

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMESTICAS CON BIODIGESTORES EN LA COMUNIDAD  
ALTO AYRACOLLANA - PROVINCIA DE ESPINAR – CUSCO -2014”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR**

**BACH. ERIK SALVADOR ESPILLICO CONDORI**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO – PERÚ**

**2014**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

“MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMESTICAS CON BIODIGESTORES EN LA COMUNIDAD  
ALTO AYRACOLLANA - PROVINCIA DE ESPINAR – CUSCO -2014”

TESIS PRESENTADO A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARA OPTAR

EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach: ERIK SALVADOR ESPILLICO CONDORI

APROBADO POR EL JURADO:

PRESIDENTE

: Dr. JOSÉ JUSTINIANO VERA SANTAMARÍA

1er. MIEMBRO

: Ing. EDILBERTO VELARDE COAQUIRA

2do. MIEMBRO.

: Ing. ALCIDES HÉCTOR CALDERON MONTALICO

DIRECTOR.

: M.Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

ÁREA : Ingeniería y Tecnología

TEMA: Reúso de aguas residuales

LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural

## DEDICATORIA

- o A Dios por darme la vida y las fuerzas para poder caminar en este mundo.
- o A mis padres Eligio y Epifania por su cariño paciencia y respaldarme incondicionalmente en todo momento, y de quienes siempre recibí una palabra de aliento.
- o A mis hermanos Frida, Jose y de manera muy especial a mi hermano Ali en el cielo.
- o A mi hija Valeria y mi esposa Noemi
- o A mi abuela Josefina por su apoyo infinito.
- o A mis amigos Rudy, Erik, Abel, por su apoyo, y comprensión en mis horas de estudio.

## AGRADECIMIENTO

- o A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por haber sido mi alma mater y darme la oportunidad de forjarme en sus aulas.
- o A mis profesores de la universidad los cuales pusieron, todo el desempeño de compartir sus conocimientos por vocación profesional y su permanente labor de formar profesionales.

## ÍNDICE

### CAPITULO I

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. GENERALIDADES .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	4
1.3.1. Problema general .....	4
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	4
1.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.6. OBJETIVOS .....	6
1.6.1. Objetivo general. ....	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	6
1.7. HIPÓTESIS.....	7
1.7.1. Hipótesis general .....	7
1.7.2. Hipótesis específicas.....	7

### CAPITULO II

<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	8
2.1. EVALUACIÓN DE UN PROYECTO .....	8
2.1.1. Monitoreo .....	8
2.1.2. Evaluación. ....	8
2.1.3. El objetivo de la evaluación.....	9
2.1.4. Evaluación técnica.....	9
2.2. AGUAS RESIDUALES .....	10
2.2.1. Composición de las aguas residuales .....	12
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	17
2.3.1. Características físicas .....	17
2.3.2. Características químicas .....	19
2.3.3. Características biológicas .....	25
2.3.4. Procesos y métodos de tratamiento de las aguas residuales .....	27

2.4. TECNOLOGÍAS Y TIPOS DE LETRINAS PARA LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS .....	30
2.4.1. Sistemas sin transporte de excretas .....	30
2.4.2. Sistema con transporte de excretas .....	32
2.4.3. Factores técnicos que influyen en la eliminación de las excretas, volumen de los desechos humanos recientes.....	33
2.5. BIODIGESTORES .....	37
2.5.1. Funciones del biodigestor .....	39
2.5.2. Usos .....	39
2.5.3. Ventajas .....	39
2.5.4. Desventajas .....	40
2.5.5. Diseño de la letrina .....	40
<b>CAPITULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>44</b>
3.1. ASPECTOS GENERALES .....	44
3.1.1. Ubicación política.....	44
3.1.2. Ubicación geográfica .....	44
3.1.3. Límites .....	45
3.1.4. Vías de acceso .....	45
3.1.5. Identificación del área de influencia del estudio. ....	46
3.1.6. Características de la zona en estudio .....	46
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR .....	50
3.3. METODOLOGÍA UTILIZADA.....	51
3.3.1. Recopilación de información.....	51
3.3.2. Identificación .....	52
3.3.3. Muestreo y evaluación de aguas residuales .....	52
3.3.4. Procesamiento y análisis de parámetros .....	53
3.3.5. Procesamiento y evaluación de resultados .....	54
3.3.6. Eficiencia del biodigestor en el tratamiento de aguas residuales ..	54

**CAPITULO IV**

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	56
4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA SITUACIONAL DE LOS BIODIGESTORES .....	56
4.2. CALIDAD FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL .....	58
4.2.1. Parámetros fisicoquímicos evaluados en laboratorio .....	58
4.2.2. Parámetros bacteriológicos evaluados en laboratorio .....	63
4.2.3. Evaluación de resultados .....	65
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	69
CONCLUSIONES .....	69
RECOMENDACIONES .....	70
BIBLIOGRAFÍA .....	72
ANEXOS .....	74
ANEXO 1 .....	75
PANEL FOTOGRÁFICO.....	75
ANEXO 2 .....	79
RESULTADOS DE LABORATORIO .....	79
ANEXO 3 .....	95
NORMAS LEGALES.....	95

**INDICE DE CUADROS**

<i>Cuadro 1</i> , Principales constituyentes de las aguas residuales a reducir .....	15
<i>Cuadro 2</i> , Cantidad de heces humanas excretadas por adultos .....	33
<i>Cuadro 3</i> , Cantidad contenido de excretas humanas sin orina .....	36
<i>Cuadro 4</i> , Cantidad y contenido de la orina humana .....	36
<i>Cuadro 5</i> , Vías de acceso a la comunidad campesina Alto Ayracollana (2013) .....	46
<i>Cuadro 6</i> , Resumen de análisis fisicoquímico y bacteriológico en el laboratorio, Alto Ayracollana (2013) .....	57
<i>Cuadro 7</i> , Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ), Alto Ayracollana (2013) .....	58
<i>Cuadro 8</i> , Demanda Química de Oxígeno (DQO), Alto Ayracollana (2013) .....	59
<i>Cuadro 9</i> , Solidos suspendidos totales, Alto Ayracollana (2013) .....	60
<i>Cuadro 10</i> , Remoción de aceites y grasas, Alto Ayracollana (2013) .....	61
<i>Cuadro 11</i> , Remoción de nitrógeno total, Alto Ayracollana (2013) .....	62
<i>Cuadro 12</i> , Remoción del fosforo total, Alto Ayracollana (2013) .....	62
<i>Cuadro 13</i> , Remoción coliformes totales, Alto Ayracollana (2013) .....	63
<i>Cuadro 14</i> , Remoción coliformes fecales, Alto Ayracollana (2013) .....	64
<i>Cuadro 15</i> , Eficiencia de remoción del biodigestor, Alto Ayracollana (2013) .....	66
<i>Cuadro 16</i> , Comparación de parámetros en salida del sistema (efluente) con los límites máximos permisibles .....	67

**INDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1</i> , Contaminación de la napa freática por contacto con la letrina .....	11
<i>Figura 2</i> , Componentes y funcionamiento del biodigestor .....	38
<i>Figura 3</i> , Plano de ubicación de la comunidad campesina Alto Ayracollana .....	45
<i>Figura 4</i> , Viviendas – Alto Ayracollana (2013) .....	47
<i>Figura 5</i> , Letrinas con biodigestores en la I.E.P. Alto Ayracollana .....	76
<i>Figura 6</i> , Institución educativa primaria Alto Ayracollana .....	76
<i>Figura 7</i> , Tomando las medidas en las letrinas en Alto Ayracollana .....	77
<i>Figura 8</i> , Filtro del biodigestor Alto Ayracollana .....	77
<i>Figura 9</i> , Tomando la temperatura del medio ambiente en Alto Ayracollana .....	78

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “*Monitoreo y evaluación del tratamiento de aguas residuales domesticas con biodigestores en la comunidad Alto Ayracollana de la provincia de Espinar - Cusco*”, tiene como objetivo de determinar la eficiencia del biodigestor a través del monitoreo y evaluación del tratamiento de aguas residuales, en función de parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, determinando la calidad del proceso de tratamiento de las aguas residuales domesticas para controlar la contaminación ambiental que causan las excretas, ya que en la actualidad la disposición inadecuada de las excretas es una de las principales causas de enfermedades infecciosas intestinales, parasitaria y la polución de las aguas subterráneas y del suelo. Esta fase consistió en la recopilación de información acerca de la ubicación del sistema, condiciones físicas y climáticas del ámbito donde se encuentra operando, y la descripción del tratamiento de aguas residuales con biodigestores, la parte experimental del presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la comunidad campesina Alto Ayracollana, donde se hizo el muestreo de manera puntual en el afluente y efluente del biodigestor, con una frecuencia de treinta días, por un periodo de cinco meses, ubicado en la institución educativa Alto Ayracollana, para los respectivos análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. En base a los resultados obtenidos del laboratorio conforme al rendimiento del biodigestor en el tratamiento de excretas cuyo parámetros evaluados son: DBO5 21.80%, DQO 23.03%, Aceites y Grasas 51.96%, Sólidos totales en suspensión 51.39%. También se determinó la eficiencia de remoción de Coliformes Totales 47.00% y Coliformes Fecales 32.15%. Se realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, en el decreto supremo N° 003-2010, los cuales deben cumplir para ser descargados a cuerpos receptores sin generar contaminación.

### **Palabras clave:**

Aguas residuales, análisis bacteriológico, análisis fisicoquímico, biodigestor, coliformes fecales, contaminación, evaluación, medio ambiente, monitoreo.

### ABSTRACT

The present research work entitled "Monitoring and evaluation of treatment of domestic wastewater digesters in Alto Ayracollana community in the province of Espinar - Cusco", aims to determine the efficiency of the digester through monitoring and evaluation of treatment wastewater, depending on physicochemical, bacteriological parameters, determining the quality of the treatment process of domestic wastewater to control environmental pollution caused by sewage, as currently inadequate disposal of excreta is one of the main causes intestinal parasitic infectious diseases and pollution of groundwater and soil. This phase involved the collection of information about the system location, physical and climatic scope where it is operating conditions and the description of the treatment of wastewater with bidigestores, the experimental part of this research project was conducted in "Alto Ayracollana" the rural community, where sampling timely manner in the influent and effluent from the digester, with a frequency thirty days became, for a period of five months, the educational institution located in Alto Ayracollana for the respective physicochemical analysis and bacteriological. Based on the results obtained in laboratory digester performance in the treatment of excreta whose parameters evaluated are: 21.80% BOD5, COD 23.03%, 51.96% Oils and Fats, whole suspended solids 51.39%. The removal efficiency of 47.00% Whole Coliform and Fecal Coliform 32.15% was also determined. Comparing parameters evaluated with limits set by MINAM in Supreme Decree No. 003-2010, which must meet to be discharged into receiving bodies without generating pollution.

**Keywords:**

Bacteriological analysis, contamination, digester, environment, evaluation, fecal coliforms, monitoring, physicochemical analysis, sewage.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. GENERALIDADES

El abastecimiento de agua potable y la inadecuada disposición de las aguas residuales y excretas son dos problemas serios en nuestro país. Es elevada la incidencia de enfermedades diarreicas y otras relacionadas con la ingestión de agua y alimentos contaminados, higiene deficiente, aguas negras sin tratar dispuestos inadecuadamente, es indispensable para el desarrollo integral de las comunidades contar con sistemas de tratamiento de aguas residuales y un estricto control del funcionamiento de biodigestores, para el tratamiento de excretas. Esto asegura una mejor calidad de vida para la población rural ya que al recibir un tratamiento adecuado, se evita la contaminación de ríos, quebradas, lagos y agua subterránea que permiten en algunos casos, la reutilización de las aguas tratadas para la agricultura.

El tratamiento de las aguas residuales domésticas puede llevarse a cabo mediante diversos métodos. Estos pueden alternarse de diferentes maneras, lo que ofrecerá como resultado diferentes secuencias de operaciones y procesos. Todos estos se basan en fenómenos físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, casi todas las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas se conciben con base en procesos biológicos (Rolim, 2000).

Este trabajo de investigación describe la experiencia del monitoreo y evaluación en el tratamiento de excretas con biodigestores que se realizó en la comunidad campesina de Alto Ayraccollana del distrito de Coporaque, provincia de Espinar del departamento de Cusco, todo ello nos permite conocer el

problema y el grado de eficiencia que ofrecen los proyectos de letrinas con biodigestores en la comunidad campesina de Alto Ayracollana, considerando que el 100% de la población cuenta con este servicio; donde la contaminación es latente generándose la contaminación por focos infecciosos que afecta la salud del poblador rural.

En la mayor parte de las comunidades y centros poblados con poblaciones numerosas del departamento de Cusco no cuentan con una laguna de estabilización tomando como alternativa eficiente el sistema de tratamiento de aguas residuales con biodigestores, por el bajo costo de su instalación, simplicidad en la construcción y la facilidad en el mantenimiento y operación de los biodigestores, para optimizar el tratamiento de aguas servidas domesticas con biodigestores en el sector rural, además de su correcto funcionamiento, y describir los principales componentes es necesario socializar a sus habitantes mediante exposiciones, capacitaciones para que sea sostenible en el tiempo.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema de la contaminación del agua es conocido desde la antigüedad, ya que aparecen relatos de las culturas e imperios antes de cristo, este problema es local, regional y mundial. Los cuerpos receptores como el mar, ríos, lagos y en muchas ocasiones las aguas subterráneas, no han sido capaces por si solas, de absorber y neutralizar la carga polucional que genera la industria. Por lo tanto estos volúmenes de agua han venido perdiendo sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática sana, que responda al equilibrio ecológico que se espera de ellos, para preservar los cuerpos de agua.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), menciona que cada año mueren aproximadamente 3,3 millones de personas a causa de la enfermedad diarreica aguda (EDA) y un estimado de 1,5 mil millones sufren de infecciones parasitarias causadas por la contaminación del ambiente. Particularmente en el

Perú, el ministerio de salud registro 1,168,648 casos de EDA de los cuales 700 mil fueron niños menores de cinco años.

Presenta mayor importancia, desde el punto de vista de saneamiento ambiental, la necesidad del tratamiento de aguas residuales generadas en la comunidad Alto Ayracollana, ya que a partir de las mismas se realiza la recarga de los acuíferos. Además el vertimiento de estas aguas residuales, dependiendo del grado de descarga, ocasiona problemas de contaminación en el suelo, en las aguas subterráneas y en el aire, lo que puede generar problemas graves de salud pública.

Estas aguas residuales antes de ser vertidas en las masas receptoras deben recibir un tratamiento adecuado, el cual sea capaz de mejorar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas a tal grado que su disposición final no provoque problemas de contaminación en el medio ambiente. Los biodigestores como alternativa en el tratamiento de aguas residuales, deben ser diseñados, construidos y operados con el objeto de convertir las aguas residuales, a través de los procesos depurativos, en un efluente final aceptable y al mismo tiempo disponer adecuadamente de los sólidos separados durante el tratamiento.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 25 % de las enfermedades se debe a la insalubridad del agua, existiendo una relación entre calidad, cantidad de agua abastecida y número de casos de enfermedades de la población consumidora, actuando el agua como un vehículo de transmisión de agentes infecciosos, el abastecimiento de agua potable en nuestro país es deficiente, porque sólo el 22% de la población rural y el 77% de la población urbana, cuenta con el servicio de agua potable, siendo esto uno de los motivos para la incidencia y persistencia de enfermedades, dentro de ellas podemos citar la epidemia del cólera, con dicha epidemia en el año de 1991 resultaron afectadas 300,000 personas a nivel nacional con un saldo trágico de 3,000 muertos. A través de la aplicación y diseños metodológicos estandarizados en las áreas más afectadas, se ha encontrado que la infección por vibrio cholerae alcanza a 25-30 de cada 100 habitantes. Los factores de riesgo más significativos incluyen consumo de agua no tratada y de alimentos sanitariamente deficientes. Frente a

este problema, en los últimos años, el gobierno e instituciones no gubernamentales (ONGs) prestan mayor atención en la implementación de programas de salud y saneamiento básico.

De acuerdo con esto, se definió como objetivo central de esta investigación realizar una metodología que permita monitorear y evaluar el comportamiento de los biodigestores, utilizados para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la comunidad campesina Alto Ayraccollana del distrito de Coporaque, provincia de Espinar – Cusco, para interpretar su funcionamiento, eficiencia en remoción en carga orgánica y calidad del efluente al igual que los posibles problemas ambientales asociados con la implementación del mismo.

### **1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Problema general**

- ¿Cuáles son las principales causas de las enfermedades infecciosas intestinales, parasitaria y la eficiencia del tratamiento de aguas residuales con biodigestores en la comunidad Alto Ayraccollana?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Qué deficiencias presentan los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales en la comunidad campesina Alto Ayraccollana para reducir la contaminación ambiental?
- ¿Cuáles son las condiciones y factores que alteran el normal funcionamiento del biodigestor, para poder controlar y reducir la contaminación que causan las excretas al medio ambiente?

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación nos permite conocer el problema y el grado de eficiencia de remoción que ofrecen los proyectos de letrinas con biodigestores, en la comunidad campesina de Alto Ayraccollana, el 100% de la población cuenta con este servicio; donde la contaminación es latente con ello

se produce la contaminación por focos infecciosos y afecta la salud del poblador rural. En las comunidades y centros poblados con poblaciones considerables del departamento de Cusco no cuentan con una laguna de estabilización por el alto costo de su estudio y ejecución, optando por el sistema de tratamiento de aguas residuales con biodigestores, ahí sí se puede decir que la utilización es eficiente

En la actualidad existen cambios muy acelerados con presencia de enfermedades raras, por lo que prima la necesidad de respuestas efectivas, con resultados que satisfagan las necesidades y expectativas en cuanto al cuidado de la salud pública de los seres vivos y del medio ambiente.

Existe entonces la necesidad de realizar un gran esfuerzo tanto por parte de los gobiernos como de los técnicos que laboran y asesoran en el tratamiento de efluentes, para tratar de generar datos y estadísticas, producto de investigaciones locales del funcionamiento y operación de sistemas de tratamiento, con la finalidad de proponer criterios de funcionamiento acordes con la ecología de la región, de tal manera que se contribuya a la disminución de la creciente contaminación de los recursos hídricos como el agua. Es pues fundamental determinar cuáles son los problemas que confrontan estos sistemas y cuáles son las consecuencias ambientales del vertimiento de sus efluentes, de manera de plantear alternativas técnicas para la solución de esta situación.

## **1.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) es una de las principales causas de morbilidad en los menores de cinco años en América Latina. La promoción de la salud es un tema poco conocido y aplicado en el mundo y América Latina especialmente en medio rural. La promoción de la salud tiende a confundirse y unirse con prevención de la enfermedad en el tema de EDA. Así, las políticas de promoción de la salud en EDA, aparecen más como políticas saludables.

En la región del Cusco, el 48% de la población está ubicada en el ámbito rural y el 95% de los distritos del Cusco están calificados como pobres, muy pobres y

extremadamente pobres, y en la provincia de Espinar existe mayoritariamente una población rural quechua hablante que sobrevive en torno a las actividades agropecuarias, el 70% de la población no accede a servicios de saneamiento y práctica, el fecalismo es al aire libre, es decir que los adultos y niños pequeños eliminan sus excretas en el campo, tras la casa o en el patio y los animales domésticos, mayores y menores que cohabitan con las familias se alimentan de los desechos humanos. El índice de morbilidad en la región, por enfermedades diarreicas es del orden del 23%; siendo las EDA's, es la tercera causa de la mortalidad infantil y sus principales causas: la pobreza, la ignorancia, la desnutrición y la falta de un saneamiento básico rural integral, es decir, agua y saneamiento, que incluya además del agua potable, la instalación de letrinas sanitarias y/o alcantarillados, incluyendo la educación en salud e higiene.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo general.**

- Determinar la eficiencia del biodigestor a través del monitoreo y evaluación del tratamiento de aguas residuales, en función de parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos, para controlar la contaminación ambiental que causan las excretas.

### **1.6.2. Objetivos específicos.**

- Monitorear la calidad del efluente del biodigestor en el tratamiento de las aguas residuales domesticas de acuerdo a los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM en función a los parámetros fisicoquímico y bacteriológicos.
- Evaluar la eficiencia de remoción y funcionamiento del biodigestor en la descontaminación de aguas residuales domésticas, mediante el análisis y medición de parámetros, fisicoquímicos y bacteriológicos.

## 1.7. HIPÓTESIS

### 1.7.1. Hipótesis general

- Existe una relación de influencia significativa entre en tratamiento optimo del aguas residuales con el buen funcionamiento del biodigestor en la comunidad campesina Alto Ayraucollana.

### 1.7.2. Hipótesis específicas

- El grado de eficiencia del biodigestor está asociado significativamente con el uso y funcionamiento del biodigestor.
- El óptimo funcionamiento del biodigestor está relacionado directamente a factores y condiciones externas en el tratamiento de aguas residuales en la comunidad campesina Alto Ayraucollana.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. EVALUACIÓN DE UN PROYECTO

##### 2.1.1. Monitoreo

Ha sido definida por EL BID (1997), el monitoreo hace un seguimiento de las acciones de la iniciativa, “busca comprobar la efectividad y eficiencia del proceso de ejecución, mediante la identificación de los aspectos limitantes y/o ventajosos”. El propósito del monitoreo consiste en detectar de manera oportuna las fortalezas y deficiencias de los procesos de ejecución, con tal de hacer ajustes para una óptima gestión de las iniciativas, “para optimizar los resultados esperados y responder a las expectativas de la ciudadanía”. En el monitoreo, el punto de referencia es el plan de trabajo o plan de acción para el programa y se analiza la ejecución del programa con respecto a dicho plan. El monitoreo hace un acompañamiento de la ejecución de actividades, la entrega de productos y el uso de recursos.

##### 2.1.2. Evaluación.

Es la validación o calificación de un producto, Según Galvez, (2007), en el lenguaje cotidiano, el concepto de evaluación es polisémico porque esta se impone o no en la práctica según las necesidades mismas de la evaluación y en función de las diferentes formas de concebirla en efecto, puede significar tanto estimar y calcular

como valorar o apreciar. Quizás en este sentido, conviene no olvidar tampoco desde la dimensión pedagógica las implicancias polivalentes del termino: la evaluación hace referencia a un proceso por medio del cual algunas o varias características de un alumno, de un grupo de estudiantes o un ambiente educativo, objetivos materiales profesores, programas, etc., reciben la atención de quien evalúa, se analizan y se valoran sus características y condiciones en función de parámetros de referencia para emitir un juicio que sea relevante para la educación.

### **2.1.3. El objetivo de la evaluación.**

Bardales (2010), considera que la evaluación de proyectos de desarrollo consiste, en gran parte, en un ejercicio de validación de aquellas concepciones del cambio social. En ese sentido, toda evaluación debe responder a interrogantes como las siguientes: ¿Qué concepciones del cambio social están detrás del proyecto a evaluar?, ¿Cómo se manifiesta la realidad que se quiere cambiar?, ¿en qué aspecto o dimensiones?, ¿en cuales han intervenido el proyecto y cómo?, ¿Qué cambio se espera producir? ¿Con que criterio los vamos a observar?

- En pocas palabras, se trata de establecer que se ha querido cambiar, en qué sentido y con qué herramientas, para luego poder definir que se va a evaluar, saber responder estas interrogantes no siempre es sencillo.
- Es importante tener presente que los objetos de evaluación definidos para un determinado momento de la evaluación, no pueden ni deben permanecer invariables a lo largo de la gestión de los proyectos.

### **2.1.4. Evaluación técnica**

Quiroz (1972), manifiesta que la evaluación técnica es donde se priorice la intencionalidad diagnóstica, explorar, verificar el estado de

la infraestructura en cuando a conocimientos previos. Los pasos que se siguen en la evaluación técnica son:

- Acción y efecto de diagnosticar.
- Recopilación de datos.
- Análisis de los datos obtenidos.
- Reconocimiento de problemas y defectos.
- Evaluación del problema.

## 2.2. AGUAS RESIDUALES

Según Crites y Tchobanoglous (2002), las aguas residuales domiciliarias, tal como salen de la casa, contienen distintos contaminantes que, de no ser tratados, pueden afectar nuestra salud y la calidad del ambiente en el que vivimos. Entre estos contaminantes encontramos:

Microorganismos patógenos (bacterias, virus, parásitos) que producen enfermedades como la hepatitis, cólera, disentería, diarreas, giardiasis, etc.

Materia orgánica (materia fecal, papel higiénico, restos de alimentos, jabones y detergentes) que consume el oxígeno del agua y produce malos olores.

Nutrientes que propician el desarrollo desmedido de algas y malezas acuáticas en arroyos, ríos y lagunas. Otros contaminantes como aceites, ácidos, pinturas, solventes, venenos, etc., que alteran el ciclo de vida de las comunidades acuáticas.

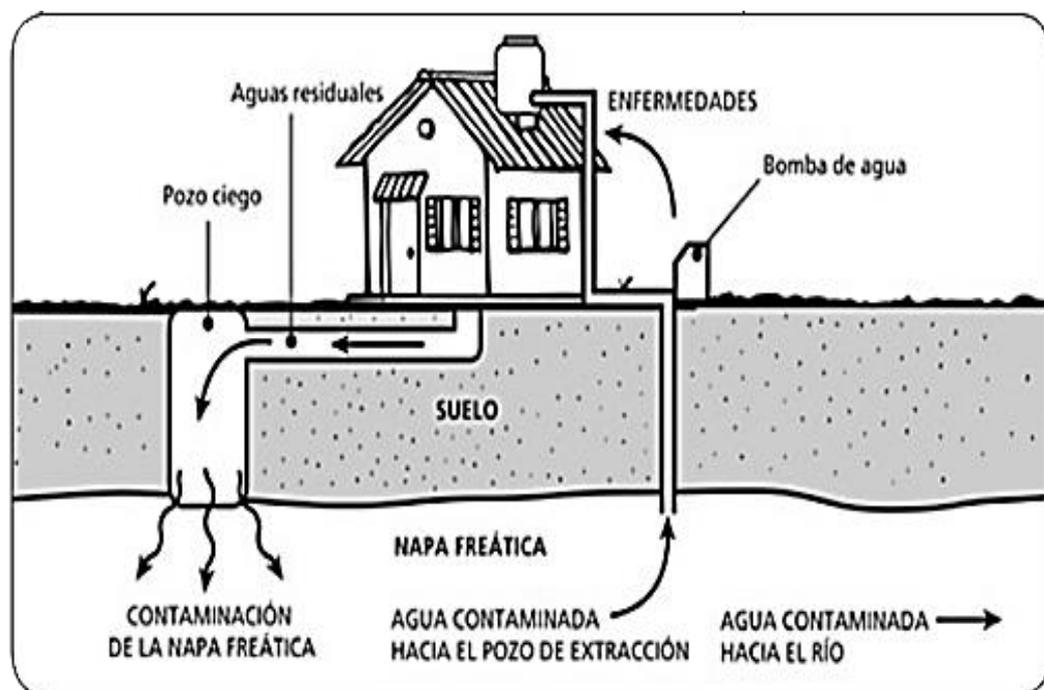
En las zonas sin servicio de cloacas, las aguas residuales de las viviendas, se vuelcan en pozos absorbentes, conocidos también como pozos ciegos o negros. Éstos no siempre funcionan correctamente. A veces se impermeabilizan con grasas y jabones y pierden su capacidad de trabajo. Se deben vaciar frecuentemente con el servicio de un camión atmosférico que resulta muy costoso.

En los lugares donde la napa freática (la primera capa o napa de agua subterránea) está cerca de la superficie del suelo, los pozos se llenan con el agua

subterránea y también pierden su función de recepción y absorción de las aguas residuales domiciliarias. Cuando ocurre esto, el pozo rebalsa y la situación suele resolverse mediante una práctica llamada “sangría”, que consiste en desviar los líquidos excedentes del pozo al terreno y/o a zanjas de la vía pública. Esta “solución” es muy poco recomendable porque produce olores desagradables y nos pone en contacto con las aguas sin tratar, que constituyen un alto riesgo para la salud.

Otro problema que se produce cuando el fondo de los pozos absorbentes se pone en contacto con la napa freática es la contaminación de las aguas subterráneas. Esto tiene graves consecuencias para quienes utilizan la primera napa como fuente de agua de consumo diario, ya que muchas infecciones intestinales se transmiten por esta vía. (Ver Figura 1).

El tratamiento de las aguas residuales domiciliarias debe ser entendido, como una necesidad, a fin de mantener condiciones adecuadas de salud e higiene para la población, conservar la calidad de las fuentes de agua y propender a un uso racional y sustentable de los recursos acuáticos.



*Figura 1,* Contaminación de la napa freática por contacto con la letrina

### 2.2.1. Composición de las aguas residuales

Según Crites y Tchobanoglous (2002), las aguas residuales están compuesto fundamentalmente por las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido contaminados por diversos usos, desde el punto de vista de su origen resultando de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas de habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con los provenientes de los establecimientos industriales y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse. La cantidad o volumen de aguas residuales que se produzca varía de acuerdo con la población y depende de los diversos factores.

Las aguas residuales pueden ser originados por.

- a) Desechos humanos y animales
- b) Desperdicios domésticos

#### **a) Desechos humanos y animales.**

Son las exoneraciones corporales que llega a formar parte de las aguas residuales mediante los sistemas hidráulicos de los retretes y en cierto grado los procedentes de los animales que van a dar a las alcantarillas, al ser lavados en el suelo o en las calles. Estos desechos son los más importantes por lo que se refiere a la salud pública, porque pueden contener organismos perjudiciales al ser humano, por lo que su tratamiento seguro y eficaz constituye el principal problema de acondicionamiento y disposición de las aguas residuales.

#### **b) Desperdicios domésticos.**

Proceden de las manipulaciones de lavado de ropa, baño, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de alimentos, etc. Casi todos estos desechos contienen jabones, detergentes, sintéticos que generalmente tienen agentes espumantes y que son de usos

común en las labores domésticas. Los desechos de cocina tienen partículas de alimentos y grasas que se están convirtiendo en la parte más importante de los desechos domésticos.

Es por esto que las aguas residuales dependiendo de la cantidad de estos componentes se clasifican en fuerte, media y débil. Debido a que la concentración como la composición del agua residual va variando con el transcurso de tiempo con la tabla mostrada solo se trata de dar una orientación general para la clasificación de esta agua.

Las aguas residuales son líquidos turbios que contiene material sólido en suspensión. Cuando son frescas, su color es gris y tiene un olor a moho no desagradable flotan en ellas cantidades variables de materia sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel, astillas y otros residuos de las actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad. Con el transcurso del tiempo, el color cambia gradualmente de gris a negro, desarrollándose un olor ofensivo y desagradable y sólidos negros aparecen flotando en la superficie o en todo el líquido. En este caso se denomina aguas residuales sépticas.

Composición de las aguas residuales. Las aguas residuales consisten de los sólidos disueltos y sólidos suspendidos en la misma cantidad de sólidos es generalmente muy pequeña, casi siempre menos de 0.1 por ciento en su peso, pero es la fracción que presenta el mayor problema para su tratamiento y disposición adecuada. El agua provee solamente el volumen y es el vehículo para el transporte de los sólidos. Estos sólidos pueden estar disueltos, suspendidos o flotantes.

Los sólidos de las aguas residuales pueden clasificarse en dos grupos generales según su composición o su condición física. Tenemos así sólidos orgánicos e inorgánicos los cuales a su vez pueden estar suspendidos y disueltos.

Las aguas residuales contienen pequeñas y variables concentraciones de gases disueltos. Entre los más importantes está el oxígeno presente en el agua original del abastecimiento y disuelto también al ponerse en contacto con el aire según fluyen las aguas residuales. Este oxígeno que se conoce como oxígeno disuelto es un componente sumamente importante de las aguas residuales, además del oxígeno disuelto las aguas residuales pueden contener otros gases como el bióxido de carbono, que resulta de la composición de la materia orgánica, el nitrógeno disuelto de la atmosfera, el ácido sulfhídrico que se forma por la descomposición de los compuestos orgánicos y ciertos compuestos inorgánicos del azufre.

Aunque estos gases están presentes en pequeñas cantidades, su función es importante en la descomposición y tratamiento de los sólidos de las aguas residuales e indican muy significativamente el progreso de tales procedimientos de tratamiento.

Las aguas residuales contienen también incontables organismos vivos, la mayoría de los cuales son demasiado pequeños para ser visibles, excepto bajo el microscopio. Son la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales y su presencia es de suma importancia porque son uno de los motivos para el tratamiento de esta agua y su éxito incluye la degradación y descomposición, puede decirse en razón que ellos son los trabajadores que emplea un operador de planta de tratamiento de aguas residuales y que su éxito puede medirse por su conocimiento y atención a los gustos y aversiones de sus hábitos nutritivos y ambientales. Estos organismos microscópicos vivos pertenecen a los tipos generales, los cuales son bacterias y otros organismos más complejos.

**Cuadro 1**

Principales constituyentes de las aguas residuales a reducir

<b>CONTAMINANTES</b>	<b>IMPORTANCIA</b>
Sólidos Suspendidos	Forman depósitos de lodo y favorecen las condiciones anaerobias cuando son descargados a los ecosistemas
Materia orgánica	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas; por lo general, se miden en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento a un cuerpo de agua, reduce en este el oxígeno disuelto y desarrolla condiciones anaerobias.
Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto al carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son descargados en los cuerpos de agua generan crecimiento excesivo de algas y condiciones anaerobias
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos que causan alteraciones genéticas, mutaciones, además son cancerígenos
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de las aguas residuales, Ejemplos típicos incluyen detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Se encuentran en las aguas residuales provenientes de industrias, pueden ser removidos y reutilizados
Compuestos orgánicos disueltos	El calcio, sodio y sulfato, son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.

<p>Temperatura</p>	<p>Ligeramente alta comparada con el agua de beber</p> <p>Variaciones acorde al año (estaciones)</p> <p>Influye en la actividad microbiana</p> <p>Influye en la solubilidad de los gases</p> <p>Influye en la viscosidad</p>
<p>Color</p>	<p>Aguas frescas: ligeramente gris</p> <p>Aguas sépticas: gris oscuro o negro</p>
<p>Olor</p>	<p>Aguas frescas: relativamente desagradable</p> <p>Aguas sépticas: olor ofensivo, tanto del ácido sulfhídrico como de otros producto de la descomposición</p> <p>Aguas industriales: depende de lo que se fabrique</p>
<p>Turbiedad</p>	<p>Causado por una gran variedad de sólidos suspendidos</p> <p>Las aguas frescas presentan mayor concentración de sólidos</p>

*Fuente:* Recopilado del texto ingeniería de aguas residuales de Metcalf y Eddy (2003)

## 2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Según Hernandez, (1994), el conocimiento de la naturaleza de las aguas residuales es fundamental para la gestión de la calidad del ambiente y para el establecimiento de normativas o leyes que regulen las concentraciones de los contaminantes presentes en ellos, así como la planificación de proyectos y explotación de las infraestructuras tanto de acopio como de tratamiento y evacuación de las mismas.

Con el propósito de comprender la importancia que tiene la composición de las aguas servidas para el tratamiento de las mismas, se deben de tener en cuenta una serie de conceptos básicos, relacionados con los análisis de laboratorio para líquidos cloacales, los cuales incluyen parámetros de calidad físicos, químicos y biológicos. Cabe destacar que muchos de estos parámetros están relacionados entre ellos, Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad biológica como a la cantidad de gases disueltos en ella, los cuales están clasificados en características químicas.

Podemos presentar los principales parámetros de calidad que deben ser tenidos en cuenta en el tratamiento de las aguas residuales:

### 2.3.1. Características físicas

Según Hernandez, (1994)

#### a) Temperatura

La temperatura de agua residual generalmente es más alta que la del agua de suministro. Las temperaturas registradas en las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, con valores aproximados entre 10 y 21°C tomando 15.6 °C como valor representativo.

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25° y los 35 °C los procesos de digestión anaeróbica y de nitrificación se detiene cuando se alcanza a los 50°C. A temperaturas alrededor de 15°C las bacterias

productoras de metano cesan su actividad mientras que las bacterias nutricantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5°C.

**b) Sólidos Totales**

El agua residual contiene una variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. Los sólidos domésticos incluyen los procedentes de inodoros, fregaderos, baños, lavaderos, trituradores de basura y ablandadores de agua. Los sólidos totales son los materiales suspendidos y disueltos en el agua. Se obtiene evaporando del agua a 105°C y pesando el residuo. Además este residuo puede ser dividido en los sólidos volátiles en orgánicos y sólidos fijos o inorgánicos.

**c) Densidad**

La densidad del agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresado en kg/m<sup>3</sup>, es una característica física importante del agua residual a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de densidad en sedimentadores, humedales artificiales y otras unidades de tratamiento.

**d) Olor**

Normalmente los olores son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerante que el agua residual séptica, el olor característico del agua residual séptica es debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos o sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

**e) Color**

El color en aguas residuales es causado por sólidos suspendido materia coloidal y sustancias en solución. El color causado por

sólidos suspendidos se llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero.

En forma cualitativa el color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual, si el color es café claro el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición u que han permanecido un tiempo en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro se trata en general las aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacteriana bajo condiciones anaerobias.

#### f) **Turbiedad**

Nos permite tener una idea, de la cantidad de materiales extraños en suspensión, que pueden estar presentes en las aguas residuales en especial arcillas, limo, materia orgánica finalmente dividida, plancton u organismos microscópicos. Se utiliza mayormente para apreciar la calidad de los afluentes de las plantas de tratamiento.

### 2.3.2. **Características químicas**

Según Hernandez, (1994), en las aguas residuales son varias los componentes orgánicos e inorgánicos para la determinación y control de la calidad del agua.

Dentro de los parámetros químicos orgánicos más importantes de las aguas residuales, se encuentran los siguientes.

#### a) **PH**

Es la intensidad de acidez y alcalinidad de una muestra de agua, la determinación del pH es útil para regular el funcionamiento de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales.

En disolución acuosa, la escala de pH varía, típicamente, de 0 a 14. Son ácidas las disoluciones con pH menores que 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución) y alcalinas las de pH superiores a 7. Si el disolvente es agua, el  $\text{pH} = 7$  indica neutralidad de la disolución.

#### **b) Nitrógeno**

En el análisis de aguas residuales se pueden hacer cinco tipos de determinaciones: el amoníaco libre, el amoníaco albuminoide, el nitrógeno orgánico, los nitritos y los nitratos, y todos ellos constituyen el nitrógeno total.

El nitrógeno libre y el amoníaco libre considerados conjuntamente son un índice de la materia nitrogenada orgánica contenida en las aguas residuales, y el amonio albuminoide puede tomarse como el índice del nitrógeno orgánico descomponible que existe, las aguas residuales recientes y frías, son relativamente ricas en nitrógeno orgánico y pobres en amoníaco libre. Las aguas residuales alteradas y calientes son relativamente ricas en amoníaco libre y pobres en nitrógeno orgánico, la suma de ambos será constante en las mismas aguas residuales, a no ser que parte del amoníaco se haya desprendido a causa de una sección séptica, la concentración total de ambas formas de nitrógeno, es una indicación valiosa de la concentración o fuerza de las aguas residuales y tiene importancia al estudiar el tipo de tratamiento que deba adoptarse.

#### **c) Fósforo**

El fósforo también es importante durante el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales se han realizados grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos de

fósforo, proveniente de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural.

Las aguas residuales municipales pueden contener entre 4 y 12 miligramos/litros de fósforo expresados como P. las formas más frecuentes que se pueda encontrar el fósforo en soluciones acuosas incluyen orto fosfato, poli fosfatos, y fósforo orgánico.

#### **d) Cloruros**

Los cloruros que se encuentran en agua natural procedente de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua.

Las heces humanas, por ejemplo suponen unos 6 gramos de cloruro por persona/día, en lugares la dureza del agua se a elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua también son una fuente importante de aportación de cloruros.

El análisis de los compuestos orgánicos se hace para caracterizar aguas residuales tratadas y no tratadas, para estimar el desempeño de los procesos de tratamiento y estudiar su comportamiento de las fuentes receptoras.

#### **e) Grasas y aceites**

El termino grasa en global las grasas de animales, aceites, ceras y otros constituyen presencia en las aguas residuales, la presencia de grasas y aceites puede causar muchos problemas en tanques sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento del agua residual, la mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellas se incorpora al lodo por los sólidos sedimentables, los aceites, minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, aceites y jabones. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de

mantenimiento, por ende la importancia de su eliminación antes del tratamiento.

**f) Agentes tenso activos**

Son moléculas orgánicas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, se acumulan en la interface aire - agua y son los responsables de la aparición de espumas en las plantas de tratamiento y en la superficie de los cuerpos receptoras y de vertidos de agua residual.

Su presencia en las aguas residuales provienen de la descarga de detergentes domésticos, lavanderías industriales y otras operaciones de limpieza, durante el proceso de aireación del agua residual, los tensos activos se acumulan en la superficie de las burbujas de aire creando una espuma muy estable.

**g) Compuestos orgánicos volátiles**

Normalmente son considerados compuestos orgánicos volátiles aquellos compuestos orgánicos que tiene su punto de ebullición por debajo de los 100 °C y una presión de vapor 1mm Hg a 25°C.

Estos elementos pueden ser considerados de gran importancia debido a que estos son mucho más móviles una vez que se encuentran en estado gaseoso y pueden ser liberados con mayor facilidad al ambiente, causando riesgos para la salud pública, además de conducir a la formación de oxidantes fotoquímicas.

**h) Pesticidas y productos químicos de uso agrícola**

Muchos de estos compuestos químicos están catalogados como prioritarios. No son constituyentes comunes de las aguas residuales sino que suelen encontrarse a nivel de trazas, tales como pesticidas, herbicidas, y otros productos químicos de uso agrícola y suelen incorporarse fundamentalmente como consecuencia de la

escorrentía de parques, campos agrícolas y tierras abandonadas. Estos compuestos son altamente tóxicos para la mayor parte de las formas de vida y pueden dar como resultado la muerte de peces, contaminación de la carne del pescado y el empeoramiento de la calidad del agua suministrada.

**i) Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO se utiliza para determinar el contenido de materia orgánica químicamente oxidable, presente en el agua residual. La determinación se lleva a cabo utilizando un oxidante fuerte (dicromato de potasio) en medio ácido y a temperatura elevada. La DQO de un agua residual es por lo general mayor que su DBO ya que es mayor el número de compuestos que pueden ser oxidados por vía química, que aquellos que pueden serlo biológicamente.

Este ensayo suele ser empleado para responder a las objeciones hechas a la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno en lo referente al tiempo necesario y a la demanda de oxígeno disuelto en la fase inicial. Ello puede resultar de gran utilidad, dado que es posible determinar la DQO en un tiempo de 03 horas, frente a los 05 días necesarios para determinar la DBO.

**j) Proteínas.**

Las proteínas son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos significativa en el caso de organismos vegetales. Están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando estas están crudas y son los primeros responsables, junto con la urea de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales.

**k) Hidratos de carbono**

Los hidratos de carbono incluyen los azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en las aguas residuales.

**l) Gas metano.**

El principal subproducto de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica del agua residual es el gas metano. Este gas se encuentra en pequeñas proporciones en el agua residual, ya que la presencia de oxígeno incluso en pequeñas proporciones tienden a ser tóxicos para los organismos responsables de la producción de metano. No obstante se produce metano durante el proceso de descomposición anaerobia en depósitos acumulados en el fondo de los depósitos de agua.

**m) Oxígeno disuelto.**

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida, sin embargo este es solo ligeramente soluble en agua, el oxígeno disuelto en líquidos cloacales puede indicar el grado de frescura o ranciedad de esta agua, como también la necesidad de preverles facilidades para un adecuado control de sus olores.

La determinación del oxígeno disuelto en las aguas residuales es una de las pruebas químicas más significativas especialmente cuando se combina con la prueba del DBO y de estabilidad relativa, pues mientras haya oxígeno disuelto en el agua no tendrá lugar a la putrefacción.

**n) Sulfuro de hidrogeno (gas)**

Se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y

sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. El ennegrecimiento del agua residual y del fango se debe generalmente a la formación de sulfuro de hidrógeno que se combina con el hierro presente para formar sulfuro ferroso (FeS) u otros sulfuros metálicos.

### **2.3.3. Características biológicas**

Según Hernández, (1994), en las aguas residuales viven organismos de diversos tamaños. Estas pueden identificarse con la ayuda de un microscopio, completando con la observación de sus reacciones con respecto al medio ambiente

#### **a) Microorganismos**

Los principales microorganismos presentes en las aguas superficiales y las aguas residuales, están conformados por eucariotas eubacterias y arqueobacterias. Una característica importante de los microorganismos es su habilidad para transformarse en formas resistentes que la hacen a la desinfección por calor o agentes químicos.

#### **b) Bacterias**

El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento, es amplio y de gran importancia. Por ello resulta imprescindible conocer sus características funciones, metabolismo y procesos de síntesis. Los coliformes también se emplean como indicadores de la contaminación por desechos humanos.

#### **c) Hongos**

Muchos de los hongos son saprofitos basan su alimentación en materia orgánica muerta. Sin la colaboración de los hongos en los

procesos de degradación de la materia orgánica, el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo, y la materia orgánica empezaría a acumularse.

**d) Algas**

Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Puesto que el efluente de las plantas de tratamiento del agua residual suele ser rico en nutrientes biológicos. La descarga de los afluentes en los lagos provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización. Uno de los problemas más importantes a que se enfrenta la ingeniería sanitaria en el campo de la gestión de la calidad del agua es la de encontrar el proceso de tratamiento que hay que aplicar a las aguas residuales de diferentes orígenes de modo que los afluentes no favorezcan el crecimiento de algas y demás plantas acuáticas.

**e) Protozoo**

Los protozoos como las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos, tiene una importancia capital tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de los cuerpos de aguas ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos.

**f) Organismos patógenos**

Los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son las bacterias, los virus, los protozoos y el grupo de los helmintos, algunos de estos organismos resisten condiciones ambientales

desfavorables, y pueden sobrevivir a los tratamientos convencionales de desinfección de las aguas residuales.

**g) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La DBO es la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio, la demanda bioquímica de oxígeno representa indirectamente una medida de la concentración de la materia orgánica biodegradable contenida en el agua.

**h) Relación entre la DBO y la DQO.**

Es posible establecer la relación entre la DBO y la DQO con valores mayores a la unidad indicativa, de que una porción de las sustancias orgánicas oxidables por dicromato no son biodegradables o relativamente resistentes a la degradación biológica. Esta relación puede ser utilizada para cálculos rápidos de la DBO cuando se mantiene más o menos constante dentro de ciertos límites.

**2.3.4. Procesos y métodos de tratamiento de las aguas residuales**

Según Metcalf, (1996), indica que diversos autores argumentan que el objetivo básico del tratamiento de AR es proteger la salud, promover el bienestar de las personas y proteger el ambiente. Para otros autores, el objetivo es modificar las características del agua de tal forma que el efluente tratado cumpla con los requisitos especificados en la legislación, para ser vertido en un cuerpo receptor sin causar impactos adversos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en otras actividades.

Desde el año 1900 hasta la década de los 70, los objetivos de tratamiento fueron inicialmente la reducción del material coloidal,

suspendido y material flotante. Hasta los 80 los objetivos estaban más relacionados con criterios estéticos y ambientales. Los criterios posteriores se hicieron más exigentes y empezó a considerarse la necesidad de eliminación de nutrientes.

Posteriormente en los años 90 como consecuencia del avance tecnológico, el tratamiento de aguas residuales se enfocó en solucionar los problemas de salud pública causados por sustancias tóxicas y microorganismos patógenos presentes en el agua residual y a desarrollar prácticas que permitan solucionar el problema en la fuente

Ahora bien, el enfoque tradicional del tratamiento de las AR, difiere totalmente del tratamiento destinado al reúso; para el primer caso, los objetivos se centran en la reducción de los compuestos orgánicos biodegradables, del material flotante y del suspendido. El tratamiento con finalidades de reúso consiste en aprovechar los nutrientes y parte de la materia orgánica, concentrándose básicamente en la reducción de patógenos (OMS, 2006). Los objetivos del reúso pueden ser múltiples, entre ellos se encuentra evitar la sobreexplotación del recurso hídrico, fomentar el uso eficiente del agua, prevenir la contaminación, sensibilizar y concientizar la población sobre la importancia del reúso, complementar instrumentos de prevención y control.

#### **a) Procesos físicos**

Es el tipo de tratamiento en el cual se llevan cambios a través de la aplicación de fuerzas físicas, para la remoción de partículas flotantes la retención de partículas de gran tamaño y las unidades típicas incluyen: cribado, mezclado, adsorción, deserción, flotación, sedimentación etc.

#### **b) Procesos químicos**

En este tipo de tratamiento la remoción o tratamiento de los contaminantes se realiza mediante la adición de reactivos que

llevan a cabo diferentes reacciones químicas disueltas las que producen precipitación química, coagulación y desinfección, presentes en las aguas residuales.

**c) Procesos biológicos**

En estos la remoción de contaminantes se realiza a través de la oxidación biológica de la materia orgánica, sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

## 2.4. TECNOLOGÍAS Y TIPOS DE LETRINAS PARA LA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS

El Ministerio de Desarrollo Económico (2000), menciona que la disposición inadecuado de las excretas es una de las principales causa de enfermedades infecciosas intestinales y parasitarias, particularmente en la población infantil y en aquellas comunidades de bajo ingresos ubicadas en aéreas marginales y rurales, donde comúnmente no se cuenta con un adecuado servicio de abastecimiento de agua, ni con instalaciones para el saneamiento. La disposición de excretas tiene como finalidad.

- Proteger las fuentes de agua superficial o subterránea.
- Proteger la calidad de aire que respiramos y del suelo.
- Proteger la salud de las personas.

El problema de la mala disposición de las excretas se puede solucionar mediante la implementación de tecnologías simples y la participación de la comunidad, en aquellos sectores que no cuentan con las instalaciones adecuadas.

### 2.4.1. Sistemas sin transporte de excretas

FONCODES (1999), hace conocer una serie de definiciones vinculados al manejo de excretas que consideramos útil para la presente investigación.

- a) Defecación al aire libre: Sucede cuando no existe letrinas la defecación se realiza al aire libre pudiendo ser en forma indiscriminada. Este sistema existe presencias de moscas, que difunden enfermedades.
- b) Pozo poco profundo: Denominado hoyo de gato, es un pequeño hoyo de 0.20 m. de profundidad cada vez que se defeca se cobre con tierra o con fineza se puede usar por semanas la descomposición es rápida en pozos pocos profundos debido a la gran población bacteriana del suelo superficial.

- c) **Letrina de pozo simple:** Compone una loza colocada sobre un pozo cuya profundidad es de 2mts. A más. La loza está firmemente apoyada y elevada por encima del terreno la loza está prevista de un orificio para que las excretas caigan directamente al pozo.
- d) **Letrina de pozo perforado:** Para utilizar como letrina un pozo perforado a mano con una barrena o mediante una máquina Normalmente en pozo tiene un diámetro de unos 0.4 mts. Y una profundidad de 8 y 6 m.
- e) **Letrina de pozo con ventilación:** Las molestias por las moscas y los olores pueden producir considerablemente ventilado el pozo mediante una tubería que sobre pasa por encima de la caseta y cuyo extremo superior este protegido contra las moscas. El interior de la caseta permanece en la oscuridad.
- f) **Pozo único o doble:** Se excava un segundo pozo cuando el pozo está lleno hasta una distancia de medio metro de la loza pesan poco se traslada hasta el nuevo pozo. Otra posibilidad es construir dos pozos revestidos, que sean ambos para contener los sólidos fecales acumulados durante un periodo de dos años. Se usan uno de los pozos hasta que se llene y luego utilizar otro.
- g) **Letrina de compostaje:** Llamada también letrina elevadas de doble cámara, las excretas caen en un depósito, a que se agregan cenizas. Si se controla el contenido de humedad y el equilibrio químico, la mezcla se descompondrá convirtiéndose en un buen acondicionador del suelo en unos cuatro meses. Los agentes patógenos mueren en el abono alcalino seco, que se extrae y se emplea como fertilizante. Hay dos tipos: uno de ellos, se produce abono continuamente, el otro se utilizan dos depósitos para producirlo en lotes.

#### 2.4.2. Sistema con transporte de excretas

FONCODES (1999), define varios tipos de letrinas con sistema de transporte:

- a) **Letrina de cierre y arrastre hidráulico:** Cuenta con sifón que actúa como cierre hidráulico evita que los mosquitos y los olores penetren a la caseta el pozo puede estar desplazado con respecto a una letrina, en cuyo caso ambos estarán conectados por una tubería de poca longitud.
- b) **Tanques sépticos:** Es una cámara de sedimentación subterránea a la que las aguas servidas no tratadas llegan por una tubería de instalaciones de saneamiento de vivienda. En el depósito, las aguas residuales con objeto de tratamiento por separación de sólidos convirtiéndose en lodo y espuma.
- c) **Cámaras y pozos negros:** Se construyen debajo o cerca de las letrinas depósitos estancos, denominados cámaras, en los que se acumulan las excretas hasta su extracción manual (con cubos ) o mediante camiones cisternas aspiradores. Análogamente las aguas servidas de viviendas pueden acumularse en depósito de mayor tamaño denominados pozos negros. Ambos pueden vaciar cuando están casi llenos o intervalos regulares.
- d) **Alcantarillado:** Las descargas de los inodoros y otros residuos líquidos se recolectan por un sistema de alcantarillados hasta las plantas de tratamiento, las aguas residuales tratadas se disponen en un cuerpo de agua o son usados en actividades agropecuarios.

### 2.4.3. Factores técnicos que influyen en la eliminación de las excretas, volumen de los desechos humanos recientes

Normas de Saneamiento (2007), cuando se proyecte disposición de excretas por digestión seca se considerara una contribución de excretas por habitante y por día de 0.20kg, material de limpieza 0.10kg.

FONCODES (1999), las cantidades de heces y de orina que excretan diariamente las personas es muy variable, según el consumo de agua, el clima, la alimentación y la ocupación pero podemos mencionar algunas cantidades promedio de heces excretadas por adultos expresadas en gramos diarios por personas.

#### *Cuadro 2*

Cantidad de heces humanas excretadas por adultos (gramos diarios por personas)

Lugar	Cantidad (gramos)
China(hombres)	209 gr.
India	311 gr.
Perú (zona rurales)	325 gr.
Uganda (aldeanos)	470 gr.
Malasia (zonas rurales)	477 gr.
Kenya	520 gr.

*Fuente:* FONCODES seminario taller de aguas residuales y disposición de excretas en el área rural. (1999)

La cantidad de orina, que depende mucho de la temperatura y la humedad, oscila habitualmente ente 0.6 y 1.1 litros diarios por persona. Se sugieren como promedios razonables las siguientes cifras:

Alimentación rica en proteínas en un clima templados: 120 gramos de heces y 1.2 litros de orina diario por persona.

Alimentación vegetariana en un clima tropical: 400 gramos de heces y 1.0 litros de orina diario por persona.

- a) Descomposición de las heces y la orina, las excretas se depositan, comienzan a descomponerse, convirtiéndose en un material estable, no tiene olor desagradable y que contiene útiles elementos nutritivos para los vegetales durante la descomposición tiene los siguientes procesos.

Los compuestos orgánicos complejos, como las proteínas y la urea, se convierte en forma más simple y más estables.

- Se producen gases como amoniac, metano anhídrido carbónico y nitrógeno, que se liberan en la atmosfera.
- Se produce material soluble que puede ser absorbido por el suelo subyacente o circundante o arrastrado por agua descargada en el depósito o por las aguas subterráneas.

Los agentes patógenos quedan destruidas por que no sobreviven en las materias en descomposición.

En la descomposición las bacterias son los responsables como también en algunos casos hongos y otros organismos. La actividad bacteriana pues ser aerobia, es decir tener lugar en presencia de aire o de oxigeno libre (cuando se defeca y se orina en el suelo) o anaerobia, es decir, producirse en un entorno que no contiene aire ni oxigeno libre, como un tanque séptico o el fondo de una letrina seca y en alguno casos se registra sucesivamente una acción de ambos.

Los agentes patógenos son destruidos por que la temperatura y el contenido de humedad crean condiciones desfavorables para su supervivencia.

- b) Volumen de los desechos humanos descompuestos, a medida que las excretas se descomponen, su volumen y masa reducen debido a:
- La evaporación de la humedad.

- La producción de gases, que por lo general escapan a la atmosfera.
  - La lixiviación de las sustancias solubles.
  - El arrastre de los materiales insolubles por lo líquido circundantes.
  - La compactación en el fondo de pozo y depósitos, bajo el de los sólidos y los líquidos descargados posteriormente.
- c) Características del suelo, influyen en la selección y el diseño de los sistemas de saneamiento, deben tenerse en cuenta los cinco factores siguientes:
- Capacidad del terreno para soportar esos.
  - Capacidad de los pozos para sostenerse por si solos sin derrumbarse.
  - Profundidad de excavación posible.
  - Tasa de infiltración.
  - Riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

**Cuadro 3**

Cantidad contenido de excretas humanas sin orina

<b>Excretas humanas sin orina</b>	
Cantidad aproximada 135-270 gr. Per cápita por día, peso húmedo	%
35-70 gr. Per cápita por día, peso seco composición aproximada.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de humedad</li> <li>• Contenido de la materia orgánica (base seca)</li> <li>• Nitrógeno (base seca)</li> <li>• Fosforo (como P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)(base seca)</li> <li>• Potasio (como K<sub>2</sub>O)(base seca)</li> <li>• Carbón (base seca)</li> <li>• Calcio(como CaO) (base seca)</li> <li>• Relación C/N (base seca)</li> </ul>	<p>66-80%</p> <p>88-97%</p> <p>5.0-7.0%</p> <p>3.0-5.4%</p> <p>1.0-2.5%</p> <p>40-55%</p> <p>4-5%</p> <p>5-10%</p>

*Fuente:* FONCODES, seminario taller de aguas residuales y disposición de excretas en el área rural. (1999)

**Cuadro 4**

Cantidad y contenido de la orina humana

<b>Orinas humanas</b>	
Cantidad aproximada Volumen 1.0-1.3 litros per cápita por día	%
Sólidos secos 50-70 gr. Per cápita por día	
Composición aproximada.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de humedad</li> <li>• Contenido de la materia orgánica (base seca)</li> <li>• Nitrógeno (base seca)</li> <li>• Fosforo (como P<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)(base seca)</li> <li>• Potasio (como K<sub>2</sub>O)(base seca)</li> <li>• Carbón (base seca)</li> <li>• Calcio(como CaO) (base seca)</li> </ul>	<p>93-96%</p> <p>65-85%</p> <p>15-19%</p> <p>2.5-5%</p> <p>3.0-4.5%</p> <p>11-17%</p> <p>4-5.6%</p>

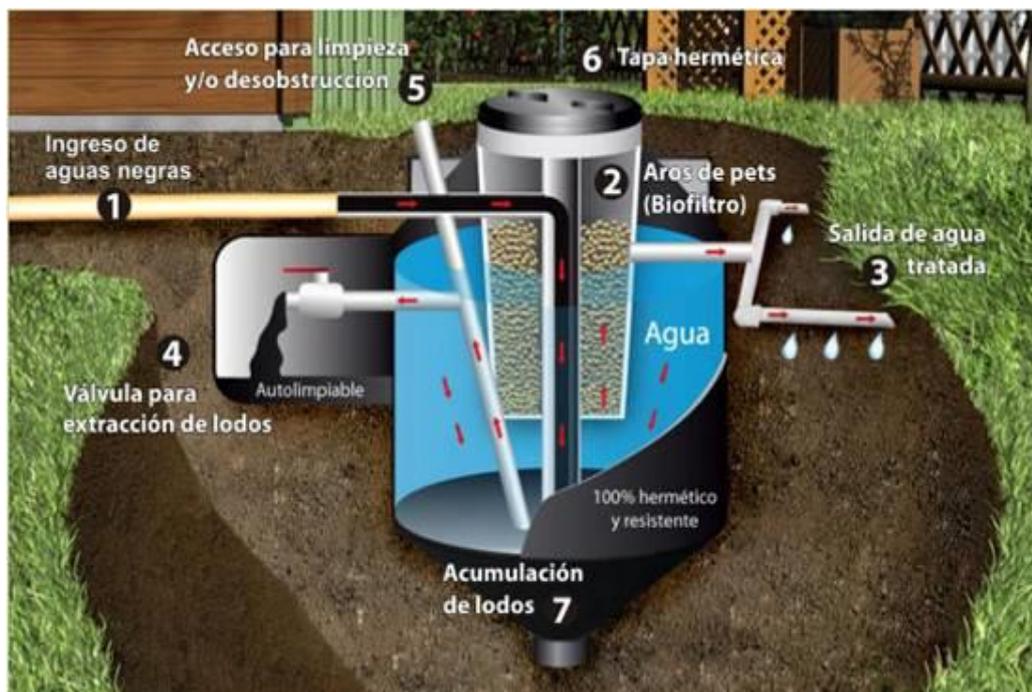
*Fuente:* FONCODES, seminario taller de aguas residuales y disposición de excretas en el área rural. (1999)

## 2.5. BIODIGESTORES

La comunidad campesina de Alto Ayraucollana se encuentra ubicada en zonas alejadas de la ciudad, por lo general encima de los 4000 m.s.n.m., con poblaciones sin acceso a los servicios básicos como agua potable, desagüe, salud, educación y accesibilidad.

Rotoplas (2013), indica que. En la mayoría de casos la habilitación de la red pública de desagüe no es viable, ya sea por la lejanía del lugar, topografía del terreno, grado de dispersión de la población en la zona, etc. Considerando esta situación, se ha desarrollado el Biodigestor para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, el cual ofrece los siguientes beneficios:

- Auto limpiable: no requiere de bombas ni medios mecánicos para la extracción de lodos, porque con sólo abrir una válvula se extraen los lodos, eliminando costos y molestias de mantenimiento.
- Fácil de transportar e instalar.
- 100% hermético y resistente: No se fisura y confina los excrementos de una forma segura.
- No genera olores, permitiendo instalarlo al interior o cerca de la vivienda.
- Cuida la salud y el medio ambiente.
- Larga vida útil.
- Mayor eficiencia en la remoción de constituyentes de las aguas residuales en comparación con sistemas tradicionales como fosas sépticas de concreto y letrinas, las cuales son focos de contaminación al agrietarse las paredes y saturarse.



**Figura 2,** Componentes y funcionamiento del biodigestor

*Fuente, biodigestor Rotoplas (2013)*

- El agua ingresa por el tubo N° 1 hasta el fondo, donde las bacterias inician la descomposición.
- Luego sube y pasa por el filtro N° 2, donde la materia orgánica que asciende es atrapada por las bacterias fijadas en los anillos de plástico del filtro.
- El agua tratada sale por el tubo N° 3 hacia un área de percolación (pozo de absorción o zanja de infiltración) o humedad artificial.
- Limpieza y mantenimiento del biodigestor
- Abriendo la válvula N° 4, el lodo alojado en el fondo sale por gravedad a una caja de registro. Primero salen de dos a tres litros de agua de color beige, luego salen los lodos estabilizados (color café). Se cierra la válvula cuando vuelve a salir agua de color beige. Dependiendo del uso, la extracción de lodos se realiza cada 12 - 24 meses.
- La primera extracción de lodos debe de realizarse a los 6 meses de la fecha de inicio de utilización, de forma de estimar el intervalo necesario para la limpieza, de acuerdo con el volumen acumulado en el biodigestor.

- Si observa que el lodo sale con dificultad, introducir y remover con un palo de escoba en el tubo N° 5 (teniendo cuidado de no dañar el tanque).
- En la caja de extracción de lodos, la parte líquida del lodo será absorbida por el suelo, quedando retenida la materia orgánica que después de secar se convierte en polvo negro que puede usarse como fertilizante.
- Se recomienda limpiar los biofiltros anaeróbicos, echando agua con una manguera después de una obstrucción y cada 3 ó 4 extracciones de lodos.

### 2.5.1. Funciones del biodigestor

Las heces y la orina humana entran al biodigestor autolimpiable por el tubo N°1 hasta el fondo, donde las bacterias empiezan la descomposición luego sube y una parte pasa por el filtro N° 2.

La materia orgánica que se escapa es atrapada por las bacterias fijadas en los arcos de plástico del filtro y luego, ya tratada, sale por el tubo N°3.

Las grasas salen a la superficie donde las bacterias las descomponen volviéndose gas, líquido o lodo pesado que cae al fondo.

Las aguas tratadas pueden ser evacuadas hacia jardineras, o pueden conectarse al alcantarillado. Otra opción es usar tubería perforada con base de grava, para campo de filtrado de las aguas.

### 2.5.2. Usos

Este tipo de letrina es para uso familiar, que según el estudio socioeconómico en el perfil en base a encuestas resulta de 5 personas por familia en promedio para las zonas donde se ejecutara el proyecto.

### 2.5.3. Ventajas

- Sustituye de manera más eficiente los sistemas tradicionales como: fosas sépticas de concreto y letrinas, las cuales son focos de contaminación al agrietarse las paredes y saturarse.

- Autolimpiable, únicamente al abrir una llave, el biodigestor se desazolva.
- Hermético ligero y resistente
- No contamina mantos freáticos.
- No contamina el medio ambiente

#### **2.5.4. Desventajas**

- Puede no dar resultados en zonas rurales donde no haya una conciencia de educación sanitaria.
- No recomendable su uso en terrenos pantanosos de relleno o sujetos a inundación.
- Instale de acuerdo a las distancias mínimas respetando el siguiente cuadro.

#### **2.5.5. Diseño de la letrina**

La letrina se compone de 4 elementos:

##### **a) Caseta**

Cuando está en el interior de la vivienda, las dimensiones corresponderán a lo establecido en el R.N.C. (Reglamento Nacional de Edificaciones) para servicios higiénicos. Para casetas situadas al exterior de la vivienda, ellas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- El área interior que ocupa la caseta y para el uso de aparatos sanitarios (inodoro y ducha) será no menos de 2 m<sup>2</sup> como mínimo, debiendo tener un ancho mínimo de 0,85 m.
- El alto de la caseta no debe ser menor a 1,90 m y el ancho de la puerta no menor de 0,60 m.
- La puerta debe ser instalada de manera que pueda cerrarse automáticamente.

- El material de construcción empleado en la fabricación de la caseta debe adecuarse a las condiciones climáticas del lugar, de modo que no exponga al usuario a condiciones de incomodidad.
- En los lugares donde llueve, será necesario que el techo tenga una inclinación mayor al 10% y tener un voladizo alrededor de la caseta de por lo menos 0.10 m.
- Para iluminación y ventilación de la caseta deberá contar con ventanas altas cuyas dimensiones no deben afectar la privacidad del usuario.

**b) Aparato sanitario**

- Podrán emplearse aparatos sanitarios de inodoro blanco o tipo tazas dotados de sifón para la formación del sello hidráulico.
- El aparato sanitario deberá ser un accesorio de dos piezas el inodoro y el tanque y serán de color blanco.
- El aparato sanitario, deberá ser herméticamente unido a la losa del piso de la caseta para impedir el ingreso de insectos o salida de malos olores.
- El hoyo de la tasa será aproximadamente de 350 mm, en tanto que la profundidad del sello de agua se encontrará entre 20 a 30 mm y el tamaño del pasaje es de 70 mm (esto variará dependiendo del fabricante).

**c) Conducto**

- El conducto de evacuación de las aguas residuales deberá tener como mínimo 100 mm de diámetro.
- La pendiente del conducto entre el aparato sanitario y la caja repartidora y de ésta al hoyo no deberá ser menor de 3%.

**d) Tanque biodigestor**

El tanque biodigestor de acuerdo a los fabricantes y catálogos ya están diseñados para un número determinado de habitantes por familia, y teniendo una tasa de crecimiento de 1.7% anual.

El volumen requerido para el biodigestor depende de la tasa de acumulación de sólidos, el número de usuarios

Para el diseño del presente proyecto se tomó en cuenta el resultado del estudio socioeconómico basado en encuestas de donde:

Nº de habitantes promedio por familia: 5 hab.

Por lo que de acuerdo a los tamaños existentes en el mercado resulta, y tomando en cuenta el cuadro siguiente resulta:

El biodigestor seleccionado (5 hab/familia) es de: 600 L, con sus especificaciones del cuadro precedente.

La cantidad de personas con que cuenta cada familia en la zona de ejecución del proyecto asciende a un máximo de 5 personas. Mediante la fórmula de la norma técnica I.S.020 tanques sépticos en su artículo 7º se puede demostrar que:

Donde

Vd= Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m<sup>3</sup>)

P = Población servida (05 personas).

N = Es el intervalo deseado, en años entre operaciones sucesivas de remoción de lodos (el tiempo asumido de remoción de lodos es de 1.5 años)

Por tanto

$$Vd = 70 \times 10^{-3} \times 5 \times 1.5$$

$$Vd = 0.525 \text{ m}^3$$

Vd = 525 litros, capacidad comercial 600 litros.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ASPECTOS GENERALES

La ubicación del área de estudio de investigación se realizó en la comunidad campesina de Alto Ayracollana, del distrito de Coporaque, provincia de Espinar de la región de Cusco donde, se pudo observar el estado situacional de las letrinas con biodigestores.

##### 3.1.1. Ubicación política

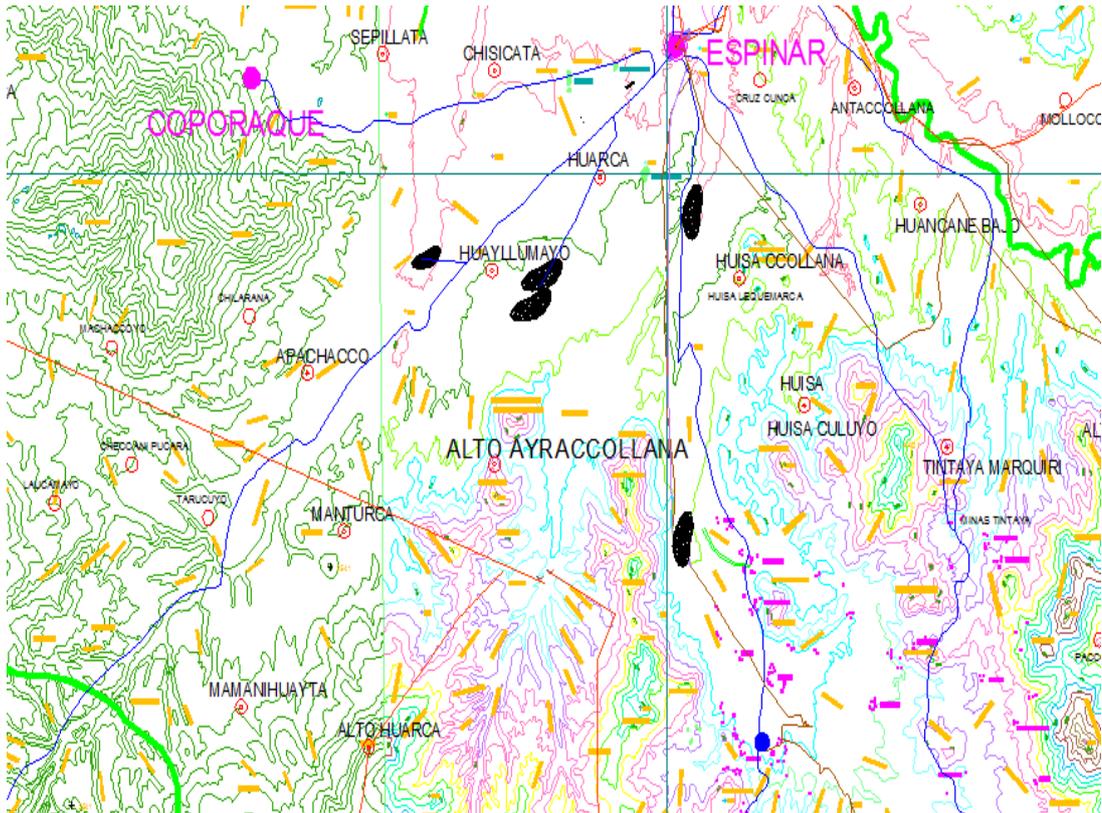
Departamento /Región	:	Cusco
Provincia	:	Espinar
Distrito	:	Coporaque
Localidad	:	Alto Ayracollana

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud Sur	:	14°59'56"
Latitud Oeste	:	71°27'23
Altitud	:	4,304 m.s.n.m.
Región Geográfica	:	Sierra

**3.1.3. Límites**

- Por el Norte : C.C. Huayllumayo.
- Por el Sur : C.C. Alto Huarca
- Por el Este : C.C. Huisa Culuyo
- Por el Oeste : C.C. Manturca



*Figura 3*, Plano de ubicación de la comunidad campesina Alto Ayra Collana

*Fuente:* Elaboración propia

**3.1.4. Vías de acceso**

El acceso es a través de la carretera Puno – Sicuani – Espinar todo este tramo es por carretera asfaltada, desde la ciudad de Espinar hasta el área de influencia de proyecto es por trocha carróza. El tiempo de viaje estimado considerando la distancia aproximada desde la ciudad de Puno es de 350 Km. hasta el área del proyecto.

**Cuadro 5**

Vías de acceso a la comunidad campesina Alto Ayraccollana (2013)

<b>DESDE</b>	<b>HASTA</b>	<b>VÍA</b>	<b>Km</b>	<b>TIEMPO</b>
Puno	Sicuani	Carretera Asfaltada	260	240 min
Sicuani	Espinar	Carretera Asfaltada	90	110 min
Espinar	Alto Ayraccollana	Trocha Carrosable	45	70 min.

*Fuente:* Elaboración propia**3.1.5. Identificación del área de influencia del estudio.**

La Comunidad Campesina Alto Ayraccollana, sectores Patallani, Lluta y nueva esperanza son los usuarios directos 75 familias, y para el año 20 serán 88 con una tasa de crecimiento del 0.82 % anual, se encuentra ubicada en la parte Sur Este del distrito de Coporaque, provincia de Espinar, departamento de Cusco, se encuentra a una altitud de 4 400 m.s.n.m.

**3.1.6. Características de la zona en estudio****✓ Vivienda**

Las viviendas en un 95.2% tienen como pared de adobe y/o tapial, la cobertura de las viviendas en un 88.9% son de paja y así mismo de material de calamina. La tasa de analfabetismo bordea los 23%, así mismo el retraso educativo se ha reportado por MINEDU en un 22.76% para el año 2013, y las actividades económicas más preponderantes son la ganadería y la agricultura.



**Figura 4,** Viviendas – Alto Ayraccollana (2013)

*Fuente:* Elaboración propia

✓ **Salud**

Las enfermedades predominantes se dan en la población infantil, con mayor incidencia de diarreas y enfermedades broncopulmonares. Las familias de comunidad campesina de Alto Ayraccollana recurren a los establecimientos de salud de Coporaque y Espinar, donde los reportes de la CLAS y Hospital de Espinar reportan que la morbilidad en un 14.4% son causados por enfermedades infecciosas, 7.3% por enfermedades del sistema digestivo y 2.1% por enfermedades de ojo y anexos. Las tasas de mortalidad revelan que un 2.6% son causados por enfermedades infecciosas parasitarias y 12.8% por enfermedades digestivas.

✓ **Educación**

La tasa de analfabetismo es baja, la mayoría de la población lee y escribe sin complicaciones. Según los resultados de la Encuesta

Nacional de Hogares del 2011, el 7,1% de la población de 15 y más años de edad no sabe leer ni escribir. Habiéndose reducido en 3,6 puntos porcentuales el fenómeno en relación con el año 2001, que afectó al 10,7% de la población de 15 y más años de edad.

De acuerdo con el área de residencia, el analfabetismo afecta en mayor proporción a la población del área rural. Mientras que en el área urbana afectó al 4,0% de la población, en el área rural lo hizo al 17,4%, es decir, más de cuatro veces que del área urbana. Esto permite notar que las acciones futuras deben estar orientadas en mayor parte a la población del campo, que está apartada, dispersa y que es de difícil acceso.

Por regiones naturales, la región de Cusco 2,7% representa la tasa más elevada de analfabetismo, siendo más de tres veces que los analfabetos residentes de la región Costa (3,9%) y casi dos veces mayor de los que residen en la Selva (7,7%).

En el período 2001-2013, se observa que la tasa de analfabetismo ha disminuido en todos los ámbitos geográficos, habiéndose reducido en mayor proporción en la región sierra (6,5 puntos porcentuales) que en la selva (3,3 puntos porcentuales) y costa (1,5 puntos porcentuales).

✓ **Actividad Económica**

La principal actividad económica es la ganadería y agricultura estando sujeta la producción limitada a los factores climáticos adversos y deficiencias tecnológicas, alternando con la minería que en los últimos años ha tomado auge.

✓ **Clima**

El clima de la zona es tipo del altiplano (región Suni) semiseco, con temperaturas variables, máximo 18 °C hasta -6 °C como

mínimo. Existe presencia de helada en los meses de mayo, junio, y agosto, el régimen de lluvias es de Noviembre a Abril.

La precipitación fluvial que generalmente se estima en los últimos años varía en promedio 650 mm.

✓ **Topografía y tipo de suelo**

Topografía de la zona del proyecto es variable; plana, accidentado y ondulada, con pendiente que oscilan entre 5% hasta 60%, permitiendo así el crecimiento de pasturas naturales en terrenos con presencia de suelos de buen estado, siendo utilizados estos para la pastura de ganado (vacuno, ovino, etc.)

El área de influencia del proyecto presenta suelos de textura franco - arcilloso y franco -arenoso, teniendo presencia en los estratos de arcilla, arena y arcilla y así sucesivamente hasta alcanzar la napa freática con suelos de color negro y marrón.

✓ **Temperatura**

El clima de la zona del proyecto es frígido y semiseco típico del altiplano, se observa temperaturas variables desde máximas de 15°C hasta mínimas de -6°C y media de 5.8°C.

✓ **Asolamiento**

Teniendo la presencia en primavera, verano y otoño de 12 horas de sol/día y 14 horas de sol/día; presentándose el fenómeno que en invierno que el sol se inclina más hacia el norte, en consecuencia reduciéndose las horas de sola 9 horas y en promedio de 9.8 horas /día.

✓ **Precipitación pluvial**

La presencia de precipitaciones pluviales en un promedio anual es de 650 mm (estación meteorológica Ayaviri), presentándose entre los meses de diciembre al mes de abril.

✓ **Vientos**

Los vientos alcanzan velocidades en promedio de 3.4 m/seg., los cuales fluctúan a lo largo del año; presentándose los valores mas altos en los meses de agosto a diciembre, oscilando estos entre 2.3 a 2.7 m/seg. y los menores valores en los meses de enero a julio entre 1.2 a 1.7 m/seg., siendo la dirección de este a oeste.

✓ **Humedad**

Los valores de humedad varían a lo largo del año dándose estos entre el 22% y 86%, dándose en la época de lluvias los más altos índices, llegando en promedio a 58% de humedad.

✓ **Nubosidad**

La nubosidad con mayor intensidad se da en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, los meses de junio y julio son los de menor nubosidad.

## 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

### 3.2.1. Materiales de gabinete:

- Computadora
- Impresora
- Memoria USB y CDS

**3.2.2. Materiales de escritorio:**

- Materiales de impresión
- Fichas de campo
- Papel bond hoja A-4

**3.2.3. Software que se utilizara:**

- Microsoft Office
- Auto cad civil 3D
- Otros.

**3.3. METODOLOGÍA UTILIZADA****3.3.1. Recopilación de información**

Esta etapa de la investigación en recopilar información teórica y conceptual, respecto al tratamiento de aguas residuales, para lograr los objetivos planteados en el trabajo de investigación. Se utilizó el método descriptivo, analítico y. El método descriptivo, es aquella orientación que se centra en responder a la pregunta ¿Cómo es? La realidad del área de estudio para determinar al estado situacional del proyecto.

El método analítico, es la descomposición de todos los elementos, se usa los pasos de observación, descripción, ordenamiento y clasificación de todo el material de investigación disponible. Y el método deductivo se aplicara para conocer desde lo general a lo específico analizando cada una de las variables. El trabajo de campo inició en el mes de agosto del año 2013, el acceso a la zona de estudios se puede efectuar desde Puno mediante transporte terrestre hasta la ciudad de Sicuani, desde la ciudad de Sicuani se accede por vía terrestre hasta la provincia de Espinar, luego se enrumba posteriormente a la comunidad de Alto Ayraccollana donde se ejecutó el proyecto de saneamiento básico integral.

### 3.3.2. Identificación

Esta fase consistió en la recopilación de información acerca de la ubicación del sistema, condiciones físicas y climáticas del ámbito donde se encuentra operando, y descripción del tratamiento de aguas residuales con biodigestores, el trabajo de campo inició en el mes de agosto del año 2013, el acceso a la zona de estudios se puede efectuar desde Puno mediante transporte terrestre hasta la ciudad de Sicuani, desde la ciudad de Sicuani se accede por vía terrestre hasta la provincia de Espinar, luego se enrumba posteriormente a la comunidad de Alto Ayracollana donde se ejecutó el proyecto de saneamiento básico integral.

### 3.3.3. Muestreo y evaluación de aguas residuales

La parte experimental del presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la comunidad campesina Alto Ayracollana del distrito de Coporaque, provincia de Espinar – Cusco, donde se hizo el muestreo de manera puntual en el afluente y efluente del biodigestor, con una frecuencia de 30 días, por un periodo de 5 meses, ubicado en la institución educativa Alto Ayracollana. Para los respectivos análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

El objetivo de la toma de muestras fue la obtención de una porción de material cuyo volumen fue lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede.

Al igual que para cualquier otro tipo de muestra, en la toma de muestra se tuvo en cuenta que la muestra no se deteriore ni contamine antes de llegar al laboratorio.

Antes de llenar el envase con la muestra se lavó dos o tres veces con el agua que se recogió, La toma debe realizarse con cuidado, con objeto de garantizar que el resultado analítico represente la composición real.

### **3.3.4. Procesamiento y análisis de parámetros**

En el Laboratorio se realizaron los ensayos fisicoquímicos y bacteriológicos necesarios para la caracterización del agua residual. Los análisis fueron realizados siguiendo los criterios de muestreo de acuerdo con los protocolos establecidos. El análisis bacteriológico se realizó en laboratorio del área de microbiología de la facultad de medicina humana de la Universidad Nacional de Altiplano-Puno, para el caso de análisis fisicoquímico en el laboratorio del municipio de espinar en la unidad operativa de UOSAPAL, según la guía de laboratorio.

#### **✓ Calidad física-química y bacteriológica del agua residual**

Esta se determinó realizando un análisis en base a los resultados realizados en campo y de laboratorio de los parámetros evaluados.

#### **✓ Eficiencia del sistema de tratamiento**

se determinó la eficiencia de tratamiento en base a los valores de entrada y salida del sistema en base a los resultados obtenidos del análisis de parámetros de monitoreo en laboratorio. También se determinó:

- La eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>
- La eficiencia de remoción de DQO
- La eficiencia de remoción de SST
- La eficiencia de remoción de ACEITES Y GRASAS
- La eficiencia de remoción de NITRÓGENO
- La eficiencia de remoción de FOSFORO
- La eficiencia de remoción de COLIFORMES TOTALES
- La eficiencia de remoción de COLIFORMES FECALES

### 3.3.5. Procesamiento y evaluación de resultados

Procesamiento e interpretación de datos, estas acciones son realizadas en gabinete. El procesamiento de los datos recopilados del campo, la interpretación de los resultados de los análisis de laboratorio en comparación a las Normas básicas de Saneamiento, las recomendaciones del Ministerio de salud y Organización Mundial de la salud (OMS), para la ubicación de las letrinas sanitarias.

Este aspecto es de gran importancia en el análisis de datos de una investigación y facilita la deducción de conclusiones racionales. En muchos casos, investigaciones no debidamente planificadas han resultado en un fracaso, por el desconocimiento tanto de las variables dependientes como independientes.

Los datos obtenidos en campo y laboratorio sobre los diferentes parámetros analizados se calcularon en forma periódica, los valores de máximo, mínimo, promedio y desviación estándar, se representó gráficamente los resultados de cada medición con respecto, se determinó la interpretación e interrelación de los resultados obtenidos mediante un análisis de regresión y correlación.

Se realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAN, en el decreto supremo N° 003 – 2010, los cuales deben cumplir para ser descargados a cuerpos receptores sin generar contaminación.

### 3.3.6. Eficiencia del biodigestor en el tratamiento de aguas residuales

La medición de la capacidad degradativa se hace en base a la reducción lograda, luego del proceso de fermentación de las aguas servidas de los parámetros inicialmente medidos en el material de carga (afluente al biodigestor), se parte del criterio que al no producirse cambios notables y crecientes (menos de 6 meses), en la comunidad,

tales como variación de la población, establecimiento de industrias, cambio en la composición y consumo de alimentos, etc., las muestras tanto en la entrada como en la salida del sistema de los biodigestores , pueden considerarse como pertenecientes a un mismo proceso degradativo y por lo tanto la eficiencia puede medirse según la siguiente fórmula:

$$E = \frac{(VP_E - VP_S)}{VP_E} * 100$$

Donde,

E = Eficiencia degradativa (%)

VPE = Valor de parámetro de entrada

VPS = Valor de parámetro de salida

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA SITUACIONAL DE LOS BIODIGESTORES

Se realizó la recolección de muestras de aguas residuales tratadas con biodigestores de la institución educativa Alto Ayraccollana para el análisis físico químico y bacteriológico, para enriquecer la información de campo de la zona de estudio, se realizó el muestreo del agua tratada, permitiéndonos a proporcionarnos factores importantes como: calidad del agua y deficiencias del uso de las letrinas con biodigestores y el aspecto social de la población.

Los sistemas pueden fallar en un momento determinado o la calidad del efluente deteriorarse, la única forma de conocer las causas del problema e indicar que acción inmediata son requeridas, es llevar una rutina de monitoreo y un programa de evaluación para poder verificar la calidad real del efluente que sale. Esta evaluación va dirigida a la medición de la calidad del efluente y un análisis de los parámetros de control con el propósito de mejorar los procesos de tratamiento del biodigestor; es decir esta evaluación lo que busca es mejorar su funcionamiento, el cual debe basarse en un diagnóstico, en el registro histórico de los datos de campo, en la frecuencia de muestreo, en el resultado de los parámetros analizados, en el análisis y evaluación de resultados.

**Cuadro 6**

Resumen de análisis fisicoquímico y bacteriológico en el laboratorio, Alto  
Ayracollana (2013)

RESUMEN DE LABORATORIO DE PARAMETROS DE FISICOQUÍMICO Y BACTEREOLOGICO											
Fecha	Muestra	Temperatura °C	PH	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)	Coliformes totales (mg/l)	Coliformes fecales (mg/l)
09/08/13	Afluente	8	7.32	398.50	798.50	179.50	10.54	10.00	6.40	1.70E+04	1.85E+03
	Efluente	10	7.15	312.10	634.40	89.50	4.97	6.50	3.90	9.50E+03	1.25E+03
06/09/13	Afluente	8	7.40	409.60	818.20	172.40	13.64	9.30	6.80	1.63E+04	1.78E+03
	Efluente	11	7.23	329.20	633.70	86.50	6.67	6.20	4.20	8.85E+03	1.23E+03
04/10/13	Afluente	9	7.32	401.20	836.30	168.40	11.51	10.50	6.40	1.83E+04	1.92E+03
	Efluente	11	7.15	312.20	635.70	78.80	5.32	6.90	4.00	9.35E+03	1.28E+03
01/01/13	Afluente	9	7.35	412.90	844.90	162.50	11.87	9.20	5.90	1.75E+04	1.85E+03
	Efluente	12	7.12	317.60	634.00	77.90	5.92	6.10	3.70	9.23E+03	1.24E+03
06/12/13	Afluente	12	7.39	405.20	851.30	178.30	12.45	9.20	5.80	1.88E+04	1.96E+03
	Efluente	12	7.22	314.40	654.70	86.10	5.98	6.30	3.70	9.62E+03	1.35E+03

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. CALIDAD FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA RESIDUAL

Las Características Físicas, Químicas y Biológicas se detallan en los resultados de laboratorio efectuados en el Laboratorio.

### 4.2.1. Parámetros fisicoquímicos evaluados en laboratorio

Los parámetros de calidad que deben ser monitoreados en las descargas de aguas residuales, tienen que guardar relación con los contaminantes potenciales que pueden afectar el cuerpo receptor de estas o el uso de las mismas. Entre estos parámetros tenemos: DBO, DQO, sólidos totales, nitrógeno, fosforo, aceites y grasas.

#### *Cuadro 7*

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Alto Ayraccollana (2013)

REMOCION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO5)					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	398.50	409.60	401.20	412.90	405.20
EFLUENTE	312.10	329.20	312.20	317.60	314.40
REMOCION	86.40	80.40	89.00	95.30	90.80
EFICIENCIA %	21.68	19.63	22.18	23.08	22.41
PROMEDIO EFICIENCIA %	21.80		%		

*Fuente:* Elaboración propia

**Descripción del cuadro 7.-** La remoción de este parámetro es fundamental en el funcionamiento del biodigestor, el cuadro muestra la eficiencia de remoción de la carga orgánica en términos de DBO en la entrada del proceso, denotándose un descenso en cuanto a la biodegradabilidad de la materia orgánica a medida que avanza el tratamiento en el sistema reflejado en la salida del proceso con una eficiencia promedio de 21.80%. Lo que representa una remoción regular de dicho parámetro y que de alguna manera. Indica que la

unidad trabaja en la remoción de materia orgánica y que puede alcanzar valores más altos y significativos en la remoción de DBO en el sistema.

### Cuadro 8

Demanda Química de Oxígeno (DQO), Alto Ayracollana (2013)

REMOCION DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	798.50	818.20	836.30	844.90	851.30
EFLUENTE	634.40	633.70	635.70	634.00	654.70
REMOCION	164.10	184.50	200.60	210.90	196.60
EFICIENCIA %	20.55	22.55	23.99	24.96	23.09
PROMEDIO EFICIENCIA %	23.03 %				

*Fuente:* Elaboración propia

**Descripción del cuadro 8.-** La remoción de la DQO es fundamental en un sistema de tratamiento. El cuadro 6 se muestra los niveles a la entrada y salida del sistema de lagunas, donde puede observarse un descenso apreciable durante el proceso de tratamiento, presentando un promedio de eficiencia de 23.03% de remoción de DQO.

La demanda química de oxígeno (DQO) debe ser monitoreado en las descargas de aguas residuales ya que es un contaminante potencial (ácido) y afecta al cuerpo receptor destruyendo los seres vivos microscópicos, en el efluente se puede notar un valor de 638.50 mg/lt. El cual está muy por encima del valor de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el DS. 003 – 2010 – MINAM. Que es de 200 mg/l.

**Cuadro 9**

Sólidos suspendidos totales, Alto Ayracollana (2013)

<b>REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	179.50	172.40	168.40	162.50	178.30
EFLUENTE	89.50	86.50	78.80	77.90	86.10
REMOCION	90.00	85.90	89.60	84.60	92.20
EFICIENCIA %	50.14	49.83	53.21	52.06	51.71
PROMEDIO EFICIENCIA %	51.39 %				

*Fuente:* Elaboración propia

**Descripción del cuadro 9.-** Se muestra los SST tanto en el ingreso como egreso al sistema, con una eficiencia de remoción de 51.39%. Esto demuestra que se encuentran en un rango aceptable de remoción ya que se debe considerar que las aguas tratadas han sido sometidas a un tratamiento anaerobio, donde su principal mecanismo de remoción son los procesos de sedimentación.

Se puede observar en el efluente un valor de 83.76 mg/l. El cual está por debajo del valor de los LMP del D.S 003 – 2010 – MINAM, el cual es de 150 mg/l.

**Cuadro 10**

Remoción de aceites y grasas, Alto Ayraucollana (2013)

REMOCION DE ACEITES Y GRASAS					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	10.54	13.64	11.51	11.87	12.45
EFLUENTE	4.97	6.67	5.32	5.92	5.98
REMOCION	5.57	6.97	6.19	5.95	6.47
EFICIENCIA %	52.85	51.10	53.78	50.13	51.97
PROMEDIO EFICIENCIA %	51.96		%		

*Fuente:* Elaboración propia

**Descripción del cuadro 10.-** Los aceites y grasas alteran los procesos aerobios y anaerobios, forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los fondos y lechos de ríos, degradando el ambiente durante el proceso de descomposición.

En el cuadro 9 se observa un decremento apreciable en el efluente, lo cual indica que existe una biodegradación de Aceites y Grasas en el sistema con una eficiencia de remoción de 51.96%. También se puede apreciar un valor de 5.77 mg/l. En el efluente. El cual está por debajo de los LMP que es de 20 mg/l. Por lo cual se deduce que no estaría alterando los procesos aerobios ni anaerobios en el cuerpo receptor, en tal sentido no estaría degradando el ambiente.

**Cuadro 11**

Remoción de nitrógeno total, Alto Ayraccollana (2013)

REMOCION DE NITROGENO TOTAL					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	10.00	9.30	10.50	9.20	9.20
EFLUENTE	6.50	6.20	6.90	6.10	6.30
REMOCION	3.50	3.10	3.60	3.10	2.90
EFICIENCIA %	35.00	33.33	34.29	33.70	31.52
PROMEDIO EFICIENCIA %	33.57 %				

*Fuente:* Elaboración propia

**Descripción del cuadro 11.-** Este parámetro es la suma del nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO). y debe ser controlable si se quiere descargar los efluentes a un cuerpo receptor. En el cuadro N° 10 se muestra los valores de ingreso y salida del sistema de tratamiento, logrando una eficiencia promedio de remoción de 33.57%. Lo cual nos indica que el sistema trabaja en la remoción de nitrógeno.

**Cuadro 12**

Remoción del fosforo total, Alto Ayraccollana (2013)

REMOCION DE FOSFORO TOTAL					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	6.40	6.80	6.40	5.90	5.80
EFLUENTE	3.90	4.20	4.00	3.70	3.70
REMOCION	2.50	2.60	2.40	2.20	2.10
EFICIENCIA %	39.06	38.24	37.50	37.29	36.21
PROMEDIO EFICIENCIA %	37.66 %				

*Fuente:* elaboración propia

**Descripción del cuadro 12.-** Como el nitrógeno es esencial para el crecimiento de protistas y plantas y es por eso que existe marcado interés en removerlo de las aguas residuales. Los resultados del análisis de fosforo total indican que se encuentran por debajo del valor que establecen las normas de vertido (3.90 mg/l) y refleja un porcentaje normal para aguas residuales de origen domestico puesto que contienen residuos humanos y detergentes.

#### 4.2.2. Parámetros bacteriológicos evaluados en laboratorio

Los parámetros de calidad que deben ser monitoreados en las descargas de aguas residuales, tienen que guardar relación con los contaminantes potenciales que pueden afectar el cuerpo receptor de estas o el uso de las mismas. Entre estos parámetros tenemos: Los Coliformes Totales y Coliformes Fecales, Etc.

#### *Cuadro 13*

Remoción coliformes totales, Alto Ayracollana (2013)

REMOCION DE COLIFORMES TOTALES					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	1.70E+04	1.63E+04	1.83E+04	1.75E+04	1.88E+04
EFLUENTE	9.50E+03	8.85E+03	9.35E+03	9.23E+03	9.62E+03
REMOCION	7.50E+03	7.45E+03	8.97E+03	8.29E+03	9.20E+03
EFICIENCIA %	44.12	45.71	48.96	47.32	48.88
PROMEDIO EFICIENCIA %	47.00		%		

*Fuente:* Elaboración propia

**Descripción del cuadro 13.-** La velocidad de remoción de bacteria aumenta con la presencia de oxígeno disuelto y con valores de pH superiores a niveles de 9.0. Los resultados obtenidos en los muestreos realizados confirman que tales condiciones difícilmente se logran en el sistema. La falta de mantenimiento, permite que en la mayor parte del

tiempo se observe una capa sobrenadante (nata y lentejas de agua) en aproximadamente un 47 %.

La concentración de coliformes totales obtenidas en el efluente 9310 NMP/100ml indica que estas aguas no deben ser vertidas en un cuerpo receptor, por no cumplir con las normas de calidad de aguas residuales, (ECA) para agua, establecidos por el MINAM en el decreto supremo N° 002-2008. Categoría 4: conservación del ambiente acuático (ríos), cuyo valor es de 3000 NMP/100ml.

#### *Cuadro 14*

Remoción coliformes fecales, Alto Ayracollana (2013)

REMOCION DE COLIFORMES FECALES					
MUESTRA	M - 01 (mg/l)	M - 02 (mg/l)	M - 03 (mg/l)	M - 04 (mg/l)	M - 05 (mg/l)
AFLUENTE	1.85E+03	1.78E+03	1.92E+03	1.85E+03	1.96E+03
EFLUENTE	1.25E+03	1.23E+03	1.28E+03	1.24E+03	1.35E+03
REMOCION	6.00E+02	5.50E+02	6.40E+02	6.10E+02	6.10E+02
EFICIENCIA %	32.43	30.90	33.33	32.97	31.12
PROMEDIO EFICIENCIA %	32.15 %				

*Fuente:* Elaboración propia

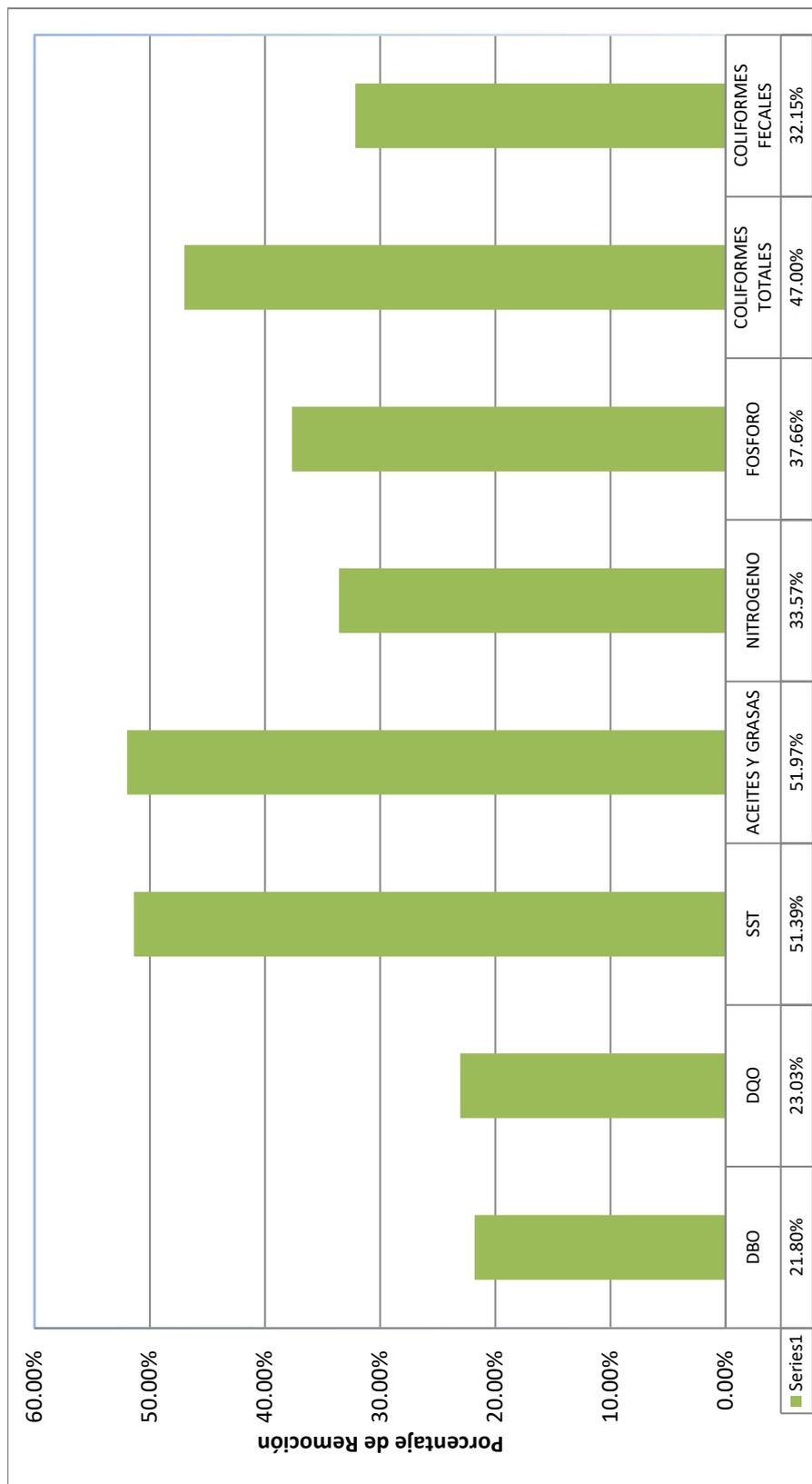
**Descripción del cuadro 14.-** Aunque el porcentaje promedio de remoción de coliformes fecales es de 32.15 %, la cantidad de coliformes fecales remanentes en el sistema es alta alcanzando valores de 1.27E+03 NMP/100ml, esta cantidad sobrepasa los parámetro de la norma de vertidos de efluente de sistema de tratamiento que descargan en cuerpos receptores naturales.

Estos resultados indican que hay deficiencia en el tratamiento de aguas residuales y no se garantiza una eficiencia bacteriológica que satisfaga lo recomendado en las normas de vertidos nacionales e internacionales.

#### 4.2.3. Evaluación de resultados

Según los resultados del presente estudio en las lagunas los afluentes deben cumplir con las normas vigentes de calidad LMP, para ser descargadas a cuerpos receptores sin generar contaminación, se realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, en el decreto supremo N° 003-2010, los cuales deben cumplir para ser descargados a cuerpos receptores sin generar contaminación.

**Cuadro 15**  
Eficiencia de remoción del biodigestor, Alto Ayraaccollana (2013)



Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 16**

Comparación de parámetros en salida del sistema (efluente) con los límites máximos permisibles

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>	<b>Parámetros de salida en el sistema</b>	<b>Nivel de contaminación</b>
Aceites y grasas	Mg/l	20	<b>6.23</b>	<b>Aceptable</b>
Coliformes termo tolerantes	NMP/100ml	10,000	-----	-----
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100	<b>88.38</b>	<b>Aceptable</b>
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200	<b>191.34</b>	<b>Aceptable</b>
pH	Unidad	6.5 – 8.5	<b>7.17</b>	<b>Aceptable</b>
Sólidos totales en Suspensión	ml/l	150	<b>88.46</b>	<b>Aceptable</b>
Temperatura	°C	<35	<b>11.20</b>	<b>Aceptable</b>

*Fuente:* MINAM decreto supremo N° 003-2010

Que, los impactos ambientales del Sub Sector Hidrocarburos están asociados con las descargas de emisiones gaseosas y partículas a los cuerpos receptores -aire, agua y suelo-, por lo que los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) se constituyen en mecanismos de gestión ambiental que permiten la convivencia entre diferentes actividades productivas y la salud humana, asegurando a su vez la calidad de dichos cuerpos receptores

En el cuadro se observa que al comparar los valores observados en el efluente con los LMP establecidos en el D.S. N° 003 – 2010 – MINAM, se deduce que el nivel de contaminación es aceptable ya que los contaminantes potenciales. No superan los LMP.

No se realizó la evaluación del parámetro de COLIFORMES TERMO TOLERANTES en base a los límites máximos permisibles (LMP), puesto que este tipo de análisis no lo realiza ningún laboratorio en la ciudad de puno. Y no fue posible realizar el análisis correspondiente

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- La utilización de biodigestores en el tratamiento de aguas residuales domésticas es un procedimiento útil para tratar los residuos sólidos además de ser una técnica útil con un bajo impacto ambiental, que elimina la contaminación ya que consume los sólidos orgánicos, disminuye los olores desagradables, es un sistema de tratamiento primario de aguas residuales domésticas, la cual separa los sólidos para degradarlos y reducirlos, produciendo un lodo negro que es eliminado fácilmente, además el agua residual tratado es eliminado para percolarse en el suelo, no utiliza insumos químicos en la limpieza de los aparatos sanitarios, solamente deben eliminarse por la red de desagüe, heces, orina, agua de aseo personal y de lavado de utensilios o de ropa, la eliminación de lodos se hará en promedio cada 18 meses y solamente abriendo la válvula, el lodo eliminado es secado al ambiente en el pozo de lodos, una vez seco puede aprovecharse como mejorador de suelos.
- A lo largo del presente trabajo “monitoreo y evaluación del tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad Alto Ayraccollana de la provincia de Espinar” se ha realizado investigaciones de gabinete, campo y laboratorio, que nos permiten llegar a las siguientes conclusiones, tomando en cuenta estos instrumentos y concepciones, con nuevas experiencias en los últimos años. De tal modo que nos sirve como guía de planificación, para definir claramente los recursos necesarios y el proceso a seguir para lograr en base a los resultados obtenidos del laboratorio conforme a la remoción de materia orgánica del biodigestor en el tratamiento de excretas cuyo parámetros evaluados son: DBO5 21.80%, DQO 23.03%, Aceites y Grasas 51.96%, Sólidos totales en suspensión 51.39%. También se determinó la eficiencia de remoción de Coliformes Totales 47.00% y Coliformes Fecales 32.15%. Se realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles establecidos por el MINAM, en el decreto supremo N° 003-2010, los cuales deben cumplir para ser descargados a cuerpos receptores sin generar contaminación, el impacto del biodigestor es inconstante. La adopción de la técnica y

los resultados exitosos depende de aspectos como localización, factores climáticos como la temperatura.

- La estrategia de promoción del saneamiento debe ser integral incluyendo la instalación del agua potable y letrinas, con un componente muy fuerte de promoción y educación sanitaria para promover una demanda, aceptación, uso y mantenimiento del servicio de saneamiento en las comunidades que disponen del recurso hídrico, las letrinas con biodigestores, es la mejor opción tecnológica que favorece la apropiación y sostenibilidad de los servicios de saneamiento. La incorporación de las duchas, desde la construcción de las letrinas es un elemento positivo que promueve las nuevas prácticas de higiene personal y familiar, la participación del usuario, antes y durante la construcción del servicio, lo involucra en todo el proceso y garantiza el uso y mantenimiento del servicio de saneamiento. La participación del usuario se ve favorecida cuando ha recibido una educación sanitaria e información clara sobre las ventajas y desventajas, costos y vida útil de las letrinas con arrastre, lo que redundará en una mayor valoración y participación en el proceso constructivo y sostenibilidad del servicio de saneamiento.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios más exhaustivos referente al tratamiento de aguas residuales domésticas con biodigestores e instalar biodigestores experimentales en diferentes regiones del Perú, para evaluar los diferentes parámetros que influyen en el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas con biodigestores, ya que en la actualidad existen muy poca información, es importante tener en consideración la altitud sobre el nivel del mar, para tener un óptimo funcionamiento del biodigestor por el factor clima, sería una alternativa viable, para que pueda utilizar cada familia estos biodigestores en su sistema de desagüe para reducir el nivel de contaminación de las excretas en los distritos, provincias, de la región de Cusco.
- Las letrinas sólo podrán ser construidos en terrenos cuyas características favorezcan su excavación, no podrán ser construidos en áreas pantanosas, fácilmente inundables, en suelos impermeables o con presencia de arcillas expansivas. Podrán ser construidos

en terrenos calcáreos o con presencia de rocas fisuradas, siempre que se tomen las medidas de seguridad especificadas en el presente documento. En los lugares donde se proyecte construir los pozos de la letrina no deberán existir sistemas de extracción de agua para consumo humano en un radio de 60 metros alrededor de ellas, y en todos los casos las letrinas deberán ubicarse aguas debajo de cualquier pozo o manantial de agua destinada al abastecimiento para consumo humano y no se debe dejar fuera de operación el biodigestor por periodos prolongados, porque esto ocasiona que el proceso de digestión y fermentación anaerobia se interrumpa, en caso de que se deba dejar fuera de operación por un tiempo prolongado se recomienda mantener la carga diaria con material orgánico sustituto de origen animal o vegetal.

- Se debe incluir un manual de operación y mantenimiento del biodigestor, donde se indicarán las actividades del operador, equipo necesario y la frecuencia de limpieza, muestreos y análisis de laboratorio. El operador debe ser capacitado al respecto, se deben realizar muestreos periódicos y sus respectivos análisis de laboratorio, tanto para la carga de entrada como de la salida del biodigestor, con el fin de evaluar la eficiencia en la remoción de la DQO, DBO5, sólidos totales, entre otros; así como la producción de nutrientes (nitrógeno y fósforo), en este caso.
- Es importante dar a conocer la tecnología de sistemas de tratamiento de excretas, utilizando biodigestores en las comunidades que lo requieran, ya que en la actualidad se conoce muy poco de los beneficios que tiene el tratar adecuadamente las excretas, solo al crear conciencia en la población en general y en los funcionarios de las instituciones involucradas con el tema, se puede lograr que se le dé la debida importancia a los problemas sanitarios que generan las excretas en el medio rural y darles las soluciones correspondientes, demostrando que la tecnología de los biodigestores es adaptable a cualquier nivel cultural y técnico, y que además no requiere de aspectos complejos, no compromete dependencia técnico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Azevedo N., Acosta Á. (1975). Manual de hidráulica, 6ta edición: Editorial Harla S.A de CV, México DF
- Bardales V. (2012). Gestión del desarrollo territorial rural.
- Butron L. (1998). Engineering carrer treneds american society for engineering. mayo.
- Castillo A. (2004). Instalaciones sanitarias para edificaciones – Diseño: Lima –Perú. 160p.
- CARE – PERU. (2005). Proyecto de latinización en lugares secos o niveles friáticos profundos – PERU
- CEPIS. (1992). Programa de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano –centro panamericano de ingeniería y ciencias del ambiente. 40p.
- Crites Y Tchobanoglous. (2002). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones, segunda edición: Edit. Mc Graw-Hill, Colombia.
- FONCODES. (1999). Proyecto de agua potable rural saneamiento básico y salud comunitaria (letrinas, pozo de agua potable), 45p.
- FONCODES. (1999), Seminario taller de aguas residuales y disposición de excretas para el área rural. 480p.
- Gálvez F. (2007). Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales sector cuatro caminos del municipio de Santa Catarina Pinula, tesis de grado para optar al título de ingeniero civil, universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Hernandez, A. (1994). Depuración de aguas residuales, tercera edición: Edit. Paraninfo. Madrid, España.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO (2000) Guías básicas tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico.
- NORMAS DE SANEAMIENTO (2007). Vice ministro de construcción y saneamiento dirección nacional de saneamiento lima 325p.

- Olger D., Quilla C., Coronel C. (2010). Diseño y selección de la tecnología adecuada para el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Olmedo, tesis de grado para optar al título de ingeniero civil, universidad técnica Particular de Loja, Ecuador
- OPS/CEPIS. (2005). Guías de diseño para letrinas de proceso seco Lima 2005. 28p
- Quiroz R. (1972). Construcciones rurales Lima –Perú.
- Romero R. (2008). Tratamiento de aguas residuales – teoría y principios de diseño.
- Rondón M.. (2007). Diseño del sistema de recolección y tratamiento de aguas servidas para la población de Morichalito municipio Cedeño Estado Bolívar, tesis de grado al título profesional de ingeniero civil, universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui, Venezuela.
- SANEAMIENTO RURAL. (1994). Gerencia de ingeniería básica y normas técnicas.95 p.
- Urbina B. Construcciones rurales, UNALM – LIMA, Volumen 1.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

**PANEL FOTOGRÁFICO**



*Figura 6*, Institución educativa primaria Alto Ayraucollana



*Figura 5*, Letrinas con biodigestores en la I.E.P. Alto Ayraucollana



*Figura 7,* Tomando las medidas en las letrinas en Alto Ayraccollana



*Figura 8,* Filtro del biodigestor Alto Ayraccollana



*Figura 9*, Tomando la temperatura del medio ambiente en Alto Ayracollana

## **ANEXO 2**

### **RESULTADOS DE LABORATORIO**



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**

GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
"LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"

"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

INFORME DE ENSAYO	
N° LVCH-0162-2013	
SOLICITANTE	Bach. Ing° Erik Salvador Espillico Condori
AREA A LA QUE PERTENECE	No aplica
DIRECCION	No aplica
RUC	No aplica
N° DE SOLICITUD DE SERVICIO	N° LVCH-0162-2013
PRODUCTO	Aguas Residuales
IDENTIFICACION COMERCIAL	No aplica
FECHA DE PRODUCCION	No aplica
FECHA DE VENCIMIENTO	No aplica
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	09/08/13
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	Comunidad Alto Ayraccollana
TOMA DE MUESTRA REALIZADA POR	Personal del proyecto
CANTIDAD DE LAS MUESTRAS	02 L.
FORMA DE PRESENTACION	Envase de polietileno (Botella de plástico), Envase de bebidas San Luis esterilizada
FECHA DE RECEPCION	09/08/13
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	09/08/13
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis Fisicoquímicos
PERIODO DE CUSTODIA	No aplica
Nro. DE MUESTRAS	02
CENTRO DE ANALISIS	Laboratorio Virgen de Chapi – Municipalidad Provincial de Espinar





**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**  
 GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
**LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI**



"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

**RESULTADOS**

ANALISIS FISICO QUIMICO							
MUESTRA	ENSAYOS						
	PH	DBO	DQO	SOLIDOS EN SUSPENSION	ACEITES Y GRASAS	NITROGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL
	UNIDAD						
	Valor PH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AFLUENTE	7.32	398.50	798.60	179.50	10.54	10.00	6.40
EFLUENTE	7.15	312.10	634.20	89.50	4.97	6.5	3.90





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO**  
**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**  
**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**



RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Erik Salvador ESPILLICO CONDORI  
 TRABAJO DE INVESTIGACION  
 PRODUCTO : Aguas Residuales  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 09/08/2013  
 PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : C.C. Alto Ayraccollana – Espinar  
 CANTIDAD DE LAS MUESTRAS : 02  
 FORMA DE PRESENTACION : Envase de polietileno (Botella de plástico)  
 ENSAYOS SOLICITADOS : Análisis Microbiológico  
 FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 09/08/2013  
 CENTRO DE ANALISIS : Laboratorio de Microbiología -  
 Medicina Humana

RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
AFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	1.70 E+04 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.85 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
EFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	9.50 E+03 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.25 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINAM		
Coliformes Termotolerantes 10,000 NMP/100 mL		

SERGIO PALACIOS FRISANCHO  
 C.B.P. Nº 2125  
 BIOLOGO



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**

GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS

"LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"

"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"



Con el gusto por servir

INFORME DE ENSAYO	
N° LVCH-0181-2013	
SOLICITANTE	Bach. Ing° Erik Salvador Espillico Condori
AREA A LA QUE PERTENECE	No aplica
DIRECCION	No aplica
RUC	No aplica
N° DE SOLICITUD DE SERVICIO	N° LVCH-0181-2013
PRODUCTO	Aguas Residuales
IDENTIFICACION COMERCIAL	No aplica
FECHA DE PRODUCCION	No aplica
FECHA DE VENCIMIENTO	No aplica
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	06/09/13
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	Comunidad Alto Ayracollana
TOMA DE MUESTRA REALIZADA POR	Personal del proyecto
CANTIDAD DE LAS MUESTRAS	02 L.
FORMA DE PRESENTACION	Envase de polietileno (Botella de plástico), Envase de bebidas San Luis esterilizada
FECHA DE RECEPCION	06/09/13
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	06/09/13
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis Fisicoquímicos
PERIODO DE CUSTODIA	No aplica
Nro. DE MUESTRAS	02
CENTRO DE ANALISIS	Laboratorio Virgen de Chapi – Municipalidad Provincial de Espinar



Página 1



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**

GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
"LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"

"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

**RESULTADOS**

ANALISIS FISICO QUIMICO							
MUESTRA	ENSAYOS						
	PH	DBO	DQO	SOLIDOS EN SUSPENSION	ACEITES Y GRASAS	NITROGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL
	UNIDAD						
	Valor PH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AFLUENTE	7.40	409.60	818.20	172.40	13.64	9.30	6.80
EFLUENTE	7.23	329.20	633.70	86.50	6.67	6.20	4.20





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO**  
**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Erik Salvador ESPILLICO CONDORI  
 TRABAJO DE INVESTIGACION  
 PRODUCTO : Aguas Residuales  
 FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 06/09/2013  
 PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : C.C. Alto Ayraccollana – Espinar  
 CANTIDAD DE LAS MUESTRAS : 02  
 FORMA DE PRESENTACION : Envase de polietileno (Botella de plástico)  
 ENSAYOS SOLICITADOS : Análisis Microbiológico  
 FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 06/09/2013  
 CENTRO DE ANALISIS : Laboratorio de Microbiología -  
 Medicina Humana

RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
AFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	1.63 E+04 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.78 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
EFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	8.85 E+03 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.23 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINAM		
Coliformes Termotolerantes 10,000 NMP/100 mL		

BALBINO LORGIO PALACIOS FRISANCHO  
 C.B.P. Nº 2125  
 BIOLOGO



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**  
 GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
 "LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"



"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

INFORME DE ENSAYO	
N° LVCH-0204-2013	
SOLICITANTE	Bach. Ing° Erik Salvador Espillico Condori
AREA A LA QUE PERTENECE	No aplica
DIRECCION	No aplica
RUC	No aplica
N° DE SOLICITUD DE SERVICIO	N° LVCH-0204-2013
PRODUCTO	Aguas Residuales
IDENTIFICACION COMERCIAL	No aplica
FECHA DE PRODUCCION	No aplica
FECHA DE VENCIMIENTO	No aplica
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	04/10/13
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	Comunidad Alto Ayraccollana
TOMA DE MUESTRA REALIZADA POR	Personal del proyecto
CANTIDAD DE LAS MUESTRAS	02 L.
FORMA DE PRESENTACION	Envase de polietileno (Botella de plástico), Envase de bebidas San Luis esterilizada
FECHA DE RECEPCION	04/10/13
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	04/10/13
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis Fisicoquímicos
PERIODO DE CUSTODIA	No aplica
Nro. DE MUESTRAS	02
CENTRO DE ANALISIS	Laboratorio Virgen de Chapi – Municipalidad Provincial de Espinar





**Uosapal**  
**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**  
 GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
**LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI**



"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

**RESULTADOS**

ANALISIS FISICO QUIMICO							
MUESTRA	ENSAYOS						
	PH	DBO	DQO	SOLIDOS EN SUSPENSION	ACEITES Y GRASAS	NITROGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL
	UNIDAD						
	Valor PH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AFLUENTE	7.32	401.20	836.30	168.40	11.51	10.50	6.40
EFLUENTE	7.15	312.20	635.70	78.80	5.32	6.90	4.00



Ing. P. Junior Alchichana Mamani  
 RESIDENTE DE SERVICIO DE LA GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Erik Salvador ESPILLICO CONDORI  
TRABAJO DE INVESTIGACION

PRODUCTO : Aguas Residuales

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 04/10/2013

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : C.C. Alto Ayraccollana – Espinar

CANTIDAD DE LAS MUESTRAS : 02

FORMA DE PRESENTACION : Envase de polietileno (Botella de plástico)

ENSAYOS SOLICITADOS : Análisis Microbiológico

FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 04/10/2013

CENTRO DE ANALISIS : Laboratorio de Microbiología -  
Medicina Humana

RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
AFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	1.83 E+04 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.92 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
EFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	9.35 E+03 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.28 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINAM		
Coliformes Termotolerantes 10,000 NMP/100 mL		

BALDUINO FORGIÓ PRÁNCIOS FRISANCHO  
C.B.P. Nº 2125  
BIOLOGO



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**

GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
"LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"

"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

INFORME DE ENSAYO	
N° LVCH-0226-2013	
SOLICITANTE	Bach. Ing° Erik Salvador Espillico Condori
AREA A LA QUE PERTENECE	No aplica
DIRECCION	No aplica
RUC	No aplica
N° DE SOLICITUD DE SERVICIO	N° LVCH-0226-2013
PRODUCTO	Aguas Residuales
IDENTIFICACION COMERCIAL	No aplica
FECHA DE PRODUCCION	No aplica
FECHA DE VENCIMIENTO	No aplica
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	01/11/13
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	Comunidad Alto Ayraccollana
TOMA DE MUESTRA REALIZADA POR	Personal del proyecto
CANTIDAD DE LAS MUESTRAS	02 L.
FORMA DE PRESENTACION	Envase de polietileno (Botella de plástico), Envase de bebidas San Luis esterilizada
FECHA DE RECEPCION	01/11/13
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	01/11/13
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis Físicoquímicos
PERIODO DE CUSTODIA	No aplica
Nro. DE MUESTRAS	02
CENTRO DE ANALISIS	Laboratorio Virgen de Chapi – Municipalidad Provincial de Espinar





**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**  
 GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
 "LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"



"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

**RESULTADOS**

ANALISIS FISICO QUIMICO							
MUESTRA	ENSAYOS						
	PH	DBO	DQO	SOLIDOS EN SUSPENSION	ACEITES Y GRASAS	NITROGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL
	UNIDAD						
	Valor PH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AFLUENTE	7.35	412.90	844.90	162.50	11.87	9.20	5.90
EFLUENTE	7.12	317.60	634.00	77.90	5.92	6.10	3.70





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO**  
**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA**



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Erik Salvador ESPILLICO CONDORI  
TRABAJO DE INVESTIGACION

PRODUCTO : Aguas Residuales

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 01/11/2013

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : C.C. Alto Ayraacollana – Espinar

CANTIDAD DE LAS MUESTRAS : 02

FORMA DE PRESENTACION : Envase de polietileno (Botella de plástico)

ENSAYOS SOLICITADOS : Análisis Microbiológico

FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 01/11/2013

CENTRO DE ANALISIS : Laboratorio de Microbiología -  
Medicina Humana

RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
AFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	1.75 E+04 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.85 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
EFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	9.23 E+03 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.24 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM		
Coliformes Termotolerantes 10,000 NMP/100 mL		

BALBINO LORGIO PALACIOS FRISANCHO  
C.B.P. N° 2125  
BIOLOGO



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**

GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS  
"LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"

"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"

INFORME DE ENSAYO	
N° LVCH-0251-2013	
SOLICITANTE	Bach. Ing° Erik Salvador Espillico Condori
AREA A LA QUE PERTENECE	No aplica
DIRECCION	No aplica
RUC	No aplica
N° DE SOLICITUD DE SERVICIO	N° LVCH-0251-2013
PRODUCTO	Aguas Residuales
IDENTIFICACION COMERCIAL	No aplica
FECHA DE PRODUCCION	No aplica
FECHA DE VENCIMIENTO	No aplica
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	06/12/13
PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS	Comunidad Alto Ayraccollana
TOMA DE MUESTRA REALIZADA POR	Personal del proyecto
CANTIDAD DE LAS MUESTRAS	02 L.
FORMA DE PRESENTACION	Envase de polietileno (Botella de plástico), Envase de bebidas San Luis esterilizada
FECHA DE RECEPCION	06/12/13
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	06/12/13
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis Físicoquímicos
PERIODO DE CUSTODIA	No aplica
Nro. DE MUESTRAS	02
CENTRO DE ANALISIS	Laboratorio Virgen de Chapi – Municipalidad Provincial de Espinar





**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE ESPINAR**

GERENCIA DE SERVICIOS PUBLICOS

"LABORATORIO VIRGEN DE CHAPI"

"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"



Con el pueblo por delante

**RESULTADOS**

ANALISIS FISICO QUIMICO							
MUESTRA	ENSAYOS						
	PH	DBO	DQO	SOLIDOS EN SUSPENSION	ACEITES Y GRASAS	NITROGENO TOTAL	FOSFORO TOTAL
	UNIDAD						
	Valor PH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
AFLUENTE	7.39	405.20	851.30	178.30	12.45	9.20	5.80
EFLUENTE	7.22	314.40	654.70	86.10	5.98	6.30	3.70





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
FACULTAD DE MEDICINA HUMANA



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA**

RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE : Bach. Ing. Erik Salvador ESPILLICO CONDORI  
TRABAJO DE INVESTIGACION

PRODUCTO : Aguas Residuales

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 06/12/2013

PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS : C.C. Alto Ayraccollana – Espinar

CANTIDAD DE LAS MUESTRAS : 02

FORMA DE PRESENTACION : Envase de polietileno (Botella de plástico)

ENSAYOS SOLICITADOS : Análisis Microbiológico

FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 06/12/2013

CENTRO DE ANALISIS : Laboratorio de Microbiología -  
Medicina Humana

RESULTADO ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
AFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	1.88 E+04 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.96 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
EFLUENTE	Numeración de Coliformes Totales (NMP)	9.62 E+03 Col. Tot. / 100 ml.
	Coliformes Fecales (NMP)	1.35 E+03 Col. Fec. / 100 ml.
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM		
Coliformes Termotolerantes 10,000 NMP/100 mL		

BACIRINO LORGIO PALACIOS FRISANCHO  
C.B.P. N° 2125  
BIOLOGO

## **ANEXO 3**

### **NORMAS LEGALES**

El Peruano

Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

**Artículo 5°.-** La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN  
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

## AMBIENTE

### Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

DECRETO SUPREMO  
N° 003-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

**Artículo 1°.-** Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

**Artículo 2°.-** Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

**Artículo 3°.-** Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

**Artículo 4°.-** Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

El Peruano

Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

**Artículo 5°.-** La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN  
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

## AMBIENTE

### Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

DECRETO SUPREMO  
N° 003-2010-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 5) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

**Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

**Artículo 2°.- Definiciones**

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

**Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR**

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

**Artículo 4°.- Programa de Monitoreo**

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

415676

**NORMAS**

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

**Artículo 5°.- Resultados de monitoreo**

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

**Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción**

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

**Artículo 7°.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL**

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**ANEXO**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	en mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2