo.

2.4.2.4 Remoción de fósforo

La remoción de fósforo en los sistemas con lagunas es mínima, a menos que se adicionen reactivos químicos para promover su precipitación. La adición de reactivos químicos como alumbre o cloruro férrico se ha empleado con gran éxito para remover el fósforo hasta por valores debajo de 1mg/L (Reed *et al*, 1995).

La aplicación de este tipo de sustancias químicas se puede realizar en forma continua o intermitente. En las lagunas con descarga controlada es recomendable la aplicación de reactivos químicos en forma intermitente.

La aplicación continua requiere de una cámara de mezcla que se ubica con frecuencia entre las dos últimas lagunas o entre la última laguna y el clarificador final.

2.4.2.5 Remoción de organismos patógenos

Los sistemas con varias lagunas y tiempos de retención altos presentan buenas remociones de bacterias, parásitos y virus. La remoción de organismos patógenos en sistemas con lagunas presenta como consecuencia de la muerte natural de estos organismos, por

sedimentación y por adsorción, los helmintos, los quistes y huevos de parásitos se sedimentan en el fondo de la laguna. Los sistemas con tres lagunas facultativas y un tiempo de retención cercanos a los 20 días, al igual que los sistemas con lagunas aireadas que cuentan con una laguna de sedimentación antes de la descarga, proveen remociones más adecuada con respecto a los helmintos y protozoos

Cuadro 2.2.

Características de diseño y desempeño de los sistemas con lagunas

Características	Clase de laguna		
	Aerobia	Facultativa	Anaerobia con mezcla parcial
Objetivo del tratamiento	Secundario	Secundario, preliminar a un sistema de disposición sobre el suelo	Secundario, pulimiento preliminar a un sistema de disposición sobre el suelo o tratamiento
Clima necesario	Cálido	No requiere	No requiere
Tiempo de retención (días)	5-10	25-180	3-20
Profundidad (metros)	1-1,5	1,5-2,5	2-6

Características del afluente (mg/L) DBO	20-40	30-40	20-40
DQO	80-140	40-100	30-60

Fuente: Crites Tchobanoglous, 2000

- Este cuadro nos da indicar los parámetros de diseño más adecuados para lagunas anaeróbica son la carga volumétrica, el tiempo de retención hidráulica, como el clima y la profundidad ya que la depuración en el medio anaeróbico es independiente de los fenómenos de superficie (reaireación y fotosíntesis) la cual también desempeñan un papel muy importante en la laguna facultativa y maduración.

2.4.3 Aspectos constructivos para las lagunas de tratamiento

2.4.3.1 Tratamiento preliminar

REJILLA

Las rejillas son dispositivos formados por barras metálicas paralelas del mismo espesor e igual espaciamiento.

De acuerdo con el método de limpieza pueden ser manuales o mecánicas y según el tamaño de las aberturas pueden ser gruesas o finas. Las gruesas son aquellas con aberturas mayores a 0,64 cm y las finas tienen aberturas menores.

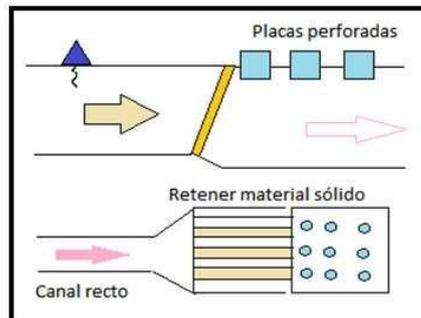
Para el tratamiento de aguas residuales domésticas se emplean barras o varillas de acero con el fin de proteger bombas, tuberías y equipos. También se colocan para evitar la acumulación de basura en las lagunas.

En la parte superior de la rejilla debe instalarse una placa de drenaje perforada con el fin de facilitar el escurrimiento del material retirado.

El canal de acceso a la rejilla debe diseñarse para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado antes y después de la rejilla.

Debe ser preferentemente horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, con el fin de promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos.

Gráfico 2.1. Disposición de canales para la rejilla



Fuente: Jairo Romero; tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño, 2008

- Este gráfico explica una rejilla de barras paralelas con placas perforadas horizontalmente y un canal recto y una segunda rejilla con esparcimiento de barrotes de 15mm, para efectos de medición del caudal afluente dispone de una canaleta donde va quedar retenido el material sólido.

Se puede considerar las siguientes características generales de las rejillas:

Cuadro 2.3. Características generales de las rejillas

Características	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Ancho de las barras	0,5 – 1,5 cm	0,5 – 1,5 cm
Profundidad de las barras	2,5 – 7,5 cm	2,5 – 7,5 cm
Abertura o espaciamiento	2,5 – 5 cm	1,5 – 7,5 cm
Pendiente o inclinación con la vertical	30 – 45°	0° - 30°
Velocidad de aproximación	0,3 – 0,6 m/s	0,6 - 1,0 m/s

Fuente: Jairo Romero; tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño, 2008

- Para el dimensionamiento de las rejillas se debe considerar la sección de aproximación para obtener velocidades de agua que no permitan el paso del material retenido, o que no formen depósitos de arena en el fondo del canal.

b) Desarenadores

Se utilizan para remover arena, grava, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos de las aguas residuales.

Estas unidades protegen los equipos mecánicos del desgaste anormal y reducen la formación de depósitos pesados en tuberías, canales y conductos.

Además minimizan la frecuencia de los digestores evitando acumulaciones excesivas en los mismos. Pueden ubicarse antes de todas las unidades de pre – tratamiento (antes de la rejilla), si es que con ello se facilita la operación del resto del sistema.

Pueden ser de limpieza mecánica o manual.

El diseño depende del tipo de flujo y del equipo de limpieza seleccionado siendo el más utilizado el de flujo horizontal, en el cuál el agua pasa a lo largo del tanque en dirección longitudinal donde la velocidad horizontal del agua se controla mediante las dimensiones de esta unidad o mediante un vertedero de sección especial a la salida.

El desarenador de tipo aireado consiste en un tanque, de flujo en espiral, en el cuál la velocidad de flujo se controla mediante las dimensiones de la unidad y por la cantidad de aire suministrado.

2.4.3.2 Factores constructivos de las lagunas

Las lagunas se construyen generalmente por excavación del terreno natural, formando un bordo perimetral con el fin de encerrar el área de tratamiento, evitar la aportación de escurrimientos superficiales y en ocasiones, aumentar la capacidad de almacenamiento.

a) Identificación del sitio

La selección del sitio para la construcción de una laguna debe tomar en cuenta: La capacidad de tratamiento y almacenamiento requerida

La necesidad de elevación (presión) La disponibilidad y costo del terreno.

Los sistemas lagunares se instalan lejos de las poblaciones, se recomienda que se localice a 500m de las áreas residenciales y si se trata de lagunas anaerobias la distancia debería incrementarse 1Km. Sin embargo existen casos donde la gente vive a 100 metros de las lagunas sin sufrir ningún tipo de molestia. Una precaución para minimizar las molestias causadas por la generación de malos olores se coloca una mampara de desvió opuesta a la dirección del viento.

b) Impermeabilización

Para evitar la contaminación de acuíferos lo principal para una laguna es que el agua no se infiltre al subsuelo. Para ello es necesario seleccionar un sitio con suelo impermeable, de preferencia arcilloso, evitar áreas con fallas geológicas, y lechos de río debido a los riesgos de infiltración. En caso de no ser así se debe impermeabilizar el piso lo que puede representar el incremento en el costo de la construcción.

Las técnicas aplicadas para impermeabilizar son: Suelos naturales y compactados Suelos locales mejorados con estabilizantes químicos o con adición de suelos importados Revestimientos sintéticos (geomembranas o liners).

Revestimiento con suelos compactados

Mediante el análisis geotécnico se conoce el tipo de suelo, el grado y método de compactación que se utiliza. Los mejores suelos son los de arcillas naturales o bentónico (artificiales), debido a su composición química. El coeficiente de permeabilidad para arcillas no alteradas (impermeabilizadas) varia de 10^{-9} a 10^{-7} cm/s. Los silicoaluminatos de sodio son inestables en presencia de radicales oxhidrilos (OH) del agua con los que reaccionan fácilmente soltando el sodio Na^+ y tomando el OH. Esto hace que se "hinchén" de agua y sellen las fugas que pudieran existir, o bien, que reduzcan en gran medida la permeabilidad del suelo local. Su problema radica en que son, difíciles de manejar en estado puro así como de acomodar y de compactar, requiriendo siempre espesores importantes de aproximadamente 50 cm por capa. Algunos limos plásticos también son usados con el fin de lograr impermeabilizaciones aunque su permeabilidad es mayor que la de las arcillas (del orden de 10^{-8} cm/s). Los limos tienen la ventaja de ser fácilmente compactibles y no se agrietan con la facilidad que lo hacen las arcillas, sobre todo al ser sometidas a cambios en su contenido de humedad (Morales y Monroy en IMTA, 1995).

La impermeabilización de una laguna con suelo compactado y fino es una técnica delicada que requiere un buen conocimiento de las propiedades de los suelos y un riguroso control de calidad. El revestimiento debe combinar varias propiedades: baja permeabilidad, estabilidad a los gradientes fuertes a los que se encuentra sometido y resistencia a la erosión. Si la laguna debe vaciarse periódicamente, el material deberá presentar una gran estabilidad volumétrica para evitar el agrietamiento por secado o, en su defecto, deberá protegerse adecuadamente.

La permeabilidad de los suelos finos no es una característica inherente sino que depende físicamente de su estructura. Para suelos compactados, la permeabilidad varía considerablemente con el contenido de agua y el método de compactación, el coeficiente de permeabilidad disminuye hasta en varios órdenes de magnitud si la compactación se realiza con un contenido de agua superior al óptimo esto se debe a que, cuando el material se compacta en el lado seco respecto al óptimo las partículas de arcilla forman flóculos o grumos que oponen una alta resistencia al rearrreglo durante la compactación y dan lugar a una estructura con una alta proporción de poros grandes. Para contenidos de agua altos los grumos se debilitan y los poros grandes tienden a desaparecer. Por tanto, para reducir eficientemente la permeabilidad, es más importante dar al suelo una estructura adecuada que tratar de disminuir su porosidad. Sin embargo, la tasa de percolación puede ser reducida a través de la sustitución del material poroso por una cama de arcilla homogénea

bien compactada. El método de compactación también interviene siendo mejor el amasado que el estático.

Selección del material

Para la impermeabilización natural se puede afirmar que existen dos opciones: emplear un material fino plástico poco permeable y protegerlo con otro contra la erosión y el secado o elegir un material natural (o una mezcla) que combine, en la medida de lo posible, todas las propiedades deseables. Para la primera opción, debe verificarse que se cuenta con un banco de préstamo de material arcilloso adecuado. Las arcillas de baja compresibilidad presentan la ventaja de ser más estables volumétricamente y más manejables que las de alta compresibilidad. Además, si se les da una estructura adecuada se puede considerar que ambos materiales tienen permeabilidades semejantes, para fines prácticos

Si se opta por la segunda opción, los materiales más adecuados son las gravas con matriz areno arcillosa o en su defecto, las gravas arcillosas. El contenido de arcilla debe ser suficientemente alto y uniforme para que si se presenta segregación local el porcentaje de arcilla no llegue a ser en ningún punto inferior a 15 %.

El espesor del revestimiento debe ser suficiente para garantizar la continuidad del mismo y evitar que se encuentre sometido a un gradiente hidráulico excesivo. No es recomendable un espesor inferior a 30 cm ni un gradiente superior a 10 especialmente en materiales mal graduados.

Preparación del material

Es conveniente compactar el material sí seleccionado con un alto contenido de agua para reducir la permeabilidad. Si se quiere bajar la permeabilidad al mínimo, el contenido de a agua requerido puede ser hasta de 5 o 6 % superior al óptimo. Para evitar que existan zonas locales más permeables en el revestimiento es necesario que los materiales de los bancos de préstamo sean preparados previamente a su colocación. La preparación consiste en darles el contenido de agua adecuado, homogeneizarlos por mezclado y dejarlos curar para que el contenido de agua se uniformice por difusión. El tiempo de curado debe fijarse para cada material mediante muestreos de control. Un tiempo del orden de tres a seis días resulta generalmente suficiente.

Colocación

Si se pretende lograr la mínima permeabilidad, los equipos tradicionales de compactación como rodillos "pata de cabra" o neumáticos pueden resultar inadecuados al atascarse debido al alto contenido de agua del material. Teniendo en cuenta que no se busca un alto grado de compactación sino dar al suelo una estructura adecuada, puede ser preferible recurrir a un equipo ligero (por ejemplo tractor agrícola) para formar una capa de suelo remoldeado, de espesor uniforme.

Es convenientemente, que el revestimiento se construya, por capas de no más de 20 cm de espesor cada una.

Antes de iniciar la colocación, es necesario regar abundantemente el terreno natural para evitar que absorba el agua del suelo compactado. En el control de calidad de la colocación debe ponerse énfasis en la verificación del porcentaje de finos, contenido de agua y plasticidad de los mismos así como del espesor de la capa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 MÉTODOS CON QUE SE RESUELVE EL PROBLEMA

a) Métodos generales:

En la presente investigación, se utilizará el Método Científico utiliza como procesos lógicos la inducción y la deducción. Consiste en realizar actividades con la finalidad de comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos hechos o principios en forma natural o artificial, de tal forma que permita establecer experiencias para formular hipótesis que permitan a través del proceso científico conducir a generalizaciones científicas, que puedan verificarse en hechos concretos en la vida diaria.

b) Método específico:

El Método Experimental. Según Mayer, (2005, p.32): “El método experimental es un proceso lógico, consiste en realizar actividades con la finalidad de comprobar, demostrar fenómenos, hechos en forma natural o artificial, de tal forma permita establecer experiencias para formular hipótesis que permitan a través del proceso científico conducir a generalizaciones científicas.

3.2 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

En primer lugar se tendrá en cuenta el análisis documental, donde se considerará como técnicas al fichaje, con sus instrumentos: las fichas

bibliográficas, de resumen y de párrafo; los mismos que nos servirán para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

Metodología

Unidad de análisis

1.5 La unidad de análisis estará constituida por el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales por aplicación anaeróbica en la que se estudiara el diseño y construcción y del comportamiento en cuanto a la remoción de sólidos evaluando las ventajas técnicas y económicas de este sistema.

1.6 La otra unidad de análisis está constituida por las comparaciones obtenidas de los distintos sistemas de tratamiento de aguas servidas donde se evaluarán la optimización de uso.

Instrumentos y técnicas de investigación

- Para la toma de información se utilizará una ficha de evaluación de sistemas de tratamiento de aguas servidas cuyo resultado será relacionado con el diseño propuesto.
- Por otro lado se usarán fichas de registro de estos sistemas de tratamiento.

Técnicas de procesamiento de datos

- Obtenida la información se procederá al procesamiento de los datos con apoyo del software SPSS v_22 para Windows y hojas de cálculo Excel 2010. Se usara la estadística descriptiva: media, desviación estándar, además se empleará la estadística inferencial para la contrastación de hipótesis a través del anova de un factor a fin de dar respuesta a los objetivos trazados

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

a) La Población:

Centro Poblado de Chainapampa

b) Muestra

Sector sur oeste del centro poblado de Chainapampa

MUESTRA NO PROBABILÍSTICO:

Por qué se tomó al azar por la topografía del lugar.

3.4 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

a) Tipo de investigación

APLICADA: Se dice aplicada por que pretende solucionar un problema en el centro poblado de Chainapampa.

b) Nivel de investigación

Correlacional: La investigación a realizar se encuentra dentro del nivel correlacional por que pretende relacionar a las variables independiente y dependiente de acuerdo a las necesidades del centro poblado de Chainapampa.

3.5 DISEÑO DEL ESTUDIO

El Método empleado para realizar la investigación experimental con un diseño descriptivo comparativo (Yarlequé, 2004) porque se evaluará la eficiencia de la tecnología propuesta y se compararán con los otros sistemas. El esquema a utilizarse se presenta a continuación:

Esquema

M1 O1

M2 O2

$O1 = \mu = O2$

$O1 \neq \mu \neq O2$

Dónde:

M1 al M2 = son las muestras en función a los eficiencia correspondientes a los sistemas de riego.

O1 al O2 = son observaciones en cada una de las observaciones (parcelas).

3.6 DISEÑO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS:

El proceso que permite realizar el contraste de hipótesis requiere ciertos procedimientos. Se ha podido verificar los planteamientos de diversos autores y cada uno de ellos con sus respectivas características y peculiaridades, motivo por el cual era necesario decidir por uno de ellos para ser aplicado en la investigación.

Como señala Oseda (2008), se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. “Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo α .
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
4. Establecer la región crítica.
5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño n .
6. Rechazar la H_0 si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar)= en el otro caso”.

Para la presente investigación se ha visto por conveniente hará uso de la distribución F de Fisher para probar la homogeneidad de las varianzas, puesto que para poder comparar las medias de estas dos poblaciones se utiliza la distribución Z, ya sea para varianzas de la población desconocidas pero iguales, o en el caso donde se tienen varianzas desconocidas pero disímiles.

Para la Prueba de Hipótesis se hará uso del análisis de varianza, ya que se tiene dos variables independientes y una dependiente.

3.7 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

a) Análisis Documental

Lecturas, análisis e interpretación de la información.

b) Observación

Servirán para medir las ventajas tecnológicas y económicas.

3.8. VARIABLES

Variable independiente:

Diseño de una planta por aplicación anaeróbica

Variable dependiente:

Tratamiento de efluentes.

Indicadores variable independiente:

Largo

Ancho

Profundidad

Indicadores variable dependiente:

Volumen de efluentes

Parámetros bioquímicos

Parámetros químicos

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ANTECEDENTES

El presente informe se desarrolla con el fin de evitar enfermedades patógenas y gastrointestinales que puedan producirse por la ineficiente infraestructura de saneamiento básico existente en el centro poblado de Chainapampa considerando que actualmente cuentan con el sistema de agua potable de manera continua sin imprevistos ya que cuenta con 3 reservorios que tienen la capacidad suficiente para dotar de agua a la población pero al tener en cantidad mayor este componente hace que se necesita un sistema de recolección de desechos producto del uso del agua y es que el centro poblado no cuentan con el sistema de desagüe(alcantarillado) en todo el sector presenciándose que las aguas servidas y desechos inorgánicos que son resultado de las actividades cotidianas de las personas por esta razón se ha tomado la iniciativa de instalar el servicio integral del sistema de desagüe.

4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

UBICACIÓN

A) Ubicación Política:

El Centro poblado de Chainapampa se encuentra localizado en la provincia de Huancavelica, departamento de Huancavelica

- Lugar : CP. Chainapampa
- Distrito : Acoria
- Provincia : Huancavelica

- Región : Huancavelica

B) Ubicación Geográfica:

Altitud y coordenadas geográficas de la comunidad de Chainapampa

- Latitud Sur : De 12° 36' hasta 12° 37'
- Longitud Oeste : De 74° 51' hasta 74° 52'
- Altitud : 3 535 m.s.n.m.

Ubicación Geográfica

Las Coordenadas UTM son:



Proyección Cartográfica: UTM

Datum Geodésico: WGS 84. Zona 18 S.

La fisiografía de las comunidades presenta la característica de una provincia Quechua, Suni y Puna; con formas topográficas accidentadas, los microambientes se encuentran influenciados por valles agrícolas y por las estepas alto andinas, por lo que presenta pequeños fenómenos geodinámicas externos.

Gráfico N° 4.2 Localización del CP. Chainapampa



El Centro poblado de Chainapampa se encuentra interconectado mediante trocha Carrozable:

Cuadro N° 4.1 Vías de Acceso

Carretera	distancia
Trocha Carrozable Acoria – Chainapampa	05 km

La trocha se encuentra en regular estado donde su mantenimiento se realiza anualmente con la participación de la comunidad misma.

C) Aspecto climáticos

El clima es típico de la sierra con lluvias deficientes en el invierno de junio a setiembre y con precipitaciones a partir de la primera y verano de octubre a abril, su temperatura oscila entre los 10 y 19°C, presentado así un clima cálido seco todo el año y su precipitación pluvial media-alta.

D) Aspecto social

El Centro Poblado de Chainapampa es una zona rural quienes tienen las costumbres tradicionales de sus ancestros en cuanto a sus actividades agrícolas y culturales que la actualidad todavía prevalecen, los pobladores en su mayoría se dedican a la agricultura y en menor porcentaje se dedican a la crianza de animales mayores y menores.

E) Activista principal:

La ganadería y la agricultura seguido por el comercio en pequeña escala en las ferias micro regionales y subregionales como Acoria Huancavelica y otros.

F) Servicios básicos:

La infraestructura de saneamiento básico no cubre el total de las familias. Y en la actualidad se usan letrinas y no existe un sistema de desagüe, ni planta de tratamiento para aguas residuales.

G) Población:

La Población objetiva (afectada), es la población del Centro Poblado de Chainapampa, que tienen una población de 417 habitantes al año 1993 según Censo IX Población y vivienda INEI, con una tasa de crecimiento de 1.40% para la provincia de Huancavelica. Teniendo la proyección al año 2037, se tiene una población afectada de 551 habitantes con 60 familias.

Cuadro N° 4.2: Población del C.P Chainapampa

	VARONES	MUJERES
CHAINAPAMPA	210	207
PORCENTAJE	50.4%	49.6%
TOTAL	417	
Proyección al año 2037	517	

Fuente: Censos Nacionales 1993 IX de población y vivienda

H) Principales actividades económicas:

La principal actividad en el Centro Poblado de Chainapampa es la agricultura y en menor escala a la ganadería, La actividad comercial lo realiza en ferias semanales que se lleva a cabo en el Distrito de Acoria, los días sábados y domingos donde parte de los pobladores de las comunidades anexas se concentran para realizar el trueque y la venta de sus productos. Los ingresos económicos de la población dependen básicamente el 65% de la producción agrícola, 25% ganadera y el 10% de otras actividades como:

✓ **Actividades agrícolas:**

La agricultura es una de las actividades más importantes de la zona, los principales cultivos que se cultivan son: papa, olluco, oca, mashua, quinua, cebada, trigo y algunos frutales como el durazno, sauco, tuna, etc. La agricultura dentro del distrito constituye la base de la alimentación y sustento económico de las familias de Chainapampa, La instalación de los cultivos se realizan el 15-20% bajo riego y un 80-85% en seco, este último se realiza solo una campaña por año, aprovechando la temporada de lluvia, ya que no cuentan con suficiente fuente de agua destinados a riego.

✓ **La actividad pecuaria**

La actividad pecuaria es principalmente para poder obtener ingresos económicos a través de la venta de sus animales y poder complementar la alimentación de la población, esta actividad se realiza en las zonas altas de la localidad donde existen pastos naturales, destacando la crianza de vacuno criollo, ovinos. En la parte urbana la población desarrolla la crianza de animales menores tales como cuyes, gallinas destinados principalmente para autoconsumo.

✓ **La actividad comercial**

Esta actividad se lleva en las ferias locales que se realizan en el distrito de Acoria en donde se realizan el intercambio y la venta de los productos. Por otro lado el centro poblado por contar con vías de comunicación y la afluencia de pobladores de las comunidades vecinas tiene la presencia de comerciantes que al paso expenden sus productos a bajo costo, y al mismo tiempo los agricultores pueden vender sus productos para el sustento económico de su familia.

I) Niveles de ingreso de la población.

La población afectada en el área del proyecto se dedica a la actividad agropecuaria, cuyos ingresos económicos son muy bajos debido a los bajos precios de sus productos, principalmente papa, alfalfa, producción de leche, queso, ganadería; maíz, vacunos caprinos, etc. Los ingresos económicos del 70% de la población dependen básicamente de la producción agrícola, 20% ganadera y el 10% de otras actividades. Cada familia se puede estimar un ingreso de S/. 270.0 con el cual tienen la capacidad de pago por los servicios de agua potable y alcantarillado.

J) Salud y alimentación:

Las enfermedades prevalentes en el ámbito de la comunidad de Chainapampa, las infecciones respiratorias agudas ocupan el primer lugar afectando más a la población comprendida entre 60 a más y 1 a 10 años, las enfermedades bucales y el maxilar afectan más a las personas comprendidas entre 20 a 49 años de edad.

Luego están las enfermedades infecciones intestinales que afectan más al grupo comprendido entre 1 a 4 años de edad. Las infecciones de la piel también afectan más al grupo de 1 a 4 años de edad. Los trastornos de ojos y anexos, afectan más a la población de 1 a 4 años y en cuanto a la deficiencia de nutrición los grupos más vulnerables resultan ser las personas entre 10 a 14 años de edad.

4.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO.

A. Población atendida:

La Población objetiva (afectada), es la población del Centro Poblado de Chainapampa, que tienen una población de 406 habitantes al año 1993 según Censo IX Población y vivienda INEI, con una tasa de crecimiento de 1.20% para la provincia de Huancavelica. Teniendo la proyección, se tiene una población afectada de 517 habitantes con 60 familias.

La población atendida es de 417 habitantes

B. Tasa de crecimiento:

La tasa de crecimiento en la población de Chainapampa es de 1.20%

C. Dotación:

La dotación con proyecto para la población de centro poblado de Chainapampa se considera de 100 Lts/hab/día, de acuerdo a los usos, costumbres y muestreos realizados en el centro población. Donde tienen agua permanente durante las 24 horas y se ha llegado a la conclusión de que el consumo promedio es de 100 lts/hab./día en zonas donde el servicio es permanente, por todo lo mencionado se ha optado por la dotación antes mencionada.

D. Periodo de diseño:

El periodo de diseño considerado en el presente proyecto es de 20 años, los factores que determinan el periodo de diseño del proyecto son los factores de orden material, poblacional, técnico, económico y RNE, además por la naturaleza del proyecto y condiciones climáticas, se plantea el periodo del proyecto mencionado.

E. Densidad poblacional:

La densidad que se maneja es de 9.2/5 hab/viv.

F. Caudales de diseño

✓ Caudal del Diseño del Sistema de Alcantarillado

Caudal promedio de consumo de agua (Qp)

Población actual	: 417 hab
Incremento poblacional	: 1.2
Periodo de diseño	: 20 años
Población futura $P_f = P_a \times (1+r^t/100)$: 517 hab

Caudal promedio de consumo de agua (Qp)

Para un periodo óptimo de 20 años, se tiene una población futura de 517 habitantes.

$$Q_p = P_f \times \text{Dotación} / 86400$$

$$Q_p = 503 \times 80 / 86400 = 0.47 \text{ lts/seg.}$$

Caudal máximo diario (Qmd)

Caudal máximo diario (Qmd):

$$Q_{md} = K_1 \times Q_p = 1.30 \times 0.47 = 0.611 \text{ lts/seg.}$$

Caudal máximo horario (Qmh)

Caudal máximo horario (Qmh):

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_d = 2.00 \times 0.611 = 1.212 \text{ lts/seg.}$$

Caudal de desagüe (Q desagüe)

Caudal de contribución al alcantarillado:

Se considera que el 80 % del caudal de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado.

$$Q_{\text{desague}} = 0.80 \times Q_{mh} = 0.80 \times 1.212 = 0.9696 \text{ lts/seg.}$$

Caudal de infiltraciones de buzones (QINF)

$$Q_{\text{luvia}} = 380 \text{ lts/día/buzón} \times 36 \text{ buzones/86400 seg.} = 0.15833 \text{ lts/seg.}$$

Caudal de infiltraciones de la red (QRED)

$$Q_{\text{RED}} = 20000 \text{ lts/km. Colector/día)} \times \text{Lt} / 86400 \text{ seg.} = 0.42036 \text{ lts/seg.}$$

Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{desague}} + Q_{\text{luvia RED}} + Q_{\text{luvia Buzón}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.9696 + 0.42036 + 0.15833 = 1.548 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1.548 \text{ lts /seg.}$$

✓ **Caudal del diseño del sistema de alcantarillado**

$$Q_u = Q_{\text{diseño}} / \text{Longitud total de colectores.}$$

$$Q_u = 0.0008525 \text{ lts/seg/ml.}$$

G. Diseño de la planta de tratamiento

G.1. Pre tratamiento.

• Canal de rejillas.

Datos básicos.

Gasto de diseño por canal, (Qd).	96.40 lps.
Número de canales.	1
Velocidad de aproximación, (Va).	0.6 m/seg.
Angulo de inclinación, (θ).	45° respecto a la horizontal.
Claro entre barras, (c).	0.0127 m (1/2").
Ancho de las barras, (b).	0.0508 m (2") Ø.

Espesor de las barras, (b).	0.00635 m (1/4").
Factor de forma de la barra, (β).	1.67 (barra rectangular con las caras de aguas arriba y aguas abajo semicirculares).
Aceleración de la gravedad, (g).	9.81 m/seg ²
Cantidad de material retenido, (Mr).	23.3 ml/m ³

Ecuaciones.

$$Atr = \frac{Qd}{1000Va}$$

$$h = \left(\frac{Atr}{2} \right)^{0.5}$$

$$a = 2h$$

$$Nb = \left(\frac{a+e}{c+e} \right) - 1$$

$$a' = (Nb + 1)c + (Nb)e$$

$$h' = \frac{Atr}{a'}$$

$$Vr = \frac{Qd}{1000[h'((a'-(Nb)e)]}$$

$$hv = \frac{Vr^2}{2g}$$

Donde.

$$hf = \beta \left(\frac{e}{c} \right)^{4/3} hv \text{sen} \theta$$

Atr Área transversal, (m²).

h Tirante hidráulico, (m).

a Ancho del canal, (m).

Nb Número de barras.

a' Ancho del canal corregido, (m).

h' Tirante hidráulico corregido, (m)

Vr Velocidad a través de la reja, (m/seg).

hv Carga de velocidad, (m).

hf Pérdida de carga a través de la reja, (m).

Vm Volumen de material retenido, (m³/día).

$$Vm = \frac{MrxQdx86.4}{10^6}$$

Desarrollo.

Sustituyendo valores y efectuando operaciones.

$$A_{tr} = \frac{96.40}{1000(0.6)} = 0.16 \text{ m}^2$$

$$h = \left(\frac{0.16}{2} \right)^{0.5} = 0.28 \text{ m}$$

$$a = 2 \times 0.28 = 0.57 \text{ m}$$

$$Nb = \left(\frac{0.57 + 0.00635}{0.0127 + 0.00635} \right) - 1 = 29.09 \approx 29$$

$$a' = (29 + 1)0.0127 + (29)0.00635 = 0.57 \text{ m}$$

$$h' = \frac{0.16}{0.57} = 0.28 \text{ m}$$

$$Vr = \frac{96.40}{1000[0.28(0.57 - (29)0.00635)]} = 0.89 \text{ m/seg}$$

$$h_v = \frac{(0.89)^2}{2 \times 9.81} = 0.04 \text{ m}$$

$$h_f = 1.67 \left(\frac{0.00635}{0.0127} \right)^{4/5} 0.04 \text{ sen} 45^\circ = 0.02 \text{ m}$$

$$Vm = \frac{23.3 \times 96.40 \times 86.4}{10^6} = 0.19 \text{ m}^3 / \text{día}$$

G.1. Tratamiento.

- **Laguna anaerobia.**

Datos básicos.

Gasto de diseño, (Q).

40 lps.

Profundidad de la laguna, (Z).	4.0 m.
Temperatura media del mes más frío, (T).	14.4°C.
Demanda bioquímica de oxígeno total en el influente, (L).	
260.71 mg/l	
Coliformes fecales en el influente, (Ni).	6.82×10 ⁵ NMP/100 ml
Población total por módulo, (Pm).	517 hab.
Acumulación de lodos, (Al).	40 l/hab/año.
Constante de Arrhenius.	1.07

Ecuaciones de diseño.

$$I = 20T - 100$$

$$V = \frac{LQ}{I}$$

$$RDBO = 2T + 20$$

$$CDBOR = L \times \left(1 - \frac{RDBO}{100} \right)$$

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

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

$$ACL = Pm \times \frac{Al}{1000}$$

$$Pal = \frac{ACL}{A}$$

$$Kb = 0.841(1.07)^{T-20}$$

$$d = \frac{X}{-0.26118 + 0.25392X + 1.01460X^2}$$

$$a = (1 + 4KbTrd)^{0.5}$$

$$Ne = \frac{4aNie^{1/2d}}{(1+a)^2e^{(a/2d)} - (1-a)^2e^{(-a/2d)}}$$

Donde.

I Carga volumétrica, (g/m³/d).

V Volumen de la laguna, (m³).

RDBO Remoción de DBO, (%).

CDBOR Concentración de DBO remanente, (mg/l).

Tr Tiempo de residencia hidráulica, (día).

A Área superficial de la laguna, (m²).

ACL Acumulación anual de lodos, (m³).

Pal Profundidad adicional para lodos, (m).

X Relación largo a ancho.

Kb Constante de remoción de Coliformes fecales.

d Coeficiente de dispersión hidráulica.

a Coeficiente para la remoción de Coliformes fecales.

Ne Coliformes fecales en el efluente.

Concepto.	Laguna Anaerobia.
Número.	1
Ancho, (m).	20.00
Largo, (m).	60.00
Profundidad, (m).	3.00
Área, (ha).	0.12
Volumen, (m ³).	5,283.83
Tiempo de retención, (día).	1.39
DBO ₅ efluente, (mg/l).	133.48
SST efluente, (mg/l).	
Coliformes fecales, NMP/100ml.	6.82E+05

Tiempo de retención

Como hemos visto al discutir los mecanismos de la degradación anaerobia, hay que ajustar cuidadosamente el tiempo de retención, de modo que las fases acidogénicas y metanogénicas estén equilibradas y no haya posibilidad de desarrollo de algas en superficie. El tiempo de residencia recomendado en estas lagunas oscila entre 2-5 días, dependiendo de la naturaleza del vertido y del clima del lugar de emplazamiento. Se ha demostrado en numerosos estudios que tiempos de residencia superiores provocan un rápido deterioro de la calidad del efluente (W. H. O., 1987); Dinges, 1982, Middlebrooks y col., 1982; Oloya, 1973; Finney y Middlebrooks, 1980; Eckenfelder, 1970).

Recirculación La recirculación consiste en tomar una parte del efluente de la laguna e introducirla de nuevo en ésta. El objetivo de esta operación es proporcionar una siembra de microorganismos adaptados a las condiciones de las lagunas anaerobias y conseguir un grado mayor de mezcla. Los estudios realizados en lagunas anaerobias han demostrado que la recirculación tiene un efecto contraproducente,

porque la mayor turbulencia da lugar al mantenimiento de sólidos en suspensión, que en ausencia de recirculaciones se incorporan a la capa de fangos. Por otra parte, en lagunas anaerobias que operen correctamente el desprendimiento de burbujas es suficiente para garantizar un nivel adecuado de mezcla (Hammer y Jacobson, 1970).

Formación de espumas en superficie La formación de espumas o costras en superficie es normal en lagunas anaerobias, y serán algunos autores beneficiosos porque previene las pérdidas de calor, sobre todo en climas fríos, e impide la liberación de malos olores. En algunos países con climas muy rigurosos en invierno se favorece la formación de costra superficial mediante la colocación de paja o polietileno (Dietz y col., 1966). El principal inconveniente de estas costras es la posibilidad del desarrollo de insectos, por lo que hay que tener cuidado en eliminarlas durante la parte central del año.

Carga orgánica La carga orgánica en lagunas anaerobias suele darse en relación al área superficial o volumen de las lagunas, es decir, como carga superficial o volumétrica. Esta última medida es más significativa para estas lagunas, ya que los fenómenos superficiales no tienen gran interés en la degradación anaerobia. Las cargas volumétricas empleadas normalmente en lagunas pequeñas y profundas están en el intervalo 100-400 g DBO₅/m³día, dependiendo de la naturaleza del vertido a tratar (Middlebrooks y col., 1982; W. H. O., 1987; Gloyna, 1973).

Otras consideraciones Las lagunas anaerobias suelen operar en paralelo, es decir, dividiendo el influente en varias partes que alimentan a cada una de las lagunas, y reuniendo de nuevo el efluente de éstas para alimentar el resto de la instalación. Se ha experimentado con el uso de varias lagunas anaerobias en serie, pero los resultados desaconsejan el uso de esta modalidad, ya que las lagunas que reciben el efluente ya tratado presentan problemas de operación debidos a la escasez de carga

orgánica aplicada (Gloyna, 1973). Por otra parte, la disposición en paralelo con varias lagunas permite paralizar una o varias de ellas para efectuar labores de limpieza sin que ello afecte la marcha global de la depuradora. La reducción de sólidos en suspensión en el tratamiento anaerobio es del orden del 70 % (Dinges, 1982).

Estos sólidos se acumulan en el fondo de las lagunas y dan lugar a la formación de una capa de fangos. A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento de los fangos en las lagunas, su contenido en materia orgánica disminuye debido a la degradación anaerobia a la que están sometidos. Durante un año de operación se estima que el grado de mineralización alcanzado por los fangos en una laguna anaerobia es del 80-85 % (Moreno, 1984; Ortuño, 1987). A medida que el fango se mineraliza aumenta su compactación y disminuye su volumen. La frecuencia con la que se debe retirar el fango acumulado en las lagunas anaerobias depende de la naturaleza del vertido, carga aplicada y clima de la zona. En función de estas variables, la limpieza debe hacerse cada 3-6 años (AGAMIT, S. A., 1987).

En cuanto a los vertidos a los que puede aplicarse este tipo de tratamiento, las lagunas anaerobias están particularmente indicadas para aguas residuales con alto contenido en materia orgánica. Aparte de las aguas residuales urbanas, estas lagunas se emplean para el pretratamiento de vertidos de mataderos, lecherías, fábricas de cerveza, papeleras, explotaciones ganaderas e industrias petroquímicas. Su empleo está muy extendido en Australia, Estados Unidos, Sudáfrica, Canadá, India e Israel (Middlebrooks y col., 1982). En España están en operación unas 50 instalaciones que cuentan con lagunas anaerobias, en las que se ha alcanzado una reducción media del 50-60 % en materia orgánica (como DBO₅) y sólidos en suspensión (AGAMIT, S. A., 1988).

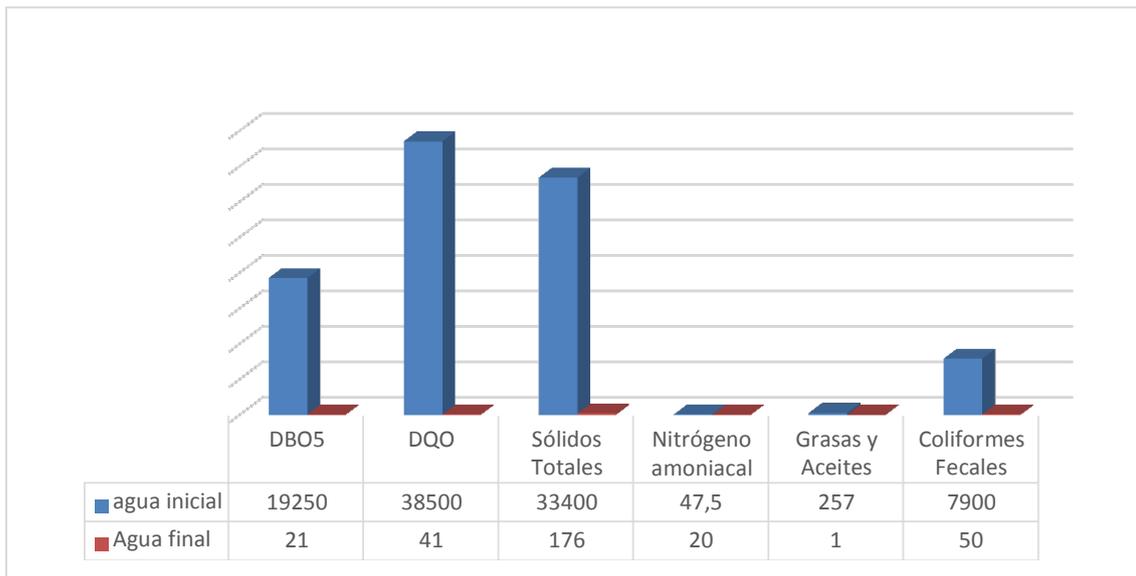
CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

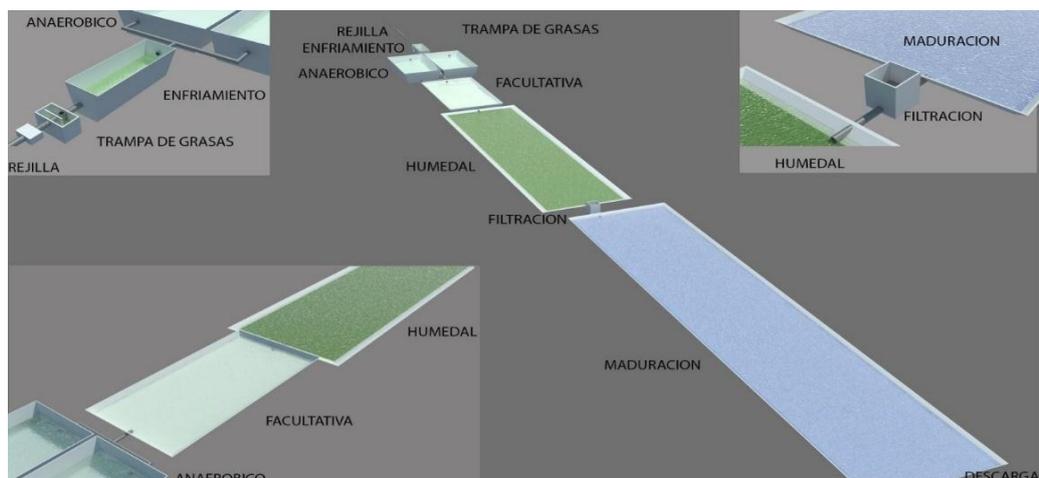
La hipótesis planteada, es decir, “El uso del tratamiento por aplicación anaerobia mejorará la calidad del efluente, controlando el impacto ambiental, económico y social en la población. Ha quedado verificada, por cuanto:

- a) Se realizó el diseño del sistema de laguna anaerobia, con resultados que se pretende alcanzar en cuanto a eficiencias de remoción de DBO₅ y Coliformes, suficientemente altas como para que las aguas efluentes del tratamiento puedan ser empleadas para regadío.
- b) Las áreas de terreno necesarias para los sistemas diseñados se corresponden con costos aceptables según las disponibilidades de la localidad de Chainapampa.
- c) La estimación de la Evaluación de Impacto Ambiental antes y después de implementado alguno de los dos sistemas propuestos implican una mejoría sostenible de la calidad ambiental.
- d) Como alternativa más económica se establece al de la laguna anaerobia, sin embargo se hace consideración de los resultados en la remoción de DBO₅ y coliformes fecales, que no es tan buena por este motivo se la descarta de ser la mejor opción



Grafica 5-2. Comparación del Agua inicial vs Agua final que se pretende alcanzar

- Este grafico comprende los valores de DQO de entrada (DQO5) de salida de las aguas residuales durante el tratamiento en los dos sistemas el reactor (UASB) y la laguna anaerobia (DQO, LAG). lo cual se observa los parámetros y datos de los valores de entrada y salida.



Grafica 5-3. Planta de Tratamiento Propuesta con todos sus partes.

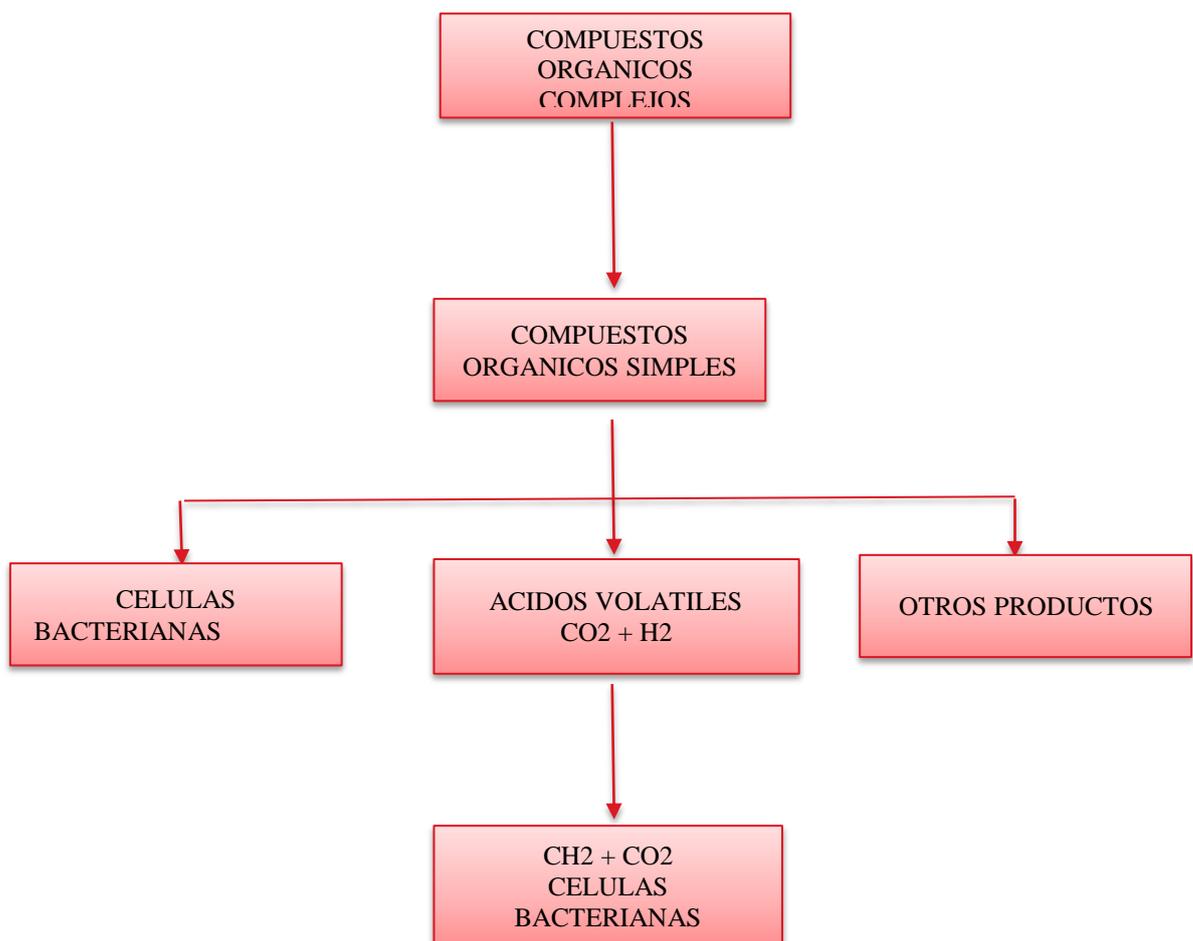
- Como su nombre indica, en las lagunas anaerobias se produce la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. En estas

condiciones, la estabilización tiene lugar mediante las etapas siguientes (Middlebrooks y col., 1982):

- **Hidrólisis.** Este término indica la conversión de compuestos orgánicos complejos e insolubles en otros compuestos más sencillos y solubles en agua. Esta etapa es fundamental para suministrar los compuestos orgánicos necesarios para la estabilización anaerobia en forma que puedan ser utilizados por las bacterias responsables de las dos etapas siguientes.
- **Formación de ácidos.** Los compuestos orgánicos sencillos generados en la etapa anterior son utilizados por las bacterias generadoras de ácidos. Como resultado se produce su conversión en ácidos orgánicos volátiles, fundamentalmente en ácidos acético, propiónico y butírico. Esta etapa la pueden llevar a cabo bacterias anaerobias o facultativas. Hay una gran variedad de bacterias capaces de efectuar la etapa de formación de ácidos, y además esta conversión ocurre con gran rapidez. Dado que estos productos del metabolismo de las bacterias formadoras de ácido o acidogénicas están muy poco estabilizados en relación con los productos de partida, la reducción de DBO5 o DQO en esta etapa es pequeña.
- **Formación de metano.** En la figura 5.1. se recoge una representación secuencial de la digestión anaerobia de compuestos orgánicos. Una vez que se han formado estos ácidos orgánicos, una nueva categoría de bacterias entra en acción, y los utiliza para convertirlos finalmente en metano y dióxido de carbono. El metano es un gas combustible e inodoro, y el dióxido de carbono es un gas estable, que forma parte en poca cantidad de la composición normal de la atmósfera. La liberación de estos gases es responsable de la aparición de burbujas, que son un síntoma de buen funcionamiento en las lagunas anaerobias. Esta fase de la depuración anaerobia es fundamental para conseguir la

eliminación de materia orgánica, ya que los productos finales no contribuyen a la DBO5 o DQO del medio.

A diferencia de lo que ocurría con la fase acidogénica, hay pocos microorganismos capaces de desarrollar la actividad metanogénica, su metabolismo es más lento y además, son mucho más sensibles a distintas condiciones ambientales que veremos a continuación (Brock, 1978).



GRAFICA 5.4

Sectencia de procesos en la degradación anaeróbica de la materia orgánica

- En este grafico se abarca el tema de la materia orgánica en el suelo y el papel de los microorganismos anaeróbicos, lo cual se produce el dióxido de carbono y agua y se degradan más compuestos, la degradación del suelo produce como primera etapa por hidrolisis y la formación de metanos, lo cual podemos observar cómo se incorpora lo resto.

Las bacterias metanígenas son anaerobias estrictas, es decir, mueren en presencia de oxígeno disuelto. Por otra parte, estas bacterias son también muy sensibles al pH.

Puesto que en la segunda fase de la digestión anaerobia se están produciendo ácidos, si no existe en el medio un número adecuado de bacterias metanígenas que transformen estos productos, y se produce su acumulación, el pH disminuye. Se estima que para valores de pH inferiores a 6,8 la actividad metanígena comienza a presentar problemas, y que por debajo de pH=6,2 se detiene completamente (Middlebrooks y col., 1982).

Cuando esto ocurre se liberan no sólo ácidos orgánicos que pueden tener olores desagradables, sino otros compuestos como ácido sulfhídrico (SH₂), mercaptanos o escatol, que son los responsables principales de los olores que indican funcionamientos deficientes en las lagunas anaerobias.

Teniendo en cuenta la secuencia de etapas por las que tiene lugar la digestión anaerobia, es necesario ajustar las condiciones operativas de las lagunas para que se produzca la estabilización de la materia orgánica hasta los productos finales metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂)

En primer lugar, si las balsas operan con tiempos de retención muy pequeños, sólo las fases hidrolítica y acidogénica tienen tiempo de desarrollarse, pero no la de formación de metano, que es más lenta, y por tanto, se producirán olores y se obtendrá una eliminación muy baja de la materia orgánica. Por otra parte, si la carga es escasa y el tiempo de retención elevado, comienzan a desarrollarse algas en superficie, y el oxígeno producido da lugar a la muerte de las bacterias metanígenas, también con el resultado de desarrollo de olores desagradables. Por tanto, las lagunas anaerobias requieren un mantenimiento adecuado para preservar en todo momento el equilibrio entre las fases responsables de la depuración.

Otro factor que influye en el comportamiento de las lagunas anaerobias es la temperatura. Las bacterias metanígenas crecen mejor cuanto mayor es la temperatura, con un intervalo óptimo de crecimiento entre 30-35° C. Por tanto, las lagunas anaerobias presentan una actividad muy superior durante el verano, lo que puede comprobarse fácilmente observando la cantidad de burbujas que aparecen en superficie en las distintas épocas del año. En la tabla 5.1 aparecen los intervalos óptimos y extremos para la fermentación anaerobia de materia orgánica.

VARIABLES	OPTIMO	EXTREMO
Temperatura	30 – 35° C	15-40° C
pH	6,8-7,4	6,2-7,8
Potencial redox (mV)	-520.-530	-490.-550

TABLA 5.1 Intervalos óptimo y extremo de temperatura, pH y potencial redox en lagunas anaeróbica * Referencia. Middlebrooks y cols., 1982.

- Entre los mecanismos que ayudan a mantener el ambiente anaerobio necesario para el buen funcionamiento de estas balsas destacan los siguientes:

1. La abundante carga orgánica, presente en esta primera fase del tratamiento, da lugar a que el posible oxígeno introducido en las lagunas con el influente o por reaireación superficial se consuma rápidamente en la zona inmediatamente adyacente a la entrada o a la superficie.

2. En las lagunas anaerobias se produce la reducción de los sulfatos, que entran con el agua residual, a sulfuros. La presencia de sulfuros en el medio disminuye la posibilidad de crecimiento de las algas en dos formas (Dinges, 1982):

a) La penetración de la luz necesaria para el crecimiento de las algas se ve impedida por la presencia de sulfuros metálicos en suspensión, como el sulfuro de hierro, responsables de la tonalidad gris de las lagunas anaerobias. Estos sulfuros acaban precipitando en el fondo de las lagunas, y provocan la coloración gris oscura o negra que presentan los fangos.

b) Los sulfuros solubles son tóxicos para las algas, de modo que los cortos períodos de residencia, la falta de iluminación y un ambiente de composición química hostil impiden el crecimiento de éstas y en consecuencia, mantienen el medio en condiciones anaerobias.

3. Puesto que las lagunas carecen de agitación, el aporte de oxígeno atmosférico es despreciable, debido a que la difusión de este gas en la columna de agua es muy lenta (Bowie y col., 1985). Además de las bacterias responsables de las etapas acidogénica y metanogénica de la degradación anaerobia, en ocasiones se desarrollan en estas lagunas otras bacterias que confieren una coloración rojiza. Se trata de bacterias fotosintéticas del azufre, que viven en la zona superficial y oxidan los sulfuros a azufre elemental.

Los pigmentos que poseen estas bacterias le dan a las lagunas una coloración rosa o roja. La presencia de estas bacterias es indicativa de carga insuficiente en las lagunas anaerobias, y conviene tomar las mismas medidas discutidas anteriormente para impedir la aparición de algas en superficie. En algunos casos la presencia de estas bacterias puede resultar beneficiosa, ya que al oxidar a los sulfuros evitan la aparición de olores relacionados con la liberación de ácido sulfhídrico. Sin embargo, la carga orgánica apenas se modifica por la acción de estas bacterias, y las lagunas rojas presentan típicamente unas concentraciones muy elevadas de carga orgánica a la salida (Brock, 1978; Kobayashi y col., 1983; Dinges, 1982).

Profundidad y tamaño

Como veíamos, hay una serie de razones por las que se debe escoger la alternativa al proyectar las lagunas anaerobias, es decir, construir varias lagunas pequeñas, profundas y con tiempos cortos de residencia del agua residual. Las principales razones para esta elección son las siguientes:

1. Conservación de calor. La superficie expuesta a intercambios de calor con la atmósfera en lagunas profundas y de pequeño tamaño es muy reducida, y además, los taludes de tierra proporcionan un adecuado sistema de aislamiento para prevenir el enfriamiento excesivo del agua durante el invierno. De hecho, en lagunas anaerobias que operan en España, se han registrado temperaturas medias del agua a la salida de estas lagunas tan sólo 1-2^o C por debajo del agua residual durante los meses de invierno (AGAMIT, 5. A., 1988).
2. Disminución en los requerimientos de terreno. Cuando se usan lagunas profundas disminuye la necesidad de superficie a ocupar para alcanzar un determinado nivel de depuración. Las lagunas

anaerobias profundas permiten reducir la superficie ocupada total por la planta de lagunaje en un 40-50% (Mara, 1976).

TABLA 5.2 Aspectos favorables para la construcción de lagunas anaerobias pequeñas y profundas

Conservación de calor
La temperatura se mantiene próxima a la de la alimentación
Ahorro de terreno
La superficie ocupada total desciende en un 40-50%
Menor arrastre de sólidos
Menor oxigenación
La interfase aire-agua es mucho más reducida
Mejor compactación de los fangos en el fondo
Menores costes de mantenimiento
Limpieza a intervalos de 3 a 6 años
Mayor flexibilidad de operación
Varios módulos que puedan operar o ponerse fuera de servicio en función de las necesidades de cada periodo

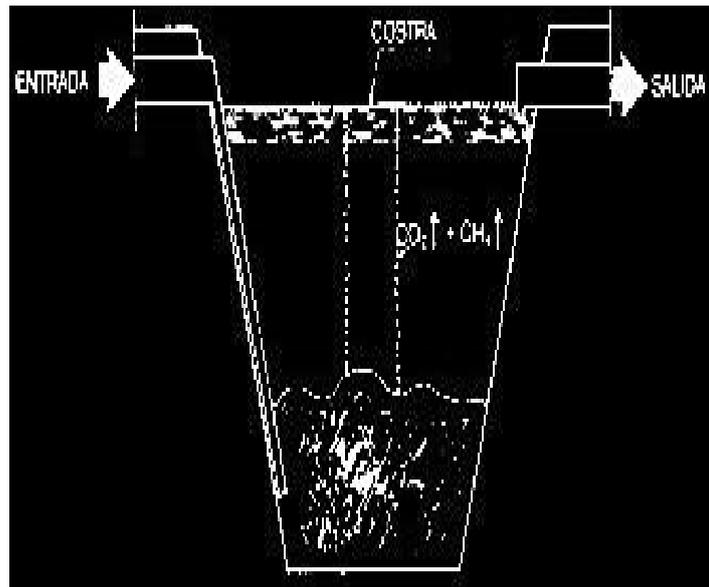
3. Disminución del riesgo de arrastre de sólidos. En el diseño profundo, el fango sedimenta en el fondo de la balsa y es muy poco probable que se produzca su arrastre con la salida, que tiene lugar por superficie.
4. Oxigenación restringida al minimizar la superficie. Por una parte, al ser inferior la superficie la transferencia de oxígeno disminuye. Por otra, la mezcla inducida por la acción del viento es muy escasa, debido al efecto de los taludes y a la imposibilidad de formación de olas.
5. La concentración de sólidos en una zona pequeña favorece la compactación de los fangos. En lagunas anaerobias de gran tamaño y escasa profundidad se produce a menudo la flotación de los fangos, con el consiguiente peligro de arrastre por el efluente (W. H. O., 1987). Sin embargo, en lagunas profundas (profundidad superior

a 2,5 m.) el fango se acumula en el fondo, donde se produce su mineralización en condiciones anaerobias.

6. Los costes de mantenimiento son menores en lagunas profundas, ya que el fango se va acumulando durante un periodo de varios años (normalmente de 3-6 años), por lo que sólo es necesario el vaciado de las lagunas después de un tiempo elevado de utilización. De esta forma el diseño profundo no sólo facilita la acumulación de fangos, sino que proporciona un lugar de almacenamiento, donde tiene lugar su mineralización.

7. Las lagunas pequeñas y profundas son mucho más flexibles, ya que permiten establecer distintos tipos de circulación y modificar los tiempos de tratamiento si se detectan anomalías en su funcionamiento. Por otra parte, la disponibilidad de varias lagunas anaerobias es necesaria para las operaciones de vaciado y limpieza, y los costes implicados son muchos menores en lagunas pequeñas.

Dados los mecanismos por los que transcurre la degradación, un tiempo de residencia prolongado y una elevada superficie son contraproducentes, ya que de esta forma se favorece la oxigenación del medio (por reaireación y/o fotosíntesis), que como hemos visto da lugar a problemas en las lagunas anaerobias



GRAFICA 5.5. Esquema de una laguna anaerobia profunda



Foto 5.1. Capa de coque en la laguna anaerobia de La Solana (Ciudad Real).

En la figura 5.2 aparece un esquema de una laguna anaerobia típica, de pequeño tamaño y profundidad alta.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis de los efluentes generados y el diseño de una planta por aplicación anaeróbica influye positivamente en el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa y el tipo de suelo se determinó en dos compartimientos el primer compartimiento depósito de sólidos y el segundo compartimiento depósito de líquidos lo cual todo esta infraestructura estará construido bajo el nivel del terreno natural.
2. El análisis del suelo para el diseño de la planta de tratamiento nos muestra que está constituido por un tipo de suelo que es grava limosa y la clasificación AASHTO (A-2-4) lo cual nos conlleva a utilizar una geomembrana de espesor de 1 mm.
3. De acuerdo a la conclusión de los parámetros bioquímicos y químicos inciden en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica en el tratamiento de los efluentes y los valores que muestra el análisis son los siguientes: demanda bioquímica de oxígeno (5120 – B ROB 5 DIAS), demanda química de oxígeno (5220 – D reflujó cerrado fotométrico).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la instalación de la planta de tratamiento por aplicación anaeróbica se ubique en el mismo lugar donde se desarrolló el levantamiento topográfico.
2. Para impermeabilizar el suelo de la planta de tratamiento de los efluentes por este método anaeróbico se recomienda el uso de una geomembrana de espesor de 1 mm.
3. Se recomienda a la población que no construya por alrededores de la planta de tratamiento sus casas o chacras ya que en épocas de invierno podría pasar un desembalse y aumentar el caudal lo cual sería perjudicial para la población.
4. Se recomienda contar con un operador a medio tiempo durante el día para realizar las tareas de toma de datos, operación y mantenimiento de la laguna, coordinando actividades que permitan el monitoreo y evaluación del sistema.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. DÍAZ-BÁEZ, M.; Espitia, S. y Molina, F. (2002) Digestión Anaerobia una Aproximación a la Tecnología. UNIBIBLIOS. Bogotá, Colombia
2. GIBSON, G. (1990) "Physiological and ecology of the sulfate-reducing bacteria". A review. *Journal Applied bacteriology*, 69:769-797
3. McCARTY, L. (1982) "One hundred years of anaerobic treatment". En: proceedings of the second international symposium on anaerobic digestion, Federal Republic of Germany on Sep. 6 – 11. Elsevier Biomedical press, Amsterdam.
4. MADIGAN, M.; Mertinko, J. y parker, J. (1997) *Biology of Microorganisms*. Prentice Hall. New Jersey, USA
5. VAN HAANDEL, A. y Lettinga G. (1994) *Tratamiento Anaerobio de Esgotos*. Editora
6. ZINDER, S. (1998) Chapter 5. Methanogens. En: Burl age, R.S. et al, *Techniques in Microbial Ecology*. Oxford University Press. New York. 113-135
7. ZEHNDER, A. (1988) *Biology of Anaerobic Microorganisms*. John Wiley and Sons. Inc.
8. ZINDER, S. y Koch, M. (1984) "Non-acetoclastic methanogens from acetate: acetate oxidation by a thermophiles' syntrophic co cultura", *Arch. Microbiology*, 138: 263-272

ANEXOS

- 1.- ANALISIS DE AGUA RESIDUAL**
- 2.- ESTUDIO DE SUELOS**
- 3.- PLANOS**
- 4.- MATRIZ DE CONSISTENCIA**
- 5.- OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**
- 6.- PANEL FOTOGRAFICO**

1.- ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

ASESORÍA Y CONSULTORÍA SAC

ING. ROJAS QUINTO ANDRES CORCINO

Ingeniero Químico Colegiado Reg. CIP N°21526, Ms.C. Ingeniería Química Ambiental Ms.C. Didáctica Universitaria, Doctorado en Ingeniería Química y Ambiental, Docente Universitario.
Monitoreo Ambiental, Investigaciones metalúrgicas, Análisis Químicos de: minerales, agua suelo y ruido. Asesoría de Tesis de pre y post grado.

INFORME N° 03-2017: ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL

SOLICITANTE	: CHANELL HUAMÁN RAMÓN
TESIS	: DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAERÓBICA EN EL C.P CHAINAPAMPA-ACORIA-HUANCAVELICA
FUENTE	: BUZÓN DEL C.P CHAINAPAMPA
TIPO DE MUESTRA	: DESAGUE DOMICILIARIO
FECHA DE MUESTREO	: 17-02-2017
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS	: 17-02-2017
ANALISTA	: Dr. ANDRÉS CORCINO ROJAS QUINTO
RECOLECTOR DE LA MUESTRA	: CHANELL HUAMÁN RAMÓN

RESULTADOS

Muestras	DBO ₅ mg/L	DQO mg/L	Densidad de bacterias Coliformes totales UFC/100 mL a 35 °C	Densidad de bacterias Coliformes termotolerantes o fecales UFC/100mL a 44,5 °C
Muestra 1	1780.0	2320.0	540.0	280.0

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA Y NORMATIVIDAD

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅) : 5210-B ROB 5 DÍAS
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) : 5220-D reflujo cerrado Fotométrico

MÉTODOS DE REFERENCIA:

Densidad de bacterias Coliformes totales: SM 9221 B. 22nd Ed. Multiple-Tube Fermentation
Densidad de bacterias Coliformes termotolerantes o fecales: SM 9230 B. Fecal Enterococcus/Streptococcus Groups. Multiple-Tube Technique.

Huancayo, 22 de febrero del 2017.



Andrés Corcino Rojas Quinto
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP. N°21526

ESTUDIO DE SUELOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 012-2017
NOMBRE DEL TESISISTA : BACH. ING. CIVIL CHANELL FLOWER HUAMAN RAMON
NOMBRE DE LA TESIS : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAEROBICA EN EL C.P. CHAINAPAMPA - DISTRITO DE ACORIA - HUANCVELICA - HUANCVELICA
UBICACIÓN : ACORIA - HUANCVELICA - HUANCVELICA
FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 14 DE FEBRERO DE 2017.

REPORTE DE ENSAYOS ESTANDAR

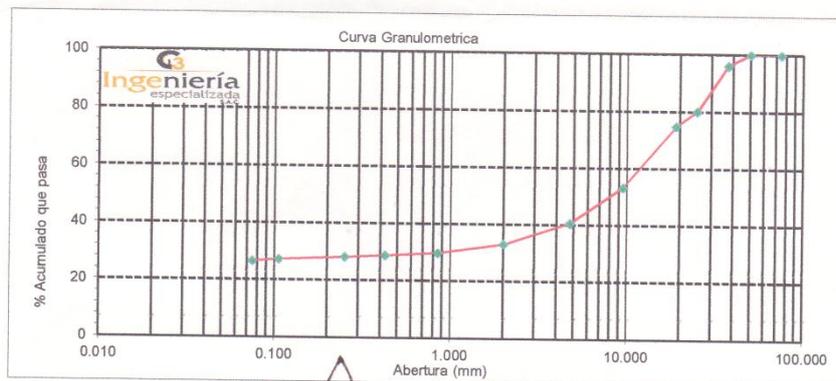
CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.50

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO N.T.P. 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Parcial	% acumulado	
			Retenido	que Pasa
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	3.9	3.9	96.1
1"	25.000	16.0	19.9	80.1
3/4"	19.000	5.3	25.2	74.8
3/8"	9.500	21.6	46.8	53.2
N°4	4.750	12.7	59.5	40.5
N°10	2.000	7.5	67.0	33.0
N°20	0.850	3.2	70.1	29.9
N°40	0.425	1.1	71.2	28.8
N°60	0.250	0.6	71.8	28.2
N°140	0.106	0.9	72.7	27.3
N°200	0.075	0.7	73.4	26.6
FONDO		26.6	100.0	0.0

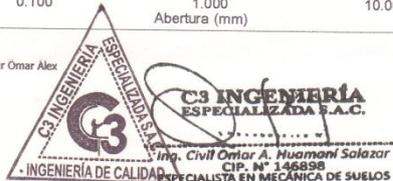
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS N.T.P. 339.129	
Límite Líquido	32
Límite Plástico	25
Índice Plástico	7

FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS		CONTENIDO DE HUMEDAD N.T.P. 339.127	
Grava (%)	59.5	Humedad (%)	7.1
Arena (%)	13.9		
Finos (%)	26.6		

CLASIFICACION SUCS N.T.P. 339.134		CLASIFICACION AASTHO N.T.P. 339.135	
Símbolo	GM	A-2-4 (0)	
Nombre	Grava limosa		



Revisado y realizado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



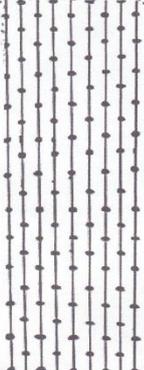
RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junín
CELULAR : 947898992 RPM: #947898992
TELEF. FIJO : (064) 215098
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 012-2017
 NOMBRE DEL TESISISTA : BACH. ING. CIVIL CHANELL FLOWER HUAMAN RAMON
 NOMBRE DE LA TESIS : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAEROBICA EN EL C.P. CHAINAPAMPA - DISTRITO DE ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
 UBICACIÓN : ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
 FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 14 DE FEBRERO DE 2017.
 METODO DE EXCAVACION : MANUAL
 EXCAVACION : CALICATA N°1

DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACION DE SUELOS MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO VISUAL - MANUAL

N.T.P. 339.150

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION		DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
	SIMBOLOS	GRAFICO	
0.30	Pt		Tierra de cultivo
0.50	GM		Grava limosa con arena, plasticidad media, estado humedo, de color marron oscuro a negro de consistencia media
1.00			
1.50			

Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex



RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junin
CELULAR : 947898992 RPM: #947898992
TELEF. FIJO : (064) 215098
E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 012-2017
NOMBRE DEL TESISISTA : BACH. ING. CIVIL CHANELL FLOWER HUAMAN RAMON
NOMBRE DE LA TESIS : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAEROBICA EN
EL C.P. CHAINAPAMPA - DISTRITO DE ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
UBICACIÓN : ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 14 DE FEBRERO DE 2017.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICOS

CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD (m) : 1.50

PARAMETRO	UNIDAD	N.T.P.	RESULTADO	MÉTODO
Cloruros Solubles Cl^{-1}	mg/Lt	339.177	201.3	Volumétrico
Sulfatos Solubles SO_4^{-2}	mg/Kg	339.178	324.7	Turbidimétrico
Sales Solubles Totales	mg/Kg	339.152	251.8	Gravimétrico

Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex



RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junín
CELULAR : 947898992 RPM: #947898992
TELEF. FIJO : (064) 215098
E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

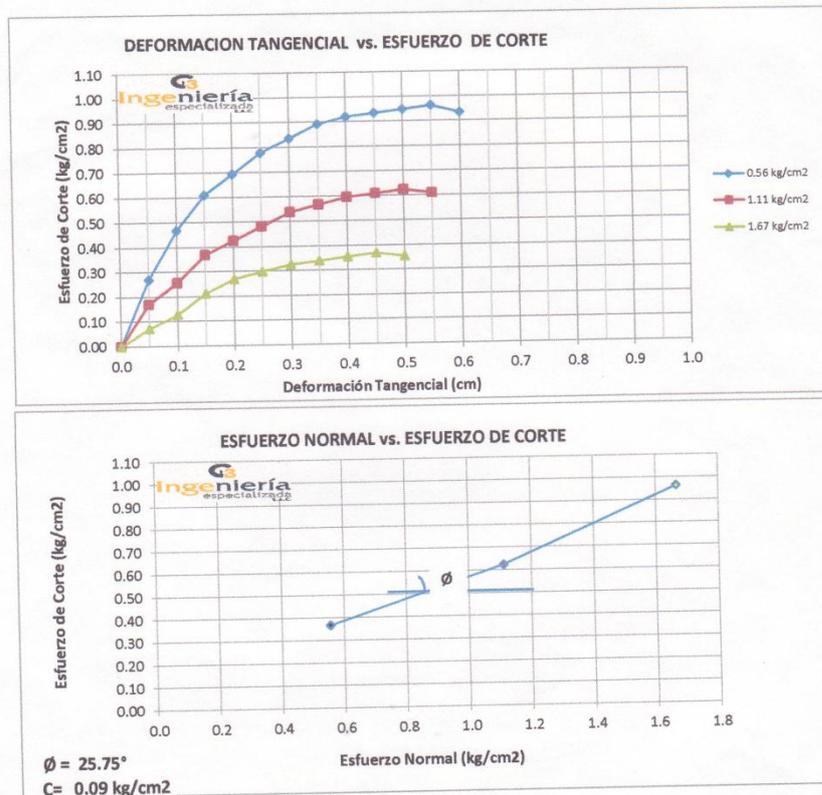
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 012-2017
NOMBRE DEL TESISISTA : BACH. ING. CIVIL. CHANELL FLOWER HUAMAN RAMON
NOMBRE DE LA TESIS : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAEROBICA EN EL C.P. CHAINAPAMPA - DISTRITO DE ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
UBICACIÓN : ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 14 DE FEBRERO DE 2017.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
N.T.P. 339.171**

Estado : Alterado
Profundidad : 1.50 m
Calicata : C-1

Página 1 de 2



Revisado y realizado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex



C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.
 Ing. Civil Omar A. Huamaní Salazar
 CIP. N° 145899
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junín
CELULAR : 947898992 RPM: #947898992
TELEF. FIJO : (064) 215098
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 012-2017
 NOMBRE DEL TESISISTA : BACH. ING. CIVIL CHANELL FLOWER HUAMAN RAMON
 NOMBRE DE LA TESIS : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAEROBICA EN EL C.P. CHAINAPAMPA - DISTRITO DE ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAMEL
 UBICACIÓN : ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
 FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 14 DE FEBRERO DE 2017.

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO N.T.P. 339.171

Muestra : M-1
 Profundidad : 1.50 m
 Calicata : C-1
 SUCS : GM
 Especimen : Remoldeado (mat. < Tamiz N°4)

Página 2 de 2

	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad Húmeda Inicial (gr/cm ³)	1.874	1.874	1.874
Densidad Seca Inicial (gr/cm ³)	1.734	1.734	1.734
Contenido Humedad Inicial (%)	8.1	8.1	8.1
Densidad Húmeda Final (gr/cm ³)	2.145	2.168	2.157
Densidad Seca Final (gr/cm ³)	1.867	1.882	1.871
Contenido Humedad Final (%)	14.9	15.2	15.3
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.56	1.11	1.67
Esfuerzo de Corte Maximo (kg/cm ²)	0.368	0.623	0.963
Angulo de Friccion Interna	: 28.16		
Cohesión (kg/cm ²)	: 0.05		

NOTA: La muestra fue remitida por el peticionario



RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junin
 CELULAR : 947898992 RPM: #947898992
 TELEF. FIJO : (064) 215098
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE

NOMBRE DEL TESISISTA : BACH. ING. CIVIL CHANELL FLOWER HUAMAN RAMON
 NOMBRE DE LA TESIS : DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAEROBICA EN EL C.P. CHAINAPAMPA - DISTRITO DE ACORIA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA
 FECHA DE EMISIÓN : CHILCA, 14 DE FEBRERO DE 2017.

N° DE MUESTRA : M-1
 N° DE CALICATA : C-1

CLASIFICACION SUCS:

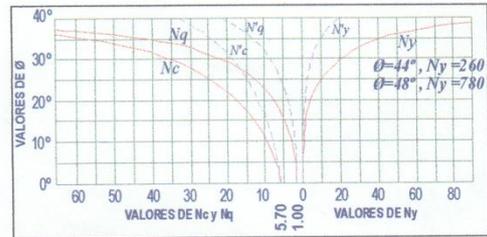
γ_m	1.734	gr/cm ³
ϕ	28.16	°
C	0.05	Kg/cm ²

Según Terzagui

Capacidad de Carga Última para Cimentaciones Cuadradas

q_c = Capacidad de Carga Última
 q_d = Capacidad Admisible

$$q_c = 1.3Cn_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$$



CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGAS PARA DIFERENTES ALTURAS DE CIMENTACION					
TIPO DE FALLA GENERAL PARA ZAPATA CUADRADA					
P. ESPECIFICO (Kg/cm ²)	ϕ	C	Nc	Nq	Ny
0.001734	28.16	0.05	24.66	13.38	13.38



ZAPATA CUADRADA			
FACTOR DE SEGURIDAD F.S. 3.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	qult (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)

ZAPATA CUADRADA			
FACTOR DE SEGURIDAD F.S. 3.5			
Base (cm)	Prof. (cm)	qult (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)

ZAPATA CUADRADA			
FACTOR DE SEGURIDAD F.S. 4.0			
Base (cm)	Prof. (cm)	qult (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)

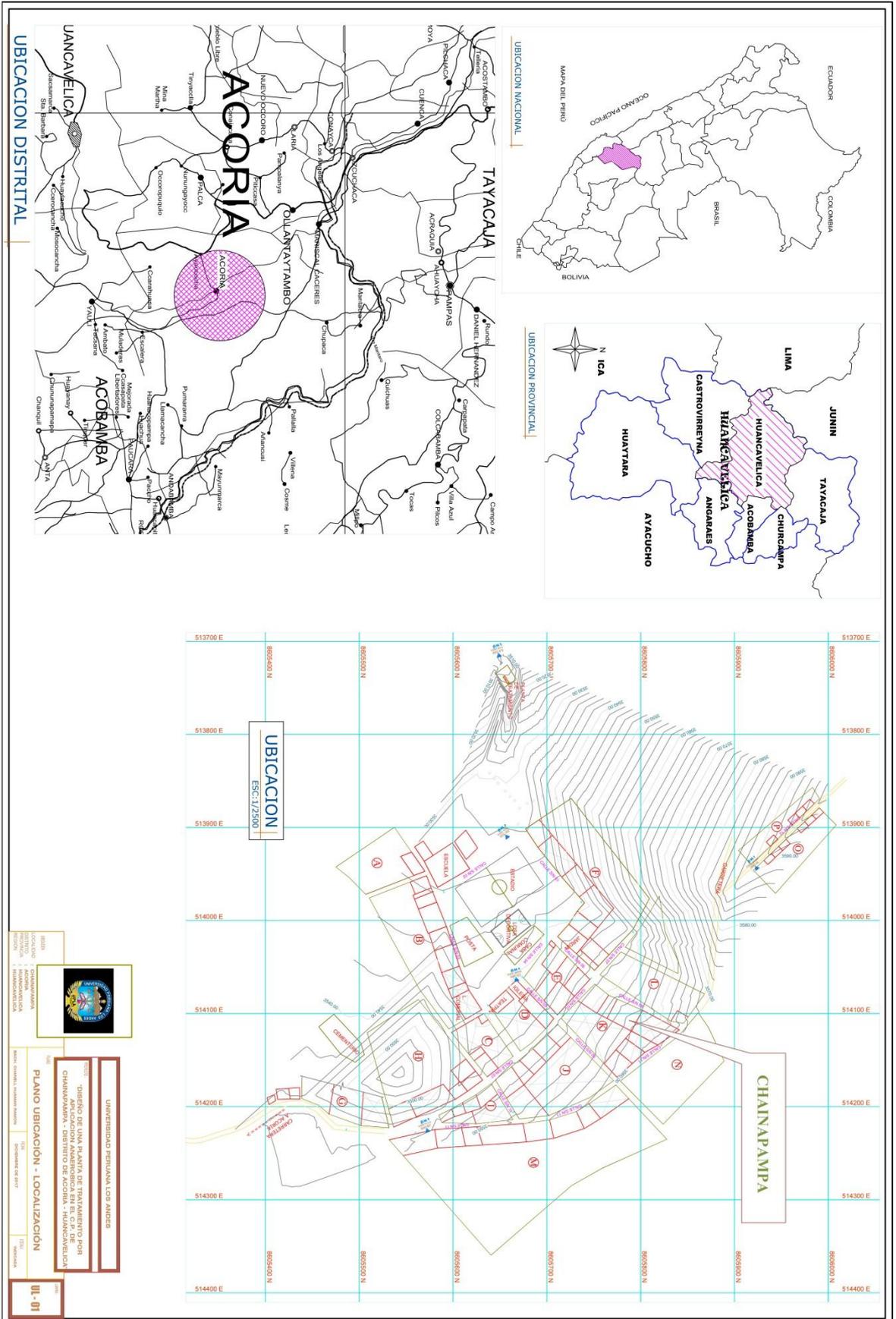
100	100	4.84	1.61
100	110	5.07	1.69
100	120	5.30	1.77
100	130	5.53	1.84
100	140	5.76	1.92
100	150	6.00	2.00
100	160	6.23	2.08
150	100	5.30	1.77
150	110	5.53	1.84
150	120	5.76	1.92
150	130	6.00	2.00
150	140	6.23	2.08
150	150	6.46	2.15
150	160	6.69	2.23
200	100	5.76	1.92
200	110	6.00	2.00
200	120	6.23	2.08
200	130	6.46	2.15
200	140	6.69	2.23
200	150	6.92	2.31
200	160	7.16	2.39
250	100	6.23	2.08
250	110	6.46	2.15
250	120	6.69	2.23
250	130	6.92	2.31
250	140	7.16	2.39
250	150	7.39	2.46
250	160	7.62	2.54

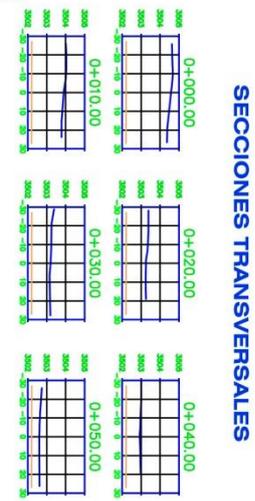
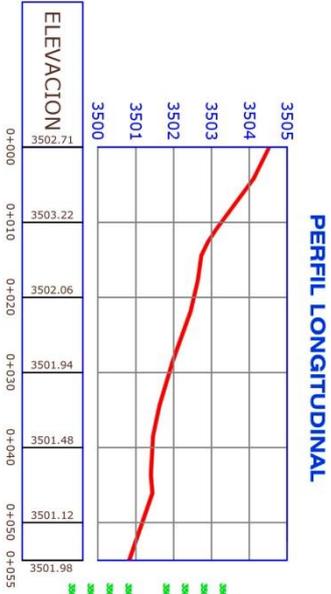
100	100	4.84	1.38
100	110	5.07	1.45
100	120	5.30	1.51
100	130	5.53	1.58
100	140	5.76	1.65
100	150	6.00	1.71
100	160	6.23	1.78
150	100	5.30	1.51
150	110	5.53	1.58
150	120	5.76	1.65
150	130	6.00	1.71
150	140	6.23	1.78
150	150	6.46	1.85
150	160	6.69	1.91
200	100	5.76	1.65
200	110	6.00	1.71
200	120	6.23	1.78
200	130	6.46	1.85
200	140	6.69	1.91
200	150	6.92	1.98
200	160	7.16	2.04
250	100	6.23	1.78
250	110	6.46	1.85
250	120	6.69	1.91
250	130	6.92	1.98
250	140	7.16	2.04
250	150	7.39	2.11
250	160	7.62	2.18

100	100	4.84	1.21
100	110	5.07	1.27
100	120	5.30	1.32
100	130	5.53	1.38
100	140	5.76	1.44
100	150	6.00	1.50
100	160	6.23	1.56
150	100	5.30	1.32
150	110	5.53	1.38
150	120	5.76	1.44
150	130	6.00	1.50
150	140	6.23	1.56
150	150	6.46	1.61
150	160	6.69	1.67
200	100	5.76	1.44
200	110	6.00	1.50
200	120	6.23	1.56
200	130	6.46	1.61
200	140	6.69	1.67
200	150	6.92	1.73
200	160	7.16	1.79
250	100	6.23	1.56
250	110	6.46	1.61
250	120	6.69	1.67
250	130	6.92	1.73
250	140	7.16	1.79
250	150	7.39	1.85
250	160	7.62	1.90



PLANOS





REGION
ACRICA
PROVINCIA
ACRICA



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
 INSTITUTO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
 CENTRO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

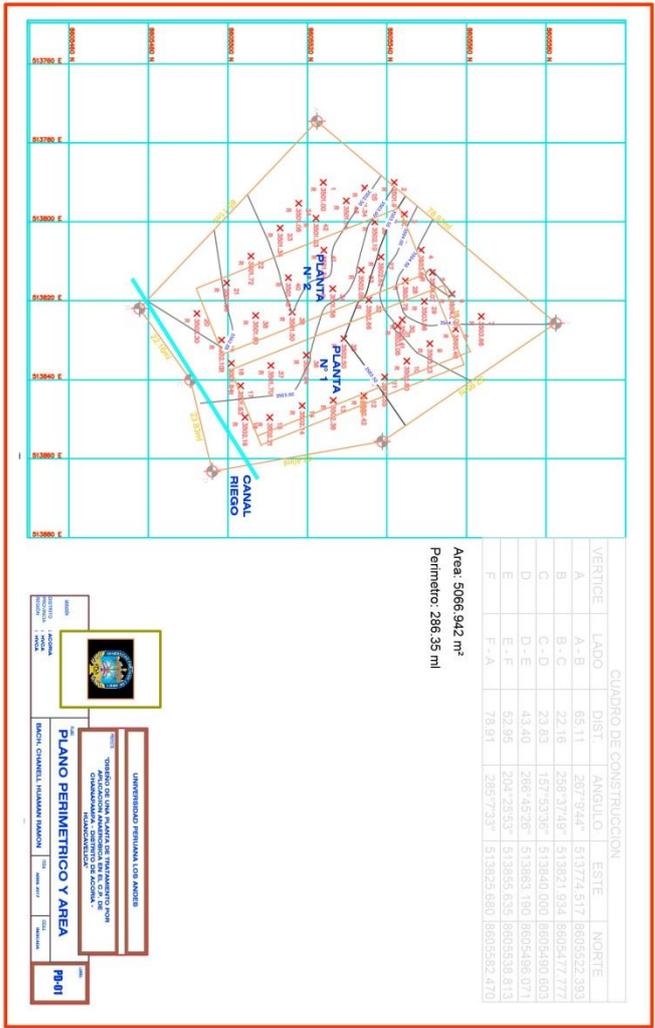
AUTOR
DACH, CHANEL HUANAN PAVON

FECHA
AÑO 2017

TITULO
INVESTIGACION

SECCIONES TRANSVERSALES

Pt-02



PROPUESTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO ANAEROBICO VISTA DE PLANTA



PROPUESTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO ANAEROBICO VISTA DE PERFIL



UNIVERSIDAD PRIVADA LOS ANDES

UNIVERSIDAD PRIVADA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS
Y RESIDUOS SÓLIDOS
PROYECTO DE DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO ANAEROBICO DE BIODIGESTION

PROF. CAROL LINDA MORALES

ALUMNO: [Nombre]

GRUPO: [Grupo]

FECHA: [Fecha]

PR-43

MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO POR APLICACIÓN ANAEROBICA EN EL CENTRO POBLADO DE CHAINAPAMPA, DISTRITO DE ACORIA-HUANCAVELICA

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPOTESIS Y VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cómo influye el diseño de una planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: a) ¿Cómo influye el tipo de suelo en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica? b) ¿Cómo influye los parámetros bioquímicos y químicos en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Determinar la influencia del diseño de una planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: a) Evaluar la influencia del tipo de suelo para el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica. b) Analizar cómo influyen los parámetros bioquímicos y químicos en el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.</p>	<p><i>Los sistemas de tratamiento de las aguas residuales mediante este método por aplicación anaeróbica se basan en el empleo del suelo como elemento depurador.</i></p> <p><i>En función de cómo se apliquen al terreno las aguas residuales son aquellas que resultan del uso doméstico o industrial y se le conoce como aguas servidas ya que el agua luego de ser usada constituye un residuo que no se puede usar directamente. Lo cual tenemos un sistema de tratamiento:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sistemas de tratamiento con lagunas.</i> <p>Las lagunas son excavaciones realizadas en un terreno para el tratamiento de aguas residuales ya que la profundidad de estas es variable, pueden ser un poco profundas o bastante hondas, ya que esta tecnología de tratamiento con lagunas se utiliza principalmente en comunidades pequeñas, sin embargo las lagunas aireadas y facultativas se usan frecuentemente en comunidades medianas. Estos sistemas pueden funcionar en forma independiente, las ventajas de un sistema con lagunas son:</p> <p>Los costos de capital resultan bajos.</p> <p>Requiere minima capacitación del</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>El diseño de una planta por aplicación anaeróbica influye positivamente para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>a) El tipo de suelo influye para el diseño de la planta por aplicación anaeróbica para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica.</p> <p>b) Los parámetros bioquímicos y químicos del diseño de la planta por aplicación anaeróbica inciden para el tratamiento de los efluentes en el centro poblado de Chainapampa del distrito de Acoria de la provincia de Huancavelica</p> <p>VARIABLES:</p> <p>Variable Independiente:</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>En el presente trabajo de investigación se utilizará el <i>método de enfoque cuantitativo</i>.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN EXPLICATIVO: Por que pretende describir y dar conocer las necesidades del centro poblado de Chainapampa de acuerdo a las variables independiente y dependientes.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN APLICADA: Se dice aplicada por que pretende solucionar un problema en el centro poblado de Chainapampa.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN El Método empleado para realizar la investigación experimental con un diseño descriptivo comparativo (Yarlequé, 2004) porque se evaluará la eficiencia de la tecnología propuesta y se compararán con los otros sistemas.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA</p> <p>POBLACION: Centro poblado de Chainapampa.</p> <p>MUESTRA: Sector sur oeste del centro poblado de Chainapampa.</p> <p>TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS</p> <p>Técnicas</p> <p>a) Análisis documental Lecturas, análisis e interpretación de la información</p> <p>b) Observación</p>

	<p>personal encargado de su operacion.</p> <p>La evacuación y disposición de lodos se realiza en intervalos de 10 a 20 años.</p> <p>Es compatible con sistemas de tratamiento acuáticos o sobre el suelo.</p> <p>Las desventajas son:</p> <p>No requiere grandes extensiones de terreno.</p> <p>En el efluente se da una concentración elevada de algas que puede ocasionar problemas en fuentes receptoras superficiales.</p> <p>Clases de lagunas:</p> <p>Se pueden clasificar teniendo en cuenta la concentración de oxígeno disuelto (nivel de aerobividad) y son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lagunas aerobias: este tipo de lagunas son poco profundas ya que deben permitir la penetración de la luz del sol en toda la columna de agua durante las horas de luz solar, en toda columna de agua su profundidad varia entre 1 y 1.5m, las lagunas diseñadas para aumentar la actividad fotosintética de las algas, el cual se refiere a la velocidad de producción fotosintética de oxígeno por parte de las algas. • Lagunas facultativas: este tipo de lagunas son las mas usadas, la profundidad oscila entre 1.5 a 2.5 m, y se 	<p>X1 Diseño de una planta por aplicación anaeróbica.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Y1 Tratamiento de efluentes.</p>	<p>Servirá para medir las ventajas tecnológicas y económicas</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>Fichas textuales y de resumen</p> <p>Fichas de observación</p>
--	---	--	--

les conoce también como lagunas de estabilización. El tratamiento se desarrolla por acción de las bacterias aerobias en la capa superior, y de bacterias anaerobias en la capa inferior, dependiendo de la mezcla que se induce por acción del viento los sólidos sedimentables se depositan en el fondo de la laguna.

- Lagunas aireadas con mezcla parcial: son más profundas y pueden recibir mayor carga orgánica que una laguna facultativa, el suministro de oxígeno se realiza por medio de aireadores mecánicos flotantes. Las lagunas aireadas tienen una profundidad que varía entre 2 y 6 m y se diseñan con un bajo tiempo de retención de 3 a 20 días, la principal ventaja radica en que necesita menor área que otros sistemas de lagunas.

- Lagunas anaerobias: este tipo de lagunas se diseñan para el tratamiento de residuos líquidos con alto contenido de materia orgánica, generalmente aguas residuales de industrias ubicadas en zonas rurales apartadas. Estas lagunas no cuentan con zonas aerobias, la profundidad oscila entre 5 y 10 m y su tiempo de retención va desde 20 a 50 días., debido a esto genera malos olores y requieren ser cubiertos o aislados en zonas pobladas.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El objetivo principal de un sistema de tratamiento de agua residual es depurar el agua residual hasta unos niveles acordes con la normativa vigente y proporcionar una correcta integración de esta agua residual con el entorno, y obtener los mejores rendimientos posibles.

El cumplimiento de este objetivo está condicionado por la correcta realización de la operación y el mantenimiento de las diferentes etapas que conforman el sistema de tratamiento.

Pre tratamiento.

Desbaste.

Operación:

- Tener una reja de repuesto.
- Realizar dos limpiezas al día, una al mediodía y otra a las seis de la tarde. En el caso que haya pocos sólidos, la limpieza podría hacerse eventualmente.
- Utilizar un rastrillo, para retirar los sólidos retenidos. Luego enterrarlos en un sitio asignado para ello.
- Limpiar las herramientas utilizadas.

Mantenimiento:

Cuando se observe que la reja esté desgastada, proceder a cambiarla con la de repuesto e inmediatamente, mandar a hacer otra que se guardará como repuesto.

- Realizar el cambio en la hora que se observe el menor flujo de agua.
- Limpiar las herramientas utilizadas.

- Anotar la fecha del cambio de reja en el cuaderno de mantenimiento.

Desarenado.

Operación:

- Las compuertas de limpieza deben estar cerradas en funcionamiento normal.
- Utilizando un rastrillo, agitar la arena de fondo, tres veces al día en sentido contrario al flujo de agua. En el caso que haya poco sedimento, la limpieza podría hacerse eventualmente.
- Limpiar las herramientas.

Mantenimiento:

Medir dos veces a la semana en nivel de arena depositada en el sitio de entrada, cuando esta alcance la altura señalada para su almacenamiento, proceder a sacar la arena de la siguiente manera.

- Abrir las compuertas de limpieza.
- Esperar un rato hasta que se realice la limpieza hidráulica del desarenador. Puede hacerse uso de herramientas para la remoción manual de sólidos decantados.
- Limpiar las herramientas.
- Anotar fecha en el cuaderno de mantenimiento.

Lagunas de estabilización.

Debe contratarse por lo menos un operador a medio tiempo para las lagunas de estabilización.

Operación para funcionamiento inicial.

Cuando una laguna de estabilización inicia su vida, las pérdidas por percolación son mayores debido a que:

a) el terreno absorbe mucha agua mientras logra saturarse y b) porque aún no se ha producido la disminución de la conductividad hidráulica y de la permeabilidad que ocasionan los sólidos que contienen las aguas residuales.

El hecho de que los abonados potenciales de un sistema de alcantarillado nuevo se conecten lentamente, hace coincidir la época en que las pérdidas son máximas con aquella en que el caudal sanitario es mínimo. Todo lo anterior hace que el período inicial de operación sea crítico para la obtención del tirante de agua en la laguna que le permita funcionar satisfactoriamente.

Si no se toman medidas para lograr de alguna manera un nivel satisfactorio de operación, se presentarán problemas tales como el nacimiento de plantas en el fondo de la laguna –las cuales cuesta mucho eliminar- y producción de malos olores.

Para tener un funcionamiento apropiado y evitar la producción de malos olores, proceder de la siguiente manera:

- Llenar la laguna por lo menos hasta una altura de 1m. con agua del río vecino ó en el caso de no contar con volúmenes suficientes de agua, proceder a segmentar el área de la laguna con pequeños diques temporales los que permitirán la saturación progresiva del fondo de toda la laguna. Chequear la estanqueidad del fondo y taludes de la laguna, la pérdida no debe ser mayor a 5 mm/día.
- Luego del paso anterior, permitir la entrada de las aguas servidas, hasta alcanzar toda la altura de agua con que debe funcionar la laguna.
- Controlar que el pH esté entre 7.0 y 7.5 (medidor portátil) en la laguna primaria, si fuera necesario arrojar a través de la entrada, solución de cal (1 libra en 20 litros de agua), en cantidad suficiente hasta tener el pH indicado.

Este funcionamiento inicial debe ser parte de las obligaciones del contrato de construcción del sistema de lagunas de estabilización.

Operación para el funcionamiento normal.

Características del funcionamiento normal.

Para la laguna anaerobia:

- El nivel de olores es soportable para un visitante y no es detectable a 100 m de la misma.
- El color de la laguna está entre gris y negro.
- En el afluente se observa desprendimiento de burbujas de gas.
- En la superficie de la laguna se observa burbujeo de gas.
- El pH esta entre 7.0 y 7.5.
- La temperatura, especialmente del lodo es siempre la misma.
- De vez en cuando puede aparecer un poco de color verdoso o rosado en la superficie.
- El agua que sale de la laguna, tiene apariencia de agua un poco turbia y con pocos sedimentos.
- No hay vegetación ni en los taludes ni en las áreas cercanas.

Para lagunas facultativas y de maduración:

- El color de agua es verde intenso y un poco transparente.
- No hay olores desagradables.
- El pH es mayor que 7.0.
- No hay natas de algas o lodo flotando en la superficie de agua.
- El agua que sale es clara con una coloración verdosa.
- No hay vegetación ni en taludes ni en las áreas vecinas.

Actividades diarias.

- No permitir la entrada de personas extrañas.
- Chequear que la distribución de caudal en el cajón de llegada, esté de acuerdo a lo fijado, especialmente cuando haya varias entradas a la laguna. Debe tenerse la misma altura de agua en las bocas de las tuberías

que salen del cajón de distribución o en los vertederos de división de caudal o vertederos regulables.

- Verificar que se mantengan rigurosamente los niveles de agua y los caudales de operación, de común acuerdo con el ingeniero responsable.
- Cambiar oportunamente las cartas de los registradores automáticos de caudal.
- Recorrido general de la instalación.
- Anotar los datos sobre las lagunas de acuerdo a lo establecido para el monitoreo.

Actividades periódicas.

- Cuando se tengan lluvias fuertes, bajar unos 5 cm. el nivel del vertedero de salida y después de 2 horas de haber pasado la lluvia, regresar al nivel normal.
- Hacer oscilar el nivel de las lagunas periódicamente para evitar el desarrollo de mosquitos, mediante la operación de las compuertas/vertedero de las estructuras de interconexión y salida. Aplicar insecticidas en el caso de que fuera necesario.

PANEL FOTOGRÁFICO



FOTO N.01:

SE OBSERVA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EN EL LUGAR DE LA LAGUNA ANAEROBICA.



FOTO N.02: SE OBSERVA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EN EL AREA DONDE SE VA DISEÑAR LA LAGUNA ANEROBICA.



FOTO N.03: SE OBSERVA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DONDE SE VA DISEÑAR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA LAGUNA ANAEROBICA.



FOTO N.04: SE PUEDE OBSERVAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DONDE SE VA DISEÑAR LA PLANTA DE TRATAMIENTO.



FOTO N.05: SE OBSERVA LA EXCAVACION DE LA CALICATA PARA LA MUESTRA N. 01 PARA SU RESPECTIVO ESTUDIO EN LABORATORIO.



FOTO N. 06: SE OBSERVA LA EXCAVACION DE LA CALICATA N. 01 PARA SU ESTUDIO EN EL LABORATORIO DE SUELOS.



FOTO N. 07: SE OBSERVA LA EXCAVACION DE LA CALICATA A UNA PROFUNDIDAD 1.50 METROS PARA SU RESPECTIVO ESTUDIO DE LAS MUESTRAS.