

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Capacidad de remoción de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO**

**PRESENTADO POR:  
VÁSQUEZ GUTIÉRREZ, Saida**

**AYACUCHO- PERÚ  
2012**

*A Saturnina y Teodosio, mis padres, por su  
incondicional amor y apoyo.*

*A Dennis y Rodrigo por su  
amor, apoyo y compañía.*

## **AGRADECIMIENTO**

Especial agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus claustros durante los años de formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, en especial a la Escuela de Formación Profesional de Biología y a todos los docentes por su invaluable contribución y dedicación en mi formación académica.

Mi agradecimiento, respeto y admiración a mi asesor Dr. Saúl Alonso Chuchón Martínez, por el apoyo en el presente trabajo de investigación, compartiendo sus conocimientos, experiencias y orientaciones que hicieron posible el desarrollo y su culminación.

Un agradecimiento a los responsables del área de Saneamiento Ambiental de las Municipalidades Distritales de la Provincia de Huamanga, por su colaboración para hacer posible los muestreos respectivos y la culminación del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	v
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Agua Residual	5
2.3. Características de las aguas residuales	6
2.4. Tipos de tratamiento	8
2.4.1. Tratamientos preliminares	9
2.4.2. Tratamientos primarios	10
2.4.3. Tratamientos secundarios	12
2.4.4. Tratamientos terciarios	16
2.5. Parámetros de control	18
2.5.1. Parámetros físicos-químicos	18
2.5.2. Parámetros biológicos	20
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1. Población objetivo de trabajo	22
3.1.1. Ubicación	22
3.1.2. Puntos de muestreo	22
3.1.3. Número de muestras y frecuencia de muestreo	23
3.1.4. Muestreo	23
3.2. Determinación de coliformes fecales	23
3.3. Determinación de BDO <sub>5</sub>	24
3.4. Determinación de la capacidad de remoción	26
3.5. Análisis de datos	27
<b>IV. RESULTADOS</b>	28
<b>V. DISCUSIÓN</b>	36
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	44
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	47
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	48
<b>ANEXO</b>	52



**Capacidad de remoción de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.**

**Autor: Bach. Saida VÁSQUEZ GUTIÉRREZ**

**Asesor: Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ**

**RESUMEN**

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de evaluar la capacidad de remoción de coliformes fecales (CF) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de los distritos de: Acosvinchos, Tambillo, Quinoa, Pacaycasa, Vinchos, Socos y Jesús Nazareno de la provincia de Huamanga, realizado en los laboratorios de la Escuela de Formación Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Las muestras fueron tomadas al ingreso y salida de las plantas de tratamiento. Se realizó la numeración de CF según los procedimientos de la APHA.AWWA.WPCP. 1992, por la técnica de tubos múltiples usando Medio A1 y la determinación de la DBO<sub>5</sub> por el método clásico midiendo el oxígeno disuelto inicial y final por el método Winkler, según los procedimientos de Rodier, 1981.

En los muestreos respectivos se constató que la mayoría de las PTAR no se encuentran operativas por deficiencias básicamente en su construcción, encontrándose que cuatro de las diez plantas cuentan con afluentes y efluentes, determinando en éstos el porcentaje de remoción para CF y DBO<sub>5</sub> con la fórmula  $((\text{Valor del afluente} - \text{Valor del efluente})/\text{Valor del afluente}) * 100$ , reportando los valores más altos la planta del distrito de Jesús Nazareno "La Titora" con 99.993% y de 90.178 % respectivamente y los valores más bajos de 92.143 % y 18.905% respectivamente para la planta del distrito de Pacaycasa- Huayllapampa.

Concluyendo que los efluentes de las cuatro PTAR no cumplen con los parámetros de los Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR domesticas según el D.S. N° 003-2010-MINAM para coliformes fecales y la planta del distrito de Pacaycasa- Huayllapampa para la DBO<sub>5</sub>.

**Palabras clave:** Agua residual, capacidad de remoción, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno.

**Removal capacity of fecal coliform and biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>)  
Treatment Plant Wastewater Huamanga province. Ayacucho, September 2011  
to January 2012.**

**Author: Bach. Saida VASQUEZ GUTIERREZ**

**Advisor: Dr. Saul Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ**

**ABSTRACT**

This work was developed in order to evaluate the removal capacity of fecal coliforms (FC) and biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) of the Water Treatment Plant (WWTP) in the districts of: Acosvinchos, Tambillo, Quinoa, Pacaycasa, Vinchos, Socos and Jesus Nazareno the Huamanga province, conducted in the laboratories of the Vocational School of Biology at the University of San Cristobal the Huamanga.

Samples were taken at entry and exit of the treatment plants. Was performed according to the numbering the CFPHA.AWWA.WPCP procedures. 1992, by the technique of using multiple tube A1 and Middle the BOD<sub>5</sub> by determining the classical method by measuring the initial and final dissolved oxygen by Winkler method according to procedures Rodier, 1981.

In the respective samples was found most WWTP plants are not operating primarily for deficiencies in construction, found that four of the ten plants have influent and effluent, determining the percentage of these CF and BOD<sub>5</sub> removal to the formula  $(\text{value of affluent} - \text{value of effluent}) / \text{value of tributary} * 100$ , reporting the highest values of plant in the district of Jesus Nazareno "the Totorá" with 99,993% and 90,178% respectively and the lowest values of 92,143% and 18,905% respectively for district plant Huayllapampa - Pacaycasa.

Concluding that the WWTP effluent of the four parameters meet with not permissible limits for WWTP effluent domestic according the D.S. N°003-2010-MINAM for fecal coliform and plant District Pacaycas - Huayllapampa to BOD<sub>5</sub>.

**Keywords:** waste water, removal capacity, fecal coliforms, biochemical oxygen demand.

## I. INTRODUCCIÓN

Gran cantidad de aguas residuales pasan directamente a contaminar los cuerpos de agua que se usan para la agricultura, pesca, recreación e incluso para el abastecimiento de agua potable, esto constituye un peligro para la salud pública y deterioro del ambiente. Cuando las aguas residuales sin tratar son vertidas a los cuerpos de agua, el hábitat de la vida acuática se verá afectada por la acumulación de sólidos, el oxígeno disminuirá por la descomposición aerobia de la materia orgánica, y los organismos acuáticos pueden perjudicarse aun más por la presencia de sustancias tóxicas, lo que puede extenderse hasta los organismos superiores por la bioacumulación en la cadena alimentaria. Por ello la necesidad de tratar aguas residuales y cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental.

En el Perú, en los últimos años, se han construido plantas de tratamiento con fin de reducir contaminantes que representan un elevado riesgo de infección parasítica, vírica y bacteriana. La Ley General de Aguas, en su Artículo 22º, establece la prohibición de verter cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que puedan contaminar las aguas, causar daños, poner en peligro la salud humana o el normal

desarrollo de la flora y fauna, o comprometer su empleo para otros usos. Y señala que dichas descargas deberán ser sometidas al tratamiento previo que sea necesario.

En la región Ayacucho, existen muchas plantas de tratamiento de aguas residuales, supervisadas por las municipalidades distritales. Actualmente en muchas de estas plantas no se conocen su capacidad de remoción de contaminantes y las aguas son vertidas a los cuerpos receptores poniendo en riesgo la salud de los pobladores de la región, ya que éstas son usadas para riego de vegetales y también para bebida de animales.

Por tal motivo, se plantea el presente trabajo de investigación teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Determinar la capacidad de remoción de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de las diez (10) Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la provincia de Huamanga. Ayacucho setiembre de 2011 a enero de 2012.

### **Objetivos Específicos**

- Cuantificar coliformes fecales en afluentes y efluentes de las diez (10) Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la provincia de Huamanga.
- Medir la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) en afluentes y efluentes de las diez (10) Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la provincia de Huamanga.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES**

El estudio de aguas residuales se inicia en Alemania en 1550 con la utilización de estas aguas en la agricultura. En el siglo XIX en Inglaterra la epidemia del cólera trae como resultado la construcción de los sistemas de alcantarillado para el tratamiento y la evacuación de las agua residuales (Metcalf y Eddy, 1977).

En la región de América Latina y el Caribe, durante la década de 1950 se trató de imitar la tecnología de los países desarrollados y se construyeron plantas con tratamiento primario (sedimentación) y secundario (tratamiento biológico con filtros o lodos activados), también la instalación de letrinas y de tanques sépticos (Mérida, 1997).

Aybar (2005) en la investigaciones de la capacidad de remoción de coliformes totales, coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá", realizado durante

los meses de marzo a julio del 2005, indican que el promedio del número más probable de coliformes fecales en el ingreso a la planta es de  $9.91 \times 10^8$  y la salida de  $1.29 \times 10^5$ . También indica que el promedio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el ingreso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" es de 340 mg/L y a la salida es de 46.35 mg/L, concluyendo que los niveles de coliformes totales y DBO<sub>5</sub> están por encima de los valores de calidad de agua para la Clase III ( $1.0 \times 10^3$  NMP/100mL y 15 mg/L DBO<sub>5</sub>). Y el porcentaje de remoción de 99.985 para coliformes fecales y de 86.2 % para DBO<sub>5</sub>.

En otras investigaciones realizada por Tinco ( 2007) en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ichpico-Huanta, en el año 2005 y entre los meses de abril a agosto, indica que el porcentaje promedio de remoción es de un de 99.995 % para coliformes totales, de 99.982 % para coliformes fecales y de 63.63 % para la DBO<sub>5</sub>. También indica que el promedio mensual del Número Más Probable de coliformes fecales en el ingreso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ichpico, es de  $1.2 \times 10^9$  y de salida  $3.1 \times 10^4$  estando los valores por debajo de parámetros de la Ley General de Aguas para la Clase III. ( $1.0 \times 10^3$  NMP/100mL). El promedio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el ingreso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ichpico, es de 172.5 mg/L y efluente con 63 mg/L, indicando que los niveles de DBO<sub>5</sub> están por encima de los valores de calidad de agua. Ley General de Aguas para la Clase III (15 mg/L DBO<sub>5</sub>).

Martínez (2007) en el trabajo realizado en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá” en el trabajo realizado entre los meses de abril a setiembre del 2007 concluye que la población algal presente en las lagunas facultativas 1 y 2 incrementan los valores de la DBO<sub>5</sub> y de los sólidos suspendidos totales, alterando los valores en un 19%.

En el trabajo realizado por Medina (2011) en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá”, encuentra una concentración promedio en el afluente es de 129.66 mg/L grasas registradas durante los meses de agosto a octubre del año 2010 y en el efluente una concentración de 54.34 mg/L lo cual indica que no cumple con los Límites Máximos Permisibles de las descargas para agua residual (D.S. N°021-2009-vivienda) y los Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (D.S. N° 003-2010 MINAM). Además que la capacidad de remoción de grasas y aceites de planta es de 58.39 %, lo cual indica que la capacidad de remoción de la planta es mínima.

## **2.2. AGUA RESIDUAL**

Desde el punto de vista de su origen, las aguas residuales pueden definirse como una combinación de desechos líquidos provenientes de viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que pudieran agregarse a las anteriores (Metcalf y Eddy, 1995).

Las aguas residuales son aquellas aguas que se han canalizado a los núcleos urbanos, aquellas provenientes de usos domésticos (inodoros, fregaderos, lavadoras, lavados, friegaplatos y baños) y que además pueden contener algún residuo de los arrastres de las aguas de las lluvias por una parte y de pequeñas actividades industriales por otra (Ramalho, 1996).

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante un sistema de alcantarillado (Romero, 2004).

Residuo líquido producto de la actividad humana (agua residual doméstica) y diferentes actividades agrícolas e industriales (Atlas y Bartha, 2002).

### **2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Los contaminantes de las aguas servidas municipales o aguas servidas domésticas, son los sólidos suspendidos y disueltos que consisten en: materias orgánicas e inorgánicas, nutrientes, aceites y grasas, sustancias tóxicas, y microorganismos patógenos. Los desechos humanos sin un tratamiento apropiado, eliminados en su punto de origen o recolectados y transportados, presentan un peligro de infección parasitaria (mediante el contacto directo con la materia fecal), hepatitis y varias enfermedades gastrointestinales, incluyendo el cólera y tifoidea (mediante la contaminación de la fuente de agua y la comida). (Atlas y Bartha, 2002).



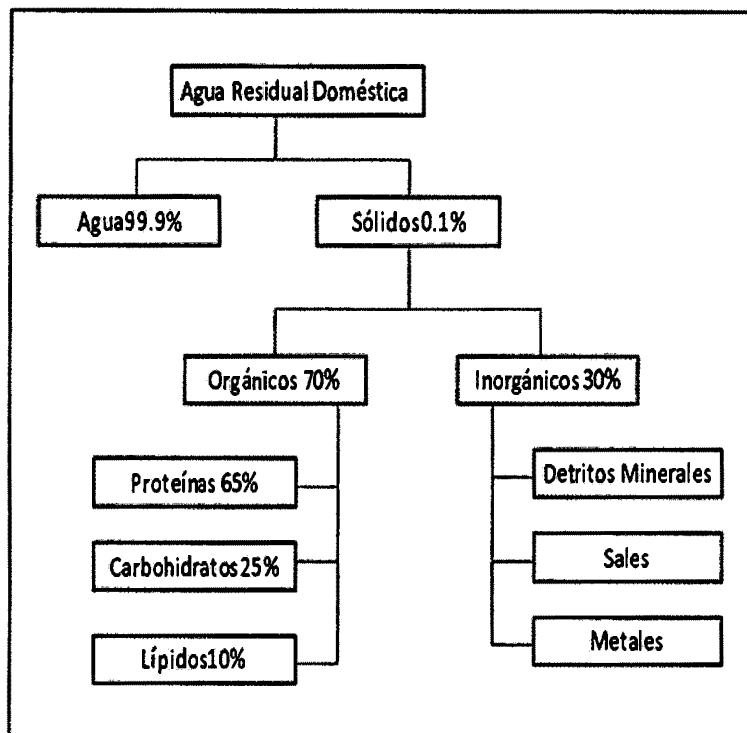


Figura Nº 01: Composición de aguas residuales domésticas (Tebbutt, 1995)

### 2.3.1. Características físico-químicas

Las aguas servidas están formadas por un 99% de agua y 1% de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos. Los sólidos inorgánicos están formados principalmente por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc. Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, es decir, los que contienen nitrógeno en su molécula, son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones (Tebbutt, 1997).

### 2.3.2. Características biológicas

Las bacterias constituyen el grupo más importante de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales, utilizando sustrato en solución, son heterótrofas o autótrofas, aerobias, anaerobias y facultativas. Un centímetro cúbico de agua residual puede contener miles de millones de bacterias (Romero, 2004).

Los principales grupos de organismos patógenos que se pueden encontrar en aguas residuales son: (Metcalf y Eddy, 1995).

- Bacterias (*E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, etc.)
- Parásitos (protozoarios: *Entamoeba*, *Balantidium coli*, *Giardia lamblia*, etc y helmintos: *Ascaris lumbricoides*, *T. solium*, *Trichuris trichiura*, etc.)
- Virus (Hepatitis A, Adenovirus, etc.)

### 2.4. TIPOS DE TRATAMIENTOS PARA AGUAS RESIDUALES

El mantener la calidad del agua significa que las aguas naturales no pueden sobrecargarse con nutrientes orgánicos e inorgánicos o con sustancias tóxicas nocivas o inaceptables desde el punto de vista ético (Atlas y Bartha, 2002).

La autodepuración como fundamento del tratamiento del agua residual implica que los microorganismos acuáticos heterótrofos utilizan y mineralizan los nutrientes orgánicos. El amonio se nitrifica y junto con otros

nutrientes inorgánico, es utilizada e inmovilizada por las algas y las plantas acuáticas superiores. Las poblaciones de bacterias entéricas y otros patógenos se reducen y finalmente son eliminados por depreciaciones de competencia y de predación ejercida por las poblaciones acuáticas autóctonas (Atlas y Bartha, 2002).

El proceso de autodepuración es inherente a los cuerpos de agua, ocurre gracias a la presencia de diversos microorganismos como bacterias y algas, que descomponen los desechos, transformándolos en sustancias simples tales como dióxido de carbono, nitrógeno, entre otros, además de ciertos microorganismos que absorben algunas sustancias inorgánicas. Sin embargo, el proceso usual del tratamiento de aguas residuales domésticas puede dividirse en las siguientes etapas (N.T. OS.090, 2009): tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

#### **2.4.1. Tratamiento preliminar**

Consiste en la eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de las maquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora.

En el pre tratamiento se efectúa un desbaste (rejas) para la eliminación de las sustancias de tamaño excesivo y un tamizado para eliminar las partículas en suspensión. Un desarenado, para eliminar las arenas y sustancias sólidas

densas en suspensión y un desengrasado para eliminar los aceites presentes en el agua residual así como elementos flotantes (FONAM. 2010).

#### **2.4.2. Tratamiento primario**

El tratamiento primario es básicamente de tipo físico y/o biológico, el tratamiento que reciben las aguas residuales consiste principalmente en la remoción de sólidos suspendidos bien mediante sedimentación o floculación, en la neutralización de la acidez o alcalinidad excesivas y en la remoción de compuestos inorgánicos mediante precipitación química. Entre los principales procesos y operaciones del tratamiento primario están:

- **Tanques de sedimentación**

Se denominan tanque de sedimentación, aquellos que reciben aguas residuales crudas. El objetivo fundamental de la sedimentación primaria es remover de las aguas residuales aquella fracción de los sólidos que es sedimentable, además de la carga orgánica asociada con dichos sólidos. Las formas puede ser rectangulares, circulares o cuadradas (Romero, 2004).

Existe la sedimentación primaria, que es uno los procesos más usados en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, bien sea como tratamiento único o como tratamiento preliminar al tratamiento biológico. Es necesario mencionar que las variaciones bruscas de temperatura del agua, así como las características de cada agua residual puede afectar considerablemente la eficiencia del tanque en la remoción de sólidos sedimentables. (Romero, 2004).

- **Tanques Imhoff**

El tanque Imhoff tiene la finalidad la remoción de sólidos suspendidos, ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara; para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas (Romero, 2004).

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas (FONAM. 2010).

- **Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)**

Es un tipo de tratamiento donde la biomasa permanece como una película adherida y porque como el flujo es ascendente, el riesgo de taponamiento es mínimo. Está constituido por un tanque o columna, relleno con un medio sólido para el soporte del crecimiento biológico anaerobio. El agua residual es puesta en contacto con el crecimiento bacteriano adherido al medio y como las bacterias son retenidas no salen en el efluente. Los filtros anaerobios también pueden ser útiles para desnitrificar efluentes ricos en nitratos o como pre tratamiento en las plantas de purificación de aguas (Romero, 2004).

- **Digestión primaria de lodos**

En la decantación se producen lodos. Estos lodos están compuestos por agua y partículas sólidas. Estos lodos pueden entrar rápidamente en putrefacción y producir, además, malos olores. En tal sentido, la digestión de los lodos primarios requiere de sistemas que garanticen tiempos de detención de sólidos superiores a los 25 días cuando se tienen aguas residuales con temperaturas promedio entre los 20-25°C (FONAM, 2010).

#### **2.4.3. Tratamiento Secundario**

La finalidad del tratamiento secundario es la reducción de la materia orgánica presente en las aguas residuales una vez superada las fases de pre tratamiento y tratamiento primario. El tratamiento secundario o biológico ha sido diseñado, tomando como ejemplo el proceso biológico de autodepuración, que ocurre naturalmente en los cuerpos de agua. En estos procesos, la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales domésticas actúa como nutriente de una población bacteriana a la cual se le proporciona oxígeno y condiciones controladas, en resumen, el tratamiento biológico es por tanto una oxidación de la materia orgánica biodegradable con participación de bacterias con el fin de acelerar un proceso natural y evitar posteriormente la presencia de contaminantes y la ausencia de oxígeno en los cuerpos de agua (FONAM, 2010).

La biomasa bacteriana puede estar soportada en un lecho fijo, como superficies inertes (rocas, escoria, material cerámico o plástico) o puede

estar suspendida en el agua a tratar, siendo estos de lecho móvil o lecho fluidizado (FONAM, 2010).

- **Biofiltros**

Llamados también filtros percolares, tiene por objeto reducir la carga orgánica existente en aguas residuales domésticas o industriales. Consiste en un lecho de piedra u otro medio natural o sintético, sobre el cual se aplican las aguas residuales, con el consiguiente crecimiento de microorganismos, lama o película microbiana sobre el lecho. En un filtro percolar, las aguas residuales se riegan sobre el lecho filtrante y se deja percolar, el lecho consiste en un medio altamente permeable, al cual se adhiere los microorganismos y a través del cual el residuo líquido se infiltra (Romero, 2004).

- **Lagunas aireadas**

Son embalses de agua servida que ocupan una gran superficie de terreno, por lo que se emplean cuando éste es un bien barato. El agua servida así dispuesta se oxigena mediante aireadores superficiales o difusores sumergidos para generar oxidación bacteriana. Estos dispositivos crean una turbulencia que mantiene la materia en suspensión. El tiempo de residencia normal de este proceso es de 3 a 6 días, tiempo en que las bacterias poseen un crecimiento acelerado, dependiendo de las condiciones climáticas y aireación suficiente. Los altos valores de pH, oxígeno molecular presentes en las lagunas en horas más iluminadas del día son el producto de la actividad fotosintética de las algas (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Proceso de lodos activados**

Sistema de tipo de crecimiento suspendido después de la sedimentación, las aguas residuales, que contienen compuestos orgánicos disueltos, se introducen en un tanque de aireación. La oxigenación se realiza por inyección de aire y/o por agitación mecánica. La actividad microbiana se mantiene a altos niveles por reintroducción de la mayor parte de lodo sedimentado de ahí el nombre del proceso.

Durante el periodo de almacenamiento en el tanque de aireación, tiene lugar un desarrollo vigoroso de microorganismos heterótrofos. Predominan las bacterias Gram negativas, siendo los coliformes, pseudomonas los que se aíslan con más frecuencia. Las bacterias se encuentran individualmente en suspensión libre y también agrupada en flóculos. Estas bacterias mineralizan un parte de los sustratos orgánicos disueltos. Otra parte se convierte en biomasa microbiana (Atlas y Bartha, 2002).

- **Procesos anaerobios**

También podemos considerar en los procesos anaerobios que consiste en una serie de procesos microbiológicos que ocurre dentro de un recipiente hermético, que realizan la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos, pero es desarrollado principalmente por bacterias.

Los tratamientos anaerobios de depuración de aguas residuales son más lentos y tratan el agua en un sistema sin luz, oxígeno ni movimiento.



Algunos sistemas de depuración pueden rescatar un aporte de la energía química de las aguas generando biogás. Las ventajas principales sería que generalmente requiere de instalaciones menos costosas, y no hay necesidad de suministrar oxígeno, por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor (Atlas y Bartha, 2002).

**El Tanques Séptico** consiste en uno o varios tanques o compartimientos en serie de sedimentación de sólidos. Se caracteriza porque en él la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo tanque, acondicionando las aguas residuales para su disposición sub - superficial. El tanque séptico debe ser completamente hermético, de material no corrosivo como: concreto, material cubierto, arcilla vitrificada, etc. (Romero, 2004).

La función de los tanques sépticos es eliminar sólidos suspendidos y materia flotante, realiza el tratamiento anaerobio de los lodos sedimentados, almacena lodos y material flotante, donde la remoción de la DBO en un tanque séptico puede ser de 30 al 50%, grasas y aceites un 70 a 80%, de fosforo un 15% y de un 50 a 70% de sólidos suspendidos (Romero, 2004).

#### **2.4.4. Tratamiento Terciario**

El tratamiento terciario es de tipo biológico y químico, es una etapa final que permite aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.). Tienen como objetivo la eliminación de contaminantes orgánicos no biodegradables (clorfenoles, difenilospoliclorados y otros contaminantes

sintéticos) y de nutrientes minerales no biodegradables. El tratamiento terciario es necesaria debido a la toxicidad potencial de estos compuestos (Atlas y Bartha, 2002).

- **Filtración**

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales (FOMAN, 2010).

- **Lagunaje**

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotífera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas. El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos (FOMAN, 2010).

- **Desinfección**

Es el paso final en la depuración de las aguas residuales, diseñada para matar las bacterias y los virus enteropatógenos que no se han eliminado durante las etapas previas del tratamiento. Normalmente la desinfección se realiza por cloración, bien usando cloro gaseoso ( $Cl_2$ ) o hipoclorito de sodio

(Ca (OCl))<sub>2</sub> o NaOCl). El cloro y el hipoclorito reaccionan con el agua para formar ácido hipocloroso o ión hipoclorito y ácido clorhídrico. Se puede medir la concentración total del ácido hipocloroso o ión hipoclorito como cloro libre residual. El hipoclorito es un oxidante fuerte, lo que constituye la base de la acción antibacteriana (Atlas y Bartha, 2002).

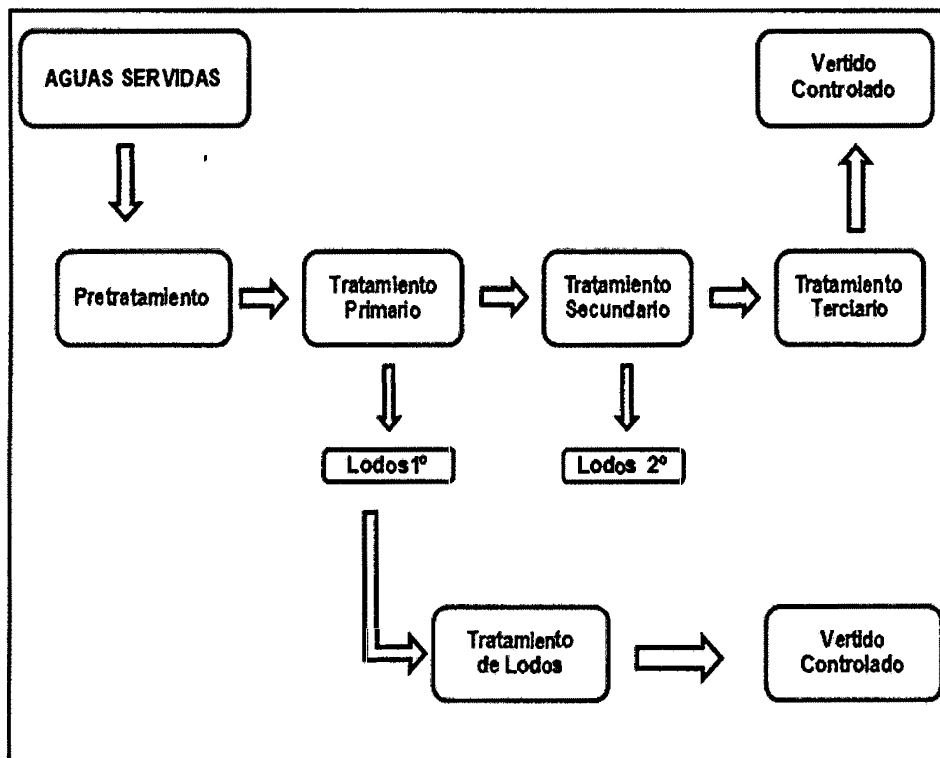


Figura N° 02. Secuencia completa de PTAR domésticas (FONAM 2010)

## 2.5. PARÁMETROS DE CONTROL

### 2.5.1. Parámetros físico –químicos

- pH

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como  $\text{pH} = \log (1/[\text{H}^+])$ . Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la

solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua (Metcalf y Eddy, 1995).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. En general se refiere al oxígeno consumido en 5 días (DBO<sub>5</sub>) incubada a 20 °C y se mide en ppm de O<sub>2</sub>. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En las aguas residuales industriales su concentración es totalmente dependiente del proceso de fabricación pudiendo alcanzar varios miles de ppm. Su eliminación se realiza por procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Si existe suficiente oxígeno disuelto, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuara hasta que el desecho se haya consumido. Durante este proceso tres actividades pueden ocurrir: Primero: una parte del desecho se oxida a productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevos tejido celular. Segundo: otra fracción se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Tercero. Cuando se consume la energía orgánica las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular conocida como respiración endógena (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Temperatura**

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico o industrial. La medición de la temperatura es importante ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. La temperatura en aguas residuales varía de estación en estación y también con la posición geográfica.

La temperatura es un parámetro es un parámetro muy importante afecta directamente a las reacciones químicas y las velocidades de reacción (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- **Caudal**

Normalmente las plantas están diseñadas para tratar un volumen de agua constante, lo cual debe adaptarse a que el agua servida producida por una comunidad no es constante. Hay horas, generalmente durante el día, en las que el volumen de agua producida es mayor, por lo que deben instalarse sistemas de regulación de forma que el caudal que ingrese al sistema de tratamiento sea uniforme. También está influenciada por el crecimiento poblacional y zonas comerciales (Metcalf y Eddy, 1995).

Entre otros parámetros de control para aguas superficiales destinadas para recreación, riego de vegetales y bebida de animales tenemos: demanda

química de oxígeno, cloruros, bicarbonatos, nitratos, oxígeno disuelto, etc (D.S. N° 002-2008-MINAN).

### 2.5.2. Parámetros Biológicos

En aguas residuales se usa el ensayo de numeración de coliformes fecales, bacterias que producen gas a 44.5 °C en 24 horas como indicador de contaminación, los cuales constituyen los mejores indicadores de la presencia de posible de patógenos.

- **Coliformes totales**

Son bacilos Gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no formadores de esporas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas después de la incubación a 24-48 horas a 35 - 37 °C.

Los coliformes son un grupo de bacterias que incluye los géneros de *Escherichia* y *Aerobacter*. Por constituir un grupo muy numeroso  $2 \times 10^{11}$  organismos por persona por día, en los excrementos humanos, se usan como indicadores de contaminación (Romero, 2004).

- **Coliformes termotolerantes**

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaces de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se

considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos coliformes son capaces de multiplicarse en el agua (Madigan y col., 1997).

Otros parámetros biológicos para el control de aguas destinadas para recreación, riego de vegetales y bebida de animales según el D.S. N° 002-2008 son: enterococos, *Escherichia coli*, formas parasitarias, *Guardia duodenales*, *Salmonella* y *Vibrium cholerae*

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. POBLACIÓN OBJETIVO DE ESTUDIO**

##### **3.1.1. Ubicación**

En el presente trabajo los muestreos se realizaron en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la jurisdicción de los distritos de Acosvinchos, Quinua, Tambillo, Pacaycasa, Vinchos, Socos y Jesús Nazareno de la provincia de Huamanga. Los análisis de coliformes fecales y  $DBO_5$  se realizaron en los ambientes del laboratorio de Microbiología Ambiental de la Escuela de Formación Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

##### **3.1.2. Puntos de muestreo**

Se realizaron muestreos de los afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los distritos de Huamanga, estableciéndose dos puntos de muestreo por planta.



### **3.1.3. Número de muestras y frecuencia de muestreos**

Para los análisis de coliformes fecales y DBO<sub>5</sub> se tomaron un total de 80 muestras, donde 58 muestras corresponden a afluentes y 22 a efluente. Ya que seis de las PTAR presentan solo afluente y cuatro de ellas afluente y efluente. Se tomaron 2 muestras por cada punto de muestreo en tres estaciones diferentes correspondientes a los meses de setiembre, noviembre del 2011 y enero de 2012.

### **3.1.4. Muestreo**

Los muestreos de los afluentes y efluentes se realizaron teniendo en cuenta las medidas de bioseguridad, para cual fue necesario el uso de guantes descartables y mascarilla, y para la toma de muestra fue necesario un envase de plástico de boca ancha sujetado con una soga.

Los muestreos se realizaron entre la 7 y 13 horas, las muestras fueron empacadas en una bolsa plástica y colocadas entre bloques de hielo dispuestas en un cooler para su transporte inmediato y procesadas en el laboratorio.

## **3.2. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES**

El procedimiento seguido por propuesto por la APHA.AWWA.WPCP (1992).

- Se prepararon los tubos con el medio A1 requerido para el ensayo, 5 tubos para cada serie de diluciones.
- Se realizó las diluciones necesarias de la muestra.

- Se incubó en baño maría y oscuridad por un periodo de cinco días  $\pm$  4 horas a temperatura de  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}$  C.
- Se midió el oxígeno disuelto final.

#### **Determinación de oxígeno disuelto**

- Se llenó con muestra la botella de DBO con capacidad de 45 ml.
- Se añadió 0.2 ml desulfato manganoso y 0.35 ml de yoduro de potasio alcalino, por debajo del cuello de la botella. Se tapó la botella y se agitó vigorosamente.
- Se formó un precipitado de color amarillo a marrón indicando la presencia de oxígeno.
- Se dejó en reposo hasta que el precipitado se concentre en la parte inferior de la botella DBO.
- Adicionamos finalmente 0.55 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Se tomó una alícuota de la muestra preparada para su titulación con tiosulfato de sodio (0.0117 N) hasta que el color amarillo desaparezca.
- La cantidad de tiosulfato utilizado en miligramos equivale directamente a los miligramos por litro de oxígeno presente en la muestra.

#### **Fórmula para cálculos de oxígeno disuelto**

$$O_2 \text{ ml/L} = \frac{(Ct)(Vt) 8000}{V_a (Vf-2.0)/Vf}$$

Donde:

$Ct$ = Concentración del Tiosulfato

$V_t$ = Volumen gastado del tiosulfato en la titulación

$V_a$  = Volumen de la muestra tomada para la titulación

$V_f$ = Volumen de la botella DBO con su tapa

### **Cálculo de la demanda bioquímica de oxígeno**

Los datos obtenidos de oxígeno disuelto se reemplazaron en la siguiente fórmula:

$$DBO_5 \text{ (mg/L)} = \frac{[(M_1 - M_5) - (1 - P)] * (B_1 - B_5)}{P}$$

Donde:

$M_1$ = OD de la muestra después de la preparación (mg/L).

$M_5$ = OD de la muestra después de 5 días de incubación (mg/L).

$B_1$ = OD del blanco después de la preparación (mg/L).

$B_5$ = OD del control después de 5 días de incubación (mg/L).

$P$ = Fracción volumétrica decimal de la muestra empleada.

### **3.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN**

Para determinar la capacidad de remoción expresada en porcentaje de las plantas de tratamiento de aguas residuales, en los parámetros de coliformes fecales y la demanda bioquímica de oxígeno se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Remoción} = \left[ \frac{\text{Valor afluente} - \text{Valor efluente}}{\text{Valor de afluente}} \right] * 100$$

### **3.5. ANALISIS DE DATOS**

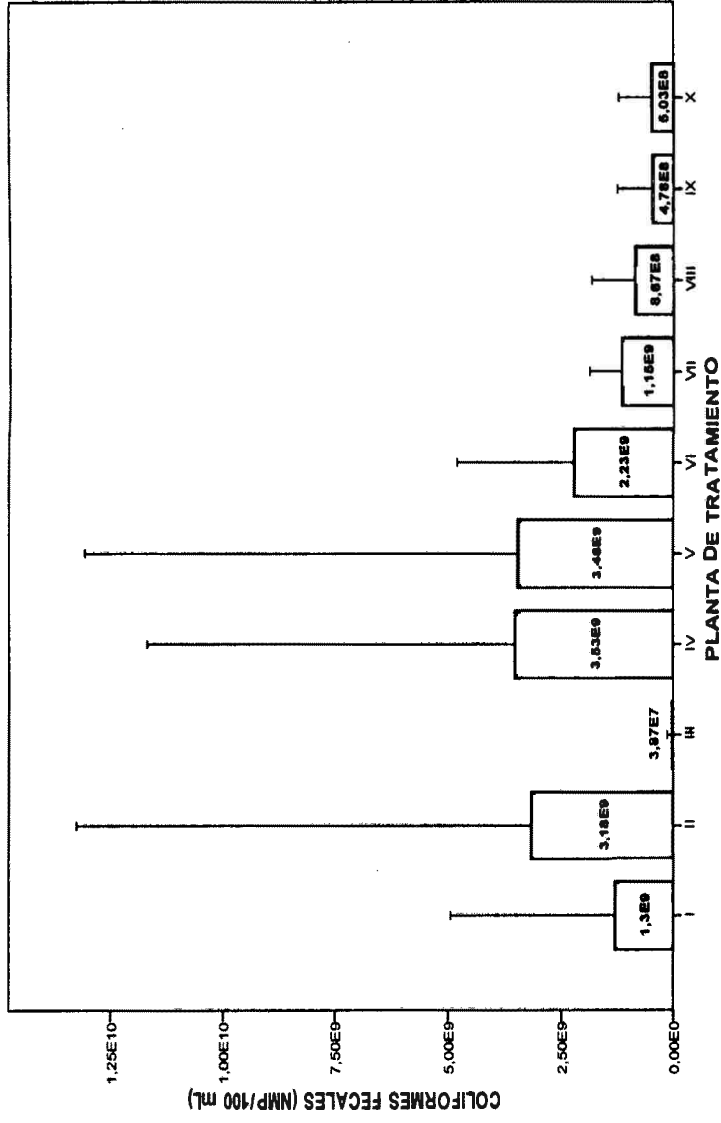
Los resultados son presentados en cuadros de resumen de las unidades operacionales de las WPTAR y gráficos, donde la diferencia de la capacidad de remoción de coliformes fecales y la demanda bioquímica de oxígeno entre las plantas de tratamiento de aguas residuales fue evaluada a través del Análisis de Varianza con un 0.05 de significancia estadística. Las comparaciones existentes entre plantas de tratamiento se realizaron a través del test de Duncan mediante el programa SPSS versión 17.0

#### **IV. RESULTADOS**

**Cuadro N° 01:** Unidades Operacionales de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la Provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre, de 2011 a enero de 2012.

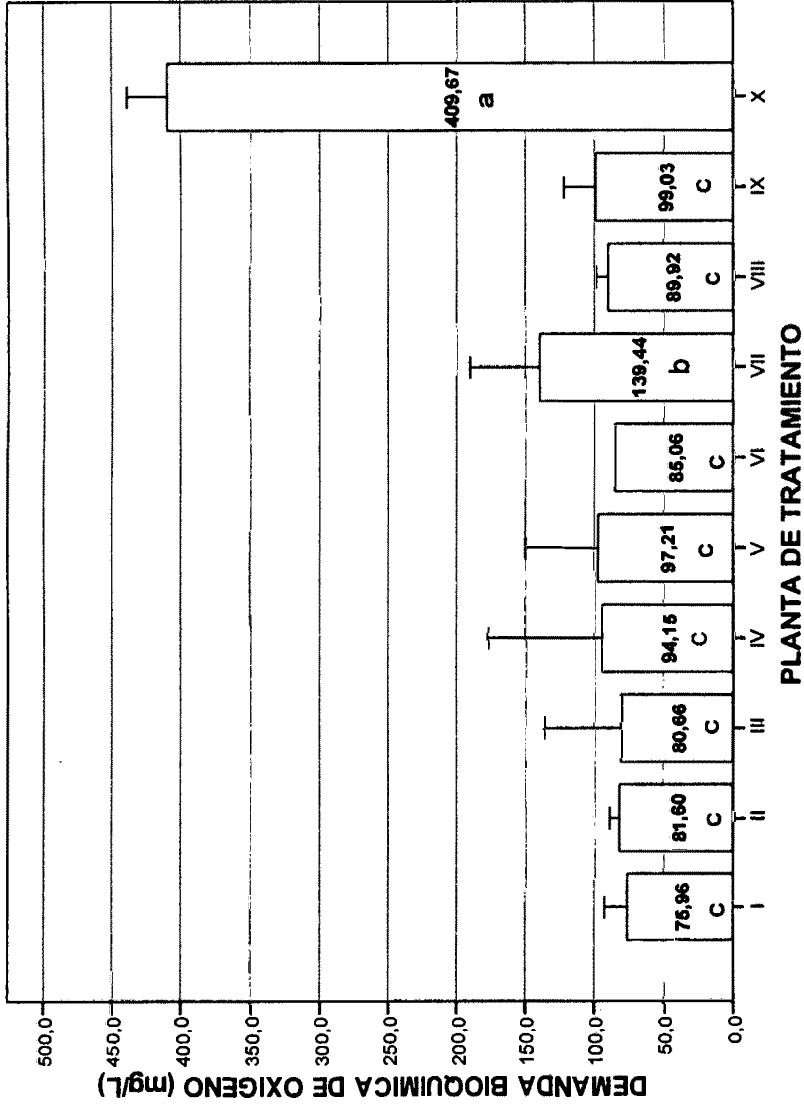
DISTRITO - LOCALIDAD	PLANTA DE TRATAMIENTO	UNIDADES OPERACIONALES DE LA PLANTA						CUERPO RECEPTOR
		PRE - TRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO	TRATAMIENTO TERCARIO	OTROS		
Acosvinchos	Laguna de Oxidación	Desarenador Distribuidor de caudales	Poza de sedimentación (2)	Laguna de oxidación(1)		Lecho de Secado para Lodos (1)	Río Tenería	
Tambillo - Muyurina	Laguna de Oxidación			Laguna de Oxidación (1)			Río Muyurina	
Quinua	Laguna de Oxidación	Desarenadores - sedimentadores (2)		Laguna de Oxidación (1)			Río Antayocasa	
Pacaycasa	Pozos Sépticos	Distribuidor de caudales (1)		Pozos Sépticos (2)			Río Pacaycasa	
Pacaycasa - Romasa	Pozos Sépticos	Distribuidor de caudales (1)		Pozo Séptico (1)		Lecho de Secado para lodos Inconclusa (1)	Río Ocopa	
Pacaycasa - Orcasitas	Pozos Sépticos	Desarenadores (2) Distribuidor de caudales(1)		Pozo Séptico (1)		Lecho de Secado para lodos Inconclusa (1)	Río Ocopa	
Pacaycasa - Huayllapampa	Poza de Oxidación		Poza de Sedimentación (1)	Poza de oxidación (1) Inconclusa			Río Ocopa Bajo	
Vinchos	Laguna de Oxidación	Desarenadores (1) Distribuidor de caudales (1) Camara de Rejas		Lagunas de Oxidación (2)			Río Vinchos	
Socos	Laguna de Oxidación	Camara de rejas (1) Distribuidor de caudales (1) Desarenador (1)		Laguna primaria (1) Lagunas facultativas (2)			Río Ccollo	
Jesús Nazareno	PTAR "La Totorá"	Medidor de caudal Camara de rejas Desarenador Desengrasador	Tanque Inhoff (06)	Filtros percolares (04) Lagunas facultativas (2)	Laguna de Maduración (1) Laguna de Cloración (1)	Lechos de secado para lodos (12)	Río Alameda	

Leyenda : (1), (2), (4), (6) y (12): Número de Unidades



**Gráfico N° 01:** Valores medios y desviación típica del número de coliformes fecales (NMP/100mL) hallados en los afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

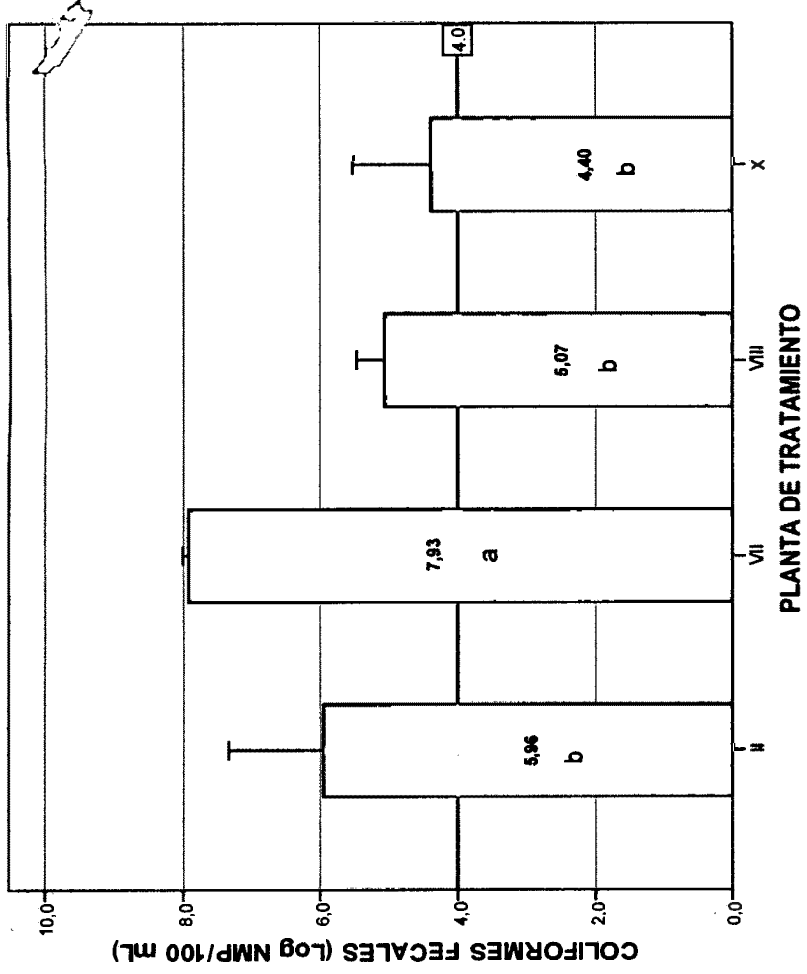
**Leyenda:** I. Acosvinchos; II. Tambillo; Muyurina; III. Quinua; IV. Pacacasa; V. Pacaycasa; Romasa; VI. Pacaycasa; Orcasitas; VII. Pacaycasa; Huayllapampa; VIII. Vinchos; IX. Socos; X. Jesús Nazareno: "La Titora"  
 Fc= 0.707; gl = 9; p 0.696



**Gráfico N°02:** Valores medios y desviación típica de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) hallados en los afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

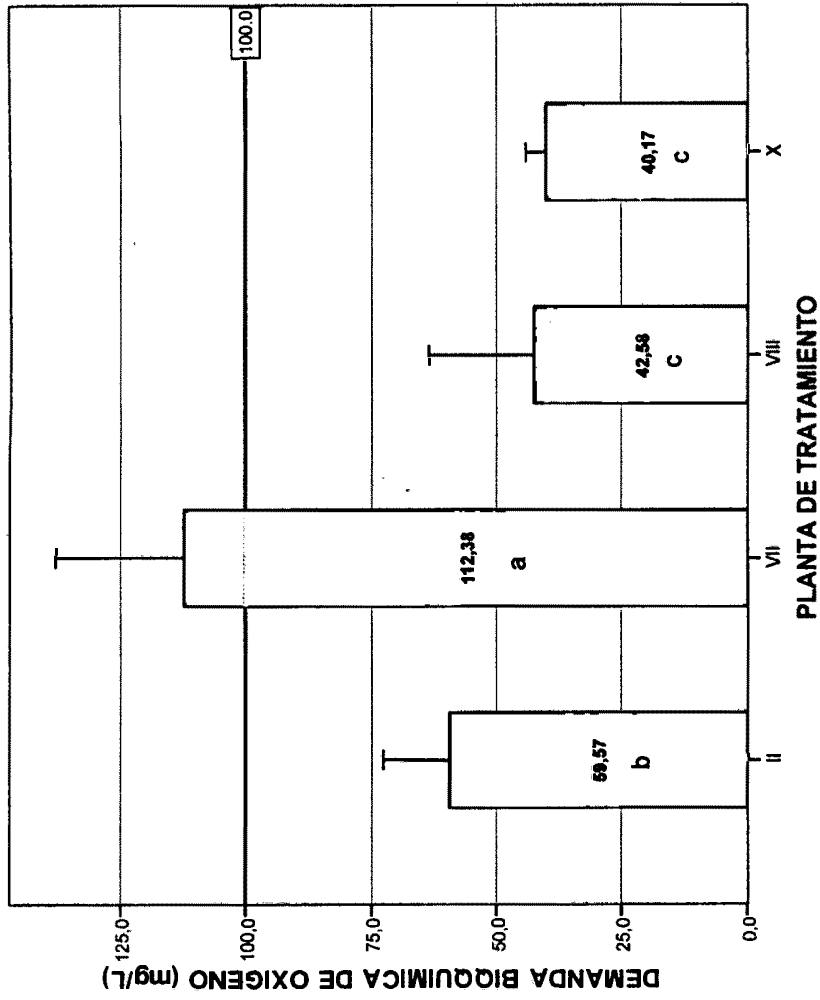
**Leyenda:** I. Acosvinchos; II. Tambillo; Muyurina; III. Quinua; IV. Pacacasa; V. Pacaycasa; Romasa; VI. Pacaycasa; Orcasitas; VII. Pacaycasa; Huayllapampa; VIII. Vinchos; IX. Socos; X. Jesús Nazareno: "La Titora"  
 $F_c = 73.801$ ;  $g_l = 9$ ;  $p = 0.000$





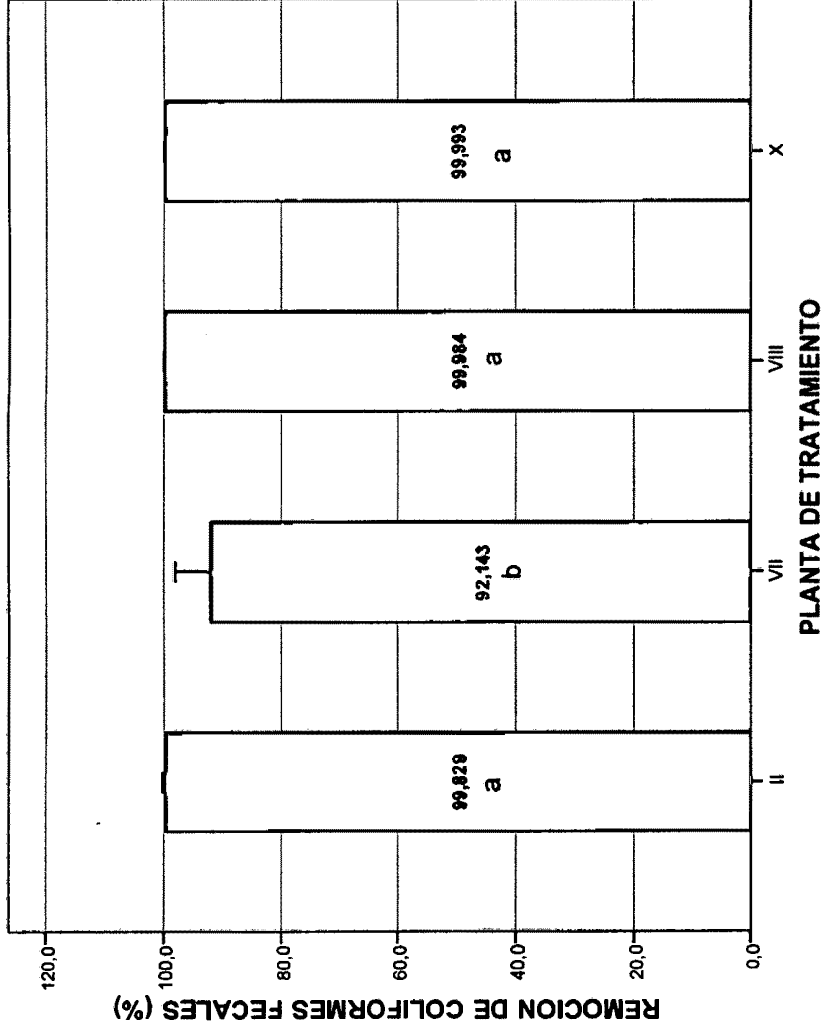
**Gráfico N° 03:** Valores medios y desviación típica expresados en logaritmo base 10 del número de coliformes fecales (NMP/100mL) hallados en los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

**Leyenda:** II. Tambillo; Muyurina; VII. Pacaycasa; Huayllapampa; VIII. Vinchos; X. Jesús Nazareno; "La Tolora"  
 $F_c = 468,744$ ;  $g_l = 3$ ;  $p = 0,000$



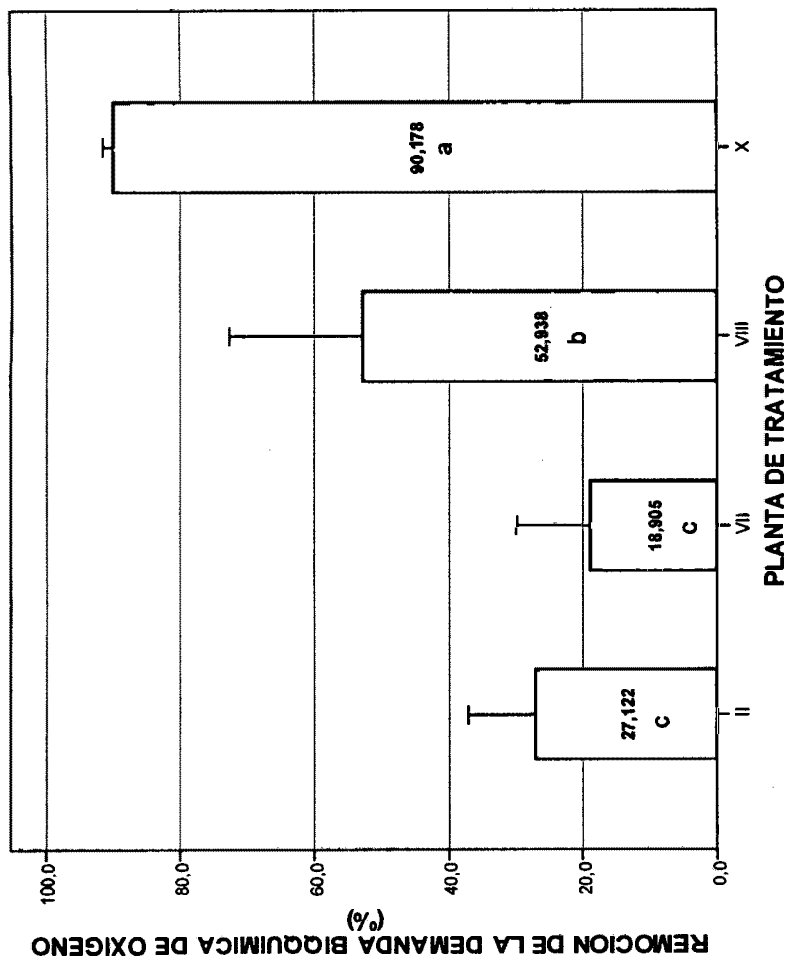
**Gráfico N° 04:** Valores medios y desviación típica de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) hallados en los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

**Leyenda** : II. Tambillo; Muyurina; VII. Pacaycasa; Huayllapampa; VIII. Vinchos; X. Jesús Nazareno; La Totora  
 $F_c = 36.704$ ;  $g_l = 3$ ;  $p = 0.000$



**Gráfico N° 05:** Valores medios y desviación típica del porcentaje de remoción de coliformes fecales de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero a 2012.

**Leyenda** : II. Tambillo; Muyurina; VII. Pacaycasa; Huayllapampa; VIII. Vinchos; X. Jesús Nazareno: "La Totorá".  
 $F_c = 25,030$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,000$



**Gráfico N° 06:** Valores medios y desviación típica del porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero a 2012.

**Leyenda** : II. Tambillo; Muyurina; VII. Pacaycasa: Huayllapampa; VIII. Vinchos; X. Jesús Nazareno: "La Tatora"  
 $F_c = 70.709$ ;  $g_l = 3$ ;  $p = 0.000$

## V. DISCUSIONES

En el Gráfico N° 01 se muestran los valores medios y la desviación típica del número de coliformes fecales (NMP/100mL) en afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicadas en la provincia de Huamanga en el periodo comprendido entre los meses de setiembre 2011 a enero 2012, encontrándose que los valores son diferentes en las diez plantas, teniendo el valor más alto la PTAR del distrito de Pacaycasa con  $3.53 \times 10^9$  NMP/100mL y el valor más bajo con  $3.87 \times 10^7$  NMP/100mL la PTAR del distrito de Quinua. Al realizar el Análisis de Varianza, no se encontró diferencia estadística (Anexo: Tabla N° 03) entre los valores de coliformes fecales en los afluentes de las PTAR.

Los valores de  $3.87 \times 10^7$  y  $3.53 \times 10^9$  NMP/100mL de coliformes fecales en los afluentes de aguas residuales crudas de las PTAR ubicadas en la provincia de Huamanga se asemejan a lo reportado por Tebbutt (1995) que indica un promedio de  $1.0 \times 10^8$  NMP/100mL de coliformes fecales para aguas residuales crudas. Esto es corroborado por el Centro Panamericano de Ingeniería y Ciencias del Ambiente. OPS, OMS (1992) que señala que las aguas residuales de la ciudad de Lima –

Perú, contienen en sus afluentes valores de  $1.2 \times 10^8$  NMP/100mL de coliformes fecales. Por otro lado investigaciones realizadas por Aybar (2005) en la PTAR “La Totorá” de la provincia de Huamanga reporta el valor promedio de  $9.91 \times 10^8$  NMP/100mL de coliformes fecales en aguas residuales al ingreso de dicha planta. Otra investigación realizada por Tinco (2007) en la PTAR de Ichpico de la provincia de Huanta reporta el promedio mensual de  $1.2 \times 10^9$  NMP/100mL de coliformes fecales al ingreso de dicha planta.

Los valores más bajos del número de coliformes fecales ( $3.87 \times 10^7$  y  $4.78 \times 10^8$  NMP/100mL) corresponden a las PTAR de los distritos de Quinua y Socos respectivamente, como se constató que éstos distritos corresponden a zonas rurales con poblaciones de 1268 y 644 habitantes respectivamente según el INEI (Censo 1993); donde los pobladores por su idiosincrasia y/o costumbre tienen poco hábito del uso del sistema de alcantarillado por lo que la concentración de sus aguas residuales se encuentran bastante diluidas.

En el Gráfico N° 02 se muestran los valores medios y la desviación típica de los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en los afluentes de las PTAR ubicadas en la provincia de Huamanga en el periodo comprendido entre los meses de setiembre de 2011 y enero 2012, observándose la presencia de valores medios altos de 409.67 mg/L como la que presenta los afluentes de la planta del distrito de Jesús Nazareno “La Totorá” y valores medios entre 75.96 a 139.44 mg/L para la mayoría de las plantas. En el Análisis de Varianza respectivo (Anexo: Tabla N° 03) se encontró diferencia estadística que indica que los afluentes de estas plantas difieren en cuanto al valor medio, para determinar la diferencia existente se efectuó

el test de Duncan (Anexo: Tabla N° 05) encontrándose que las plantas del distrito de Jesús Nazareno "La Titora" y la planta del distrito de Pacaycasa - Huayllapampa presentan los valores más altos de  $\text{DBO}_5$  con 409.67 y 139.44 respectivamente.

Metcalf y Eddy (1995) reporta 400 mg/L de  $\text{DBO}_5$  para aguas residuales de concentraciones altas, el valor encontrado de 409.67 mg/L perteneciente a la planta distrito de Jesús Nazareno "La Titora" es semejante al valor que reporta el autor y podemos enmarcar a éste efluente como agua residual de concentración alta; también éstos valores son más altos a lo registrado por Aybar (2005) donde reporta el promedio de 340 mg/L  $\text{DBO}_5$  para la PTAR "La Titora" de la provincia de Huamanga. Los valores altos es probable que se pueda deber a que la planta se encuentre en una zona urbana donde las actividades de pequeñas fábricas de bebidas, avícolas, restaurantes, etc. contribuyan en la concentración del materia orgánica.

Los valores de 75.96 a 139.44 mg/L  $\text{DBO}_5$  encontrados en los afluentes de las PTAR se encuentran por debajo de lo establecido por Tebbutt (1995) quien indica un valor 300 mg/L de  $\text{DBO}_5$  para aguas residuales crudas. Por otro lado Tinco (2007) en su investigación realizada reporta un promedio de 172.5 mg/L de  $\text{DBO}_5$  para efluentes en la PTAR de Ichpico – Huanta. También Metcalf y Eddy (1995) indica que valores de 220 mg/L  $\text{DBO}_5$  corresponden a aguas residuales de concentración media, estando en éste tipo de aguas los afluentes de la planta del distrito de Pacaycasa – Huayllapampa; también señala que valores de 110 mg/L  $\text{DBO}_5$  pertenecen a aguas residuales de concentraciones bajas, como la mayoría de las plantas se encuentran en zonas rurales poco pobladas presentan éstas

concentraciones. La variación en los valores puede ser debido a su origen, caudal aportante, aguas infiltradas, etc. Por otro lado se sabe que en las zonas rurales no existen empresas, fábricas, camales, etc.

En el Gráfico N° 03 se observa que los niveles del número de coliformes fecales expresados en logaritmo base 10 de los efluentes de las PTAR ubicadas en la provincia de Huamanga encontrándose valores medios entre  $4.47 \times 10^4$  a  $8.50 \times 10^7$  NMP/100mL. Al efectuar en Análisis de Varianza respectivo (Anexo: Tabla N° 09) se halló que existe diferencia estadística de los valores de coliformes fecales en los efluentes de las cuatro plantas de tratamiento (de los distritos de Tambillo – Muyurina, Pacaycasa – Huayllapampa, Vinchos y de Jesús Nazareno “La Totora”) realizándose el test de Duncan (Tabla N° 09, anexo). Donde nos indica que la planta del distrito de Pacaycasa - Huayllapampa tiene el valor más alto con  $8.50 \times 10^7$  NMP/100mL, seguida de la planta del distrito de Tambillo – Muyurina con  $1.75 \times 10^6$  NMP/100mL. En la PTAR de los distritos de Jesús Nazareno “La Totora” y Vinchos se reportaron valores medios de  $4.47 \times 10^4$  y  $1.27 \times 10^5$  NMP/100mL de coliformes fecales respectivamente lo que es semejante a los valores medios encontrados en investigaciones realizadas por Aybar (2005) realizados en la PTAR “La Totora” reporta  $1.29 \times 10^5$  NMP/100mL y por otro lado Tinco (2007) en su investigación realizada en la PTAR de Ichpico – Huanta reporta valores medios de  $3.1 \times 10^4$  NMP/100mL. También es necesaria la comparación con los datos obtenidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) OPS, OMS. (1992) reporta que en el mes de agosto valores medios de  $1.77 \times 10^4$  NMP/100mL en la PTAR de San Juan de Miraflores, Lima – Perú.



Al realizar las comparaciones con los valores de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de las PTAR domésticas o municipales (D.S. N° 003 – 2010-MINAM) deben contener  $1.0 \times 10^4$  NMP/100mL de coliformes fecales (expresados en logaritmo da un valor de 4), sobrepasando éstos límites los efluentes de las cuatro plantas. Esto significa que ninguna de las cuatro plantas estaría funcionando de manera adecuada, pues la capacidad de remoción no es suficiente para cumplir con las normas. También es necesaria la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de Tipo III, destinadas al riego de vegetales y bebida de animales (D.S. N° 002-2008-MINAM) debe contener  $1.0 \times 10^3$  NMP/100mL de coliformes fecales, ya que se constató *in-situ* el uso de éstas aguas básicamente para riego de vegetales.

En el Gráfico N° 04 se muestra los valores medios y desviación típica de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) hallados en los efluentes de las PTAR ubicados en la provincia de Huamanga, donde se observa que los valores medios son diferentes en los efluentes de las cuatro plantas. Al efectuar el Análisis de Varianza correspondiente (Anexo: Tabla N° 08) corrobora esta diferencia al encontrarse significancia estadística por lo que se efectuó el test de Duncan (Anexo: Tabla N° 10) siendo la planta del distrito de Pacaycasa - Huayllapampa presenta el valor más alto con 112.38 mg/L, seguida de la planta del distrito de Tambillo – Muyurina con 59.57 mg/L, posteriormente la planta del distrito de Vinchos con 42.58 mg/L y finalmente la planta del distrito de Jesús Nazareno “La Totorá” con 40.17mg/L.

Los valores de porcentaje de remoción de la planta del distrito de Jesús Nazareno “La Titora” se encuentran más altos en relación a lo reportado por Aybar (2005) con 86.2%. Mientras que el resto de las PTAR presentan valores muy bajos entre 18.905 a 52.988 %, estos valores se encuentran por debajo de los reportado por Tinco (2007) para la planta de Ichpico – Huanta con 63.63% de remoción para  $DBO_5$ . Para que dichas plantas cumplan con lo establecido en los LMP para efluentes de PTAR domésticas es necesario alcanzar una remoción del 75.590%.

Las plantas con porcentajes de remoción entre 18.905 y 52.988 %, éstos valores pueden estar influenciadas por diferencias en su diseño, construcción, mantenimiento (limpieza), tiempo de retención, su monitoreo ya que las plantas se encuentran en completo abandono como se pudo constatar al momento de realizar los muestreos respectivos.

## VI. CONCLUSIONES

1. Las aguas residuales crudas que ingresan a las diez Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicadas en la provincia de Huamanga presentan un rango promedio de  $3.87 \times 10^7$  a  $3.53 \times 10^9$  NMP/100mL de coliformes fecales; presentando la cantidad más baja la planta del distrito de Quinua y la cantidad más alta la planta del distrito de Pacaycasa.
2. Las aguas residuales crudas que ingresan a las diez PTAR ubicadas en la provincia de Huamanga presentan un rango promedio de 75.96 a 409.67 mg/L de  $\text{DBO}_5$ ; presentando el valor promedio más bajo la planta del distrito de Acosvinchos y el valor promedio más alto la planta del distrito de Jesús Nazareno "La totora."
3. Los efluentes de las cuatro PTAR ubicadas de la provincia de Huamanga (distritos de Tambillo – Muyurina, Pacaycasa - Huayllapampa, Vinchos y Jesús Nazareno "La totora") presentan un rango promedio de  $4.47 \times 10^4$  a  $8.50 \times 10^7$  NMP/100mL de coliformes fecales; presentando la cantidad más

baja la planta del distrito de Jesús Nazareno “La totora” y el más alto la planta del distrito de Pacaycasa – Huayllapampa.

4. Los efluentes de las cuatro PTAR ubicadas de la provincia de Huamanga (distritos de Tambillo – Muyurina, Pacaycasa - Huayllapampa, Vinchos y Jesús Nazareno “La totora”) presentan un rango promedio de 40.17 a 112.38 mg/L de DBO<sub>5</sub>; presentando el valor promedio y el valor promedio más bajo la planta del distrito Jesús Nazareno “La totora” y el valor promedio más alto la planta del distrito de Pacaycasa – Huayllapampa.
5. La capacidad de remoción de coliformes fecales (expresados en porcentaje) de las cuatro plantas evaluadas pertenecientes a los distritos de Tambillo – Muyurina, Pacaycasa - Huayllapampa, Vinchos y Jesús Nazareno “La totora” presentan un rango promedio de 92.143 a 99.993 %; correspondiendo el valor más bajo a la planta del distrito de Pacaycasa – Huayllapampa y el valor más alto al de la planta del distrito de Jesús Nazareno “La totora.”
6. La capacidad de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (expresados en porcentaje) de las cuatro plantas evaluadas pertenecientes a los distritos de Tambillo – Muyurina, Pacaycasa - Huayllapampa, Vinchos y Jesús Nazareno “La totora” presentan un rango promedio de 18.905 a 90.178 %; correspondiendo el valor más bajo a la planta del distrito de Pacaycasa – Huayllapampa.” y el valor más alto al de la planta del distrito de Jesús Nazareno “La totora.
7. Los efluentes de las PTAR de los distritos de Tambillo – Muyurina, Pacaycasa - Huayllapampa, Vinchos y Jesús Nazareno “La totora” no

cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente y los Estándares de Calidad Ambiental para aguas de Tipo III, para coliformes fecales, según D.S. N° 003-2010 MINAM y el D.S. N° 002-2008-MINAM respectivamente.

8. Los efluentes de las PTAR de los distritos de Tambillo – Muyurina, Pacaycasa - Huayllapampa, Vinchos y Jesús Nazareno “La totora” no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas de Tipo III (D.S. N° 002-2008-MINAM) y los efluentes de la PTAR del distrito de Pacaycasa – Huayllapampa no cumple con los Límites Máximos Permisibles (D.S. N° 003-2010-MINAM) para la característica de la DBO<sub>5</sub>.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. A las municipalidades distritales de la provincia de Huamanga realizar la reparación y/o concluir las construcciones de la PTAR y disponer de un personal capacitado para una buena operación y mantenimiento de las instalaciones de las PTAR.
2. Al profesional encargado del área de Saneamiento Ambiental contar con asesoramiento con profesionales conocedores del tema en el diseño, construcción y funcionamiento de las PTAR.
3. A la DIGESA realizar visitas para evaluar el funcionamiento de las PTAR y verificar la calidad de las aguas residuales.
4. A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga realizar extensión universitaria con de capacitaciones a las autoridades y pobladores en general de los distritos de la provincia de Huamanga en el uso adecuado de los servicios de alcantarillado.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **American Water Works Asociation.** 2002 Calidad y Tratamiento del agua. Manual de suministro de agua comunitaria. Quinta Edición. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España. España
2. **Atlas, R.yBartha, R.** 2002. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. Tercera Edición. Editorial Pearson Educación S.A. Madrid. España.
3. **Aurazo, M.** 1993. Metodología para el análisis microbiológico de aguas residuales y productos agrícolas. Evaluación de riesgo para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. CEPIS. OPS. OMS. Lima. Perú.
4. **Aybar, C.** 2005. Capacidad de Remoción de Bacterias Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “La Totorá” Tesis. UNSCH. Ayacucho- Perú.
5. **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) OPS.OMS.** 1995. II Curso Taller sobre Lagunas de Estabilización: Diseño, construcción, operación, evaluación y mantenimiento. Lima. Perú.
6. **Chuchón, S.** 2005. Manual de Practicas de Microbiología Ambiental. UNSCH.
7. **Crites, R. y Tchobanoglous, G.** 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones. Editorial McGraw-Hill Interamericana,S.A. Colombia.
8. **Fair y Colb.** 1994. Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Editorial Limusa. S.A. México.
9. **Fair y Colb.** 1999. Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales. Editorial Limusa. S.A. México.
10. **Fondo Nacional del Ambiente (FONAM).** 2010. Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú.

11. **Freeman, M.**1992. Control de la Contaminación del Agua y del Aire. Editorial Limusa. S.A. México.
12. **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).** 2012. IX censo de población y IX de vivienda - 1993. [www.inei.com.pe](http://www.inei.com.pe)
13. **Levin, y Gealt, M.** 1997. Biotratamientos de residuos tóxicos y peligrosos. Editorial Mc Graw-Hill/Interamericana de España. Madrid. España.
14. **Martínez, V.** 2007. Incidencia de la biomasa algal en la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" Ayacucho abril –setiembre del 2007. Tesis UNSCH. Perú.
15. **Mc Gree, T.** 1999. Ingeniería Ambiental: Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Sexta Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Colombia.
16. **Maskew, G. y Colb.** 1987. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Editorial Limusa. S.A. México.
17. **Medina, Y.** 2011. Capacidad de remoción de grasas en aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "La Totorá" Ayacucho-2010. Tesis UNSCH. Perú.
18. **Merida, S.** 1997. Salud Ambiental. Aportes al manejo del Ambiente para una Salud Calidad en el Perú. Ministerio de Salud. Perú.
19. **Metcalf y Eddy.**1977. Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales. Editorial McGraw-Hill Interamericana. España.
20. **Metcalf y Eddy.** 1995. Ingeniería de Aguas Residuales. Redes de Alcantarillado y Bombeo. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. España.



21. **Metcalf y Eddy.** 1995. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Tercera Edición. Tomo I. Editorial McGraw-Hill Interamericana. España.
22. **Metcalf y Eddy.** 1998. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Tercera Edición. Tomo II. Editorial McGraw-Hill Interamericana. España.
23. **Métodos Normalizados para el Análisis de agua Potable y Residuales.**1995. APHA. AWWA. WPCF. 19 Edición. Editorial Díaz de Sánchez S.A. New York
24. **Ministerio del Ambiente.** 2011. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.
25. **Ministerio del Ambiente.** 2011. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.
26. **Ministerio del ambiente.** 2012. Norma Técnica os.090. D.S. N° 022-2009-VIVIENDA.
27. **Nemerow, N.** 1971. Aguas Residuales e Industriales: Teorías, Aplicaciones y Tratamientos. Editorial Addison\_Wesle y Publissing Company.Inc. España.
28. **Ramalho, R.** 1996. Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Reverte, S.A. Madrid, España.
29. **Rodier, J.** 1981. Análisis de las aguas. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
30. **Rollim, S.** 2000. Sistemas de Lagunas de Estabilización. Editorial Mc. Graw-Hill Interamericana. Bogotá – Colombia.
31. **Romero, J.** 2004. Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño.Tercera edición. Editorial EscuelaColombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

32. **Seoáñez, M. y Colb.** 1999. Aguas Residuales: Tratamiento por Humedales artificiales. Editorial Mundi Prensa. Madrid España.
33. **Tinco, V.** 2007. Capacidad de Remoción de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ichpico – Huanta 2005. Tesis. UNSCH. Ayacucho- Perú.
34. **Tebutt, T.** 1995. Fundamentos de Control de la Calidad del Agua. Editorial Limusa. S.A. México.

**ANEXO 01**  
**TABLAS ESTADÍSTICAS**

**Tabla N° 01:** Estadísticos descriptivos de los niveles de coliformes fecales (NMP/100mL) hallados en afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Plantas	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
I	3	1.300E+09	1.8209E+09	-3.223E+09	5.823E+09	1.6E+08	3.4E+09
II	3	3.183E+09	5.0374E+09	-9.330E+09	1.570E+10	2.7E+08	9.0E+09
III	3	3.867E+07	4.4636E+07	-7.221E+07	1.495E+08	9.0E+06	9.0E+07
IV	3	3.534E+09	4.0794E+09	-6.599E+09	1.367E+10	3.3E+06	8.0E+09
V	3	3.480E+09	4.7955E+09	-8.433E+09	1.539E+10	3.4E+08	9.0E+09
VI	3	2.233E+09	1.2897E+09	-9.705E+08	5.437E+09	8.0E+08	3.3E+09
VII	2	1.150E+09	3.5355E+08	-2.027E+09	4.327E+09	9.0E+08	1.4E+09
VIII	3	8.667E+08	4.7258E+08	-3.073E+08	2.041E+09	5.0E+08	1.4E+09
IX	3	4.783E+08	3.8394E+08	-4.754E+08	1.432E+09	3.5E+07	7.0E+08
X	3	5.033E+08	3.5445E+08	-3.772E+08	1.384E+09	2.6E+08	9.1E+08
Total	29	1.695E+09	2.5938E+09	7.083E+08	2.682E+09	3.3E+06	9.0E+09

**Tabla N° 02:** Estadísticos descriptivos de la demanda bioquímica de oxígenos (mg/L) hallados en afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Plantas	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
I	3	75.960000	8.3402878	55.241577	96.678423	66.8600	83.2400
II	3	81.600000	3.4641016	72.994695	90.205305	79.6000	85.6000
III	3	80.663333	27.8368485	11.512768	149.813898	48.6500	99.1700
IV	3	94.150000	41.6948930	-9.425856	197.725856	57.7500	139.6400
V	3	97.206667	26.2809843	31.921083	162.492251	66.8600	112.3800
VI	3	85.060000	.0000000	85.060000	85.060000	85.0600	85.0600
VII	2	139.440000	25.3992756	-88.763437	367.643437	121.4800	157.4000
VIII	3	89.920000	4.5855316	78.528908	101.311092	85.0600	94.1700
IX	3	99.026667	11.7066662	69.945696	128.107638	90.5300	112.3800
X	3	409.666667	14.4683563	373.725277	445.608056	393.0000	419.0000
Total	29	124.780690	101.0496031	86.343476	163.217903	48.6500	419.0000

**Tabla N° 03:** Análisis de varianza para los niveles de coliformes fecales (NMP/100mL) y la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) hallados en afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	Inter-grupos	472759319464	9	5252881327381	0.707	0.696
		36700000.000		860000.000		
	Intra-grupos	141107821926	19	7426727469824		
		666600000.00		560000.000		
	Total	188383753873	28			
		103400000.00				
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)	Inter-grupos	277957.478	9	30884.164	73.801	0.000
	Intra-grupos	7951.146	19	418.481		
	Total	285908.624	28			

**Tabla N° 04:** Test de Duncan para los niveles de coliformes fecales (NMP/100mL) en afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Planta de tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05
		C
III	3	3.867E+07
IX	3	4.783E+08
X	3	5.033E+08
VIII	3	8.667E+08
VII	2	1.150E+09
I	3	1.300E+09
VI	3	2.233E+09
II	3	3.183E+09
V	3	3.480E+09
IV	3	3.534E+09
Sig.		0.198

**Tabla N° 05:** Test de Duncan para los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en los afluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Planta de tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05		
		c	b	A
I	3	75.960000		
III	3	80.663333		
II	3	81.600000		
VI	3	85.060000		
VIII	3	89.920000		
IV	3	94.150000		
V	3	97.206667		
IX	3	99.026667		
VII	2		139.44000	
X	3			409.66666
				7
Sig.		.252	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica= 2.857.
- Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

**Tabla N° 06:** Estadísticos descriptivos de los niveles de coliformes fecales (NMP/100mL) hallados en efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Plantas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
II	3	1.757E+06	1.997E+06	1.1533E+06	-3.206E+06	6.719E+06	1.7E+05	4.0E+06
VII	2	8.500E+07	7.071E+06	5.0000E+06	2.147E+07	1.485E+08	8.0E+07	9.0E+07
VIII	3	1.267E+05	5.131E+04	2.9627E+04	-8.094E+02	2.541E+05	7.0E+04	1.7E+05
X	3	4.467E+04	5.661E+04	3.2687E+04	-9.597E+04	1.853E+05	1.0E+04	1.1E+05
Total	11	1.598E+07	3.421E+07	1.0317E+07	-7.007E+06	3.897E+07	1.0E+04	9.0E+07



**Tabla N° 07:** Estadísticos descriptivos de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) hallados en efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Plantas	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
II	3	59.573333	6.5676505	3.7918348	43.258385	75.888282	54.1100	66.8600
VII	2	112.375000	12.8764145	9.1050000	-3.314994	228.064994	103.2700	121.4800
VIII	3	42.580000	10.5135484	6.0700000	16.462898	68.697102	30.4400	48.6500
X	3	40.166667	2.0207259	1.1666667	35.146905	45.186428	38.0000	42.0000
Total	11	59.246364	28.3766426	8.5558797	40.182676	78.310052	30.4400	121.4800

**Tabla N° 08:** Análisis de varianza para los niveles de coliformes fecales (NMP/100mL) y la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) hallados en los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)	Inter-grupos	1165021951 0545450.00	3	388340650 3515151.00	468.744	0.000
	Intra-grupos	5799294400 0000.000	7	828470628 5714.280		
	Total	1170821245 4545450.00	10			
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/L)	Inter-grupos	7571.032	3	2523.677	36.704	0.000
	Intra-grupos	481.306	7	68.758		
	Total	8052.338	10			

**Tabla N° 09:** Test de Duncan para los niveles de coliformes fecales (NMP/100mL) en efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Planta de tratamiento	N	Subconjunto para alfa= .05	
	1	b	A
X	3	4.467E+04	
VIII	3	1.267E+05	
II	3	1.757E+06	
VII	2		8.500E+07
Sig.		0.529	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica= 2.667.
- b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

**Tabla N° 10:** Test de Duncan para los niveles de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Planta de tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05		
		B	c	A
X	3	40.166667		
VIII	3	42.580000		
II	3		59.573333	
VII	2			112.37500
Sig.		0.747	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica= 2.667.
- b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

**Tabla N° 11:** Estadísticos descriptivos para el porcentaje de remoción de coliformes fecales de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Plantas	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
II	3	99.8291450	0.205024194	99.31983667	100.33845333	99.592590	99.955560
VII	2	92.1428550	3.030454603	64.91530065	119.37040935	90.000000	94.285710
VIII	3	99.9839053	0.007368778	99.96560027	100.00221039	99.975716	99.990000
X	3	99.9931933	0.004731819	99.98143884	100.00494782	99.987915	99.997055
Total	11	98.5185855	3.296746080	96.30380139	100.73336970	90.000000	99.997055

**Tabla N° 12:** Estadísticos descriptivos para el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Plantas	N	Media	Desviación típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
II	3	27.1216286	5.073010263	14.51957256	39.72368477	21.892523	32.022614
VII	2	18.9054805	5.537153092	-30.84386622	68.65482722	14.990122	22.820839
VIII	3	52.9375020	9.820367770	28.54235608	77.33264792	46.260906	64.213490
X	3	90.1781333	.798664018	88.19414193	92.16212474	89.312980	90.887290
Total	11	49.8657048	29.408875152	30.10855366	69.62285598	14.990122	90.887290

**Tabla N° 13:** Análisis de varianza para el porcentaje de remoción los niveles de coliformes fecales y la demanda bioquímica de oxígeno de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
REMOCIONDE COLIFORMES FECALES (%)	Inter-grupos	99.417	3	33.139	25.030	.000
	Intra-grupos	9.268	7	1.324		
	Total	108.685	10			
REMOCION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO(%)	Inter-grupos	8372.533	3	2790.844	70.709	.000
	Intra-grupos	276.286	7	39.469		
	Total	8648.819	10			

**Tabla N° 14:** Test de Duncan para el porcentaje de remoción de coliformes fecales de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Planta de tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05	
		b	A
VII	2	92.142855	
II	3		99.829145
VIII	3		99.983905
X	3		99.993193
Sig.		1.000	.878

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2.667.
- b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.



**Tabla N° 15:** Test de Duncan para el porcentaje de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de las muestras de agua de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales ubicadas en la provincia de Huamanga. Ayacucho, setiembre de 2011 a enero de 2012.

Planta de tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05		
		b	C	a
VII	2	18.905480		
II	3	27.121628		
VIII	3		52.937502	
X	3			90.178133
Sig.		0.175	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica= 2.667.
- b. Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

6

**ANEXO02  
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

CÓDIGO

**PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

**DATOS GENERALES:**

Planta de Tratamiento:.....  
 Localidad:..... Distrito:..... Provincia:.....  
 Coordenadas: N:..... S:..... Altitud:.....msnm

**PLANTA DE TRATAMIENTO: Unidades Operacionales de la Planta:**

**Pretratamiento:**

1. ....
2. ....

**Tratamiento Primario:**

1. ....
2. ....
3. ....

**Tratamiento Secundario:**

1. ....
2. ....
3. ....

**Tratamiento Terciario:**

1. ....
2. ....
3. ....

**Cuerpo Receptor:** .....

**DATOS DE MUESTREO:**

N° de muestreo	Fecha	Hora	Antes del tratamiento			Después del tratamiento		
			Temperatura (°C)	pH	Caudal (L/s)	Temperatura (°C)	pH	Caudal (L/s)
1ra								
2da								
3ra								

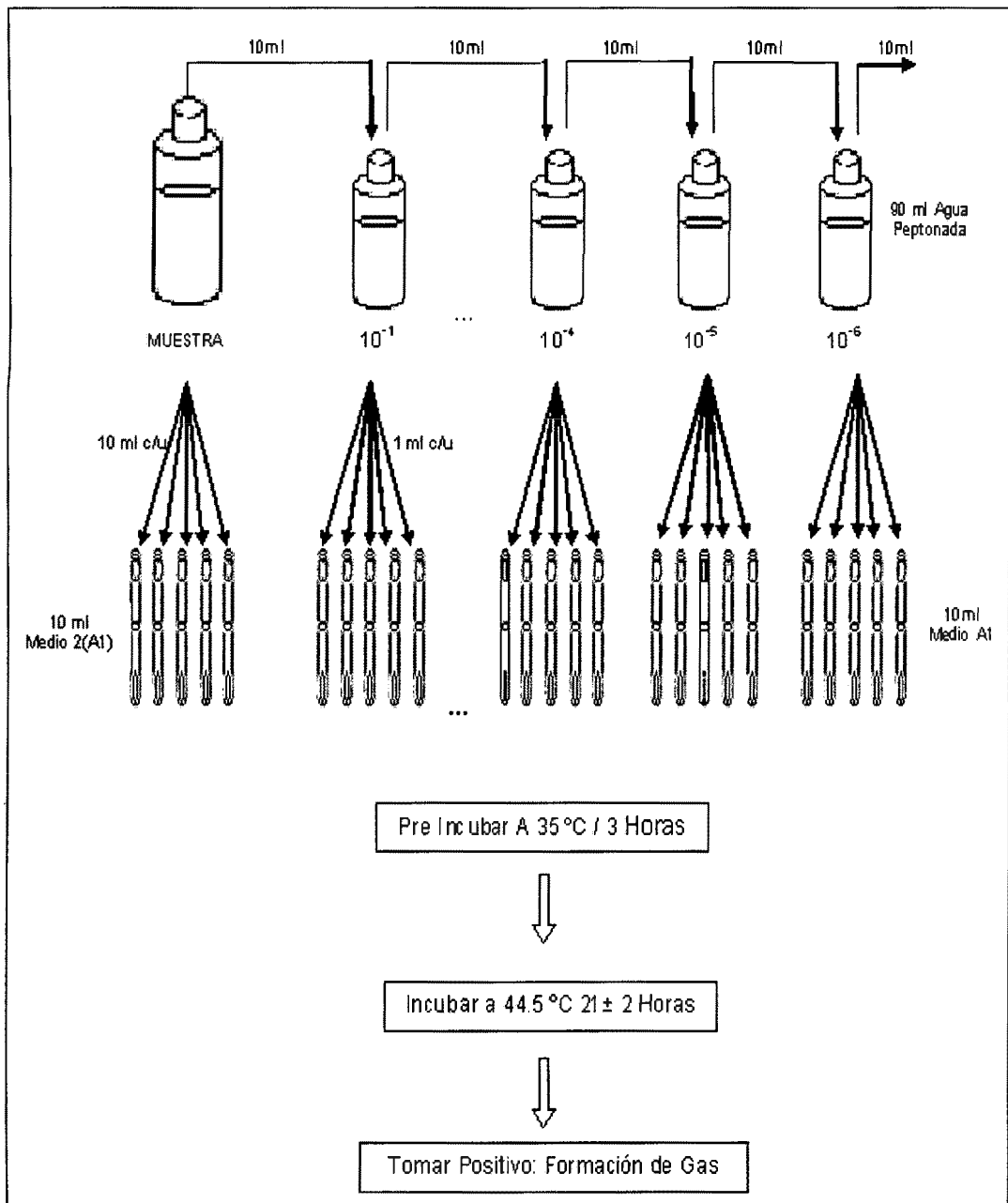
Observaciones: .....

**RESULTADOS:**

Fecha de Muestreo	Código	Promedio de coliformes fecales (NMP/100 ml)	Promedio de DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)
Setiembre 2011	A		
	D		
Noviembre 2011	A		
	D		
Enero 2012	A		
	D		

**ANEXO 03**  
**FLUXOGRAMA DE PROCEDIMIENTO**

**Procedimiento para el recuento de coliformes fecales por la técnica de tubos múltiples usando Medio A1**



Fuente: APHA, AWWA.WPCP. 1992.

**ANEXO04**  
**CUADROS Y TABLAS DE LECTURA**

**Cuadro N° 01:** Diluciones para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>

<b>Muestra</b>	<b>Dilución para DBO<sub>5</sub></b>
Efluente liquido industriales	0.0–1.0 %
Efluentes industriales no tratados y decantados	1.0–5.0 %
Efluentes con tratamiento secundario o biológico	5.0–25.0 %
Para corrientes contaminadas	25.0–100.0 %

Fuente: <http://prueba2.aguapedia.org/master/analisis/protopdf/DBO.pdf>

**TABLA DE NMP Y LÍMITES DE CONFIANZA PARA DIVERSAS COMBINACIONES DE RESULTADOS OBTENIDOS CON CINCO TUBOS**

Combinación de tubo positivos 10 mL, 1 mL, 0.1 mL	NMP/100 mL	Límite de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
0-0-0	<2	—	—
0-0-1	2	1	10
0-1-0	2	1	10
0-2-0	4	1	13
1-0-0	2	1	11
1-0-1	4	1	15
1-1-0	4	1	15
1-1-1	6	2	18
1-2-1	6	2	18
2-0-0	4	1	17
2-0-1	7	2	20
2-1-0	7	2	21
2-1-1	9	3	24
2-2-0	9	3	25
2-3-0	12	5	29
3-0-0	8	3	24
3-0-1	11	4	29
3-1-0	11	4	29
3-1-1	14	6	35
3-2-0	14	6	35
3-2-1	17	7	40
4-0-0	13	5	38
4-0-1	17	5	45
4-1-0	17	5	46
4-1-1	21	9	55
4-1-2	26	12	63
4-2-0	22	9	56
4-2-1	26	12	65
4-3-0	27	12	67
4-3-1	33	15	77
4-4-0	34	16	80
5-0-0	23	9	86
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	50	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	50	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360
5-3-3	170	80	410
5-4-0	130	50	390

5-4-1	170	70	480
5-4-2	220	100	580
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1300
5-5-2	500	200	2000
5-5-3	900	300	2900
5-5-4	1600	600	5300
5-5-5	>1600	--	--

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 1985

**ANEXO05**  
**COMPOSICIÓN DE SOLUCIONES**

**Soluciones y reactivos a usar en la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno**

**1. Agua de Dilución**

**a. Buffer fosfato**

- 8.5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$
- 21.75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- 33.4 g de  $\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- 1.7 g DE  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- Disolver y llevar a un litro con agua destilada

**b. Solución sulfato de magnesio**

- 22.5 g  $\text{MgSO}_4$
- Disolver y llevar a un litro con agua destilada

**c. Solución de cloruro de calcio**

- 27.5 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Disolver y llevar a un litro con agua destilada

**d. Solución de cloruro férrico**

- 0.25 g  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- Disolver y llevar a un litro con agua destilada

**e. Preparación del agua de dilución**

- 1ml de buffer fosfato
- 1ml de solución de sulfato de magnesio
- 1ml de solución de cloruro de calcio
- 1ml de solución de cloruro de amonio
- Para un litro de agua destilada

## **2. Solución de Microorganismos**

- 2 asadas de cultivo puro de *E.coli* en agaragar.
- Disolver en 100 ml de agua destilada

## **3. Preparación del Blanco**

- 1ml de inculo
- Llevar a un litro con agua de dilución

## **Soluciones y Reactivos a usar en la medición de Oxígeno Disuelto**

### **1. Sulfato manganoso**

- 240 g de  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$
- Disolver y llevar a 500 ml con agua destilada

### **2. Solución de yoduro alcalino**

- 250 g de NaOH en 250 ml de agua destilada
- 150 g de KI en 225 ml de agua destilada
- Mezclar ambas diluciones con cuidado

### **3. Solución de tiosulfato de sodio**

- 2.9 g  $NaS_2O_3 \cdot 5H_2O$
- Disolver y llevar a un litro con agua destilada.



**ANEXO 06**  
**NORMAS LEGALES**

**Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales**  
**DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

**CONSIDERANDO:**

Que, el artículo 3 de la Ley Nº 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 Permissible - 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 Nº 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 Nº 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 Nº 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 Permissible 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 Nº 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 Sistema Peruano de Información Jurídica 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 Nº 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**

##### Sistema Peruano de Información Jurídica

- 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.
- 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**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD LMP DE EFLUENTES</b>	<b>PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS</b>
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	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

## **Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas**

### **DECRETO SUPREMO N° 002 -2008 –MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

#### CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley W 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1 ° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua -ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental-DIGESA como Secretaria Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental -DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaria Técnica Colegiada del GESTA AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad tramitar su aprobación formal;

de:

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose

su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 Y el Decreto Legislativo W 1013;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1°.\_ Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Artículo 2°.\_ Refrendo El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

#### DISPOSICION COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

UNICA.-El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la casa de gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio de mil novecientos noventa y ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ

Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG

Ministro del Ambiente

**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

<b>PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO</b>		
<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Fisicoquímicos</b>		
Bicarbonatos	mg/l	370
Calcio	mg/l	200
Carbonatos	mg/l	5
Cloruros	mg/l	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40
Fluoruros	mg/l	1
Fosfatos - P	mg/l	1
Nitratos (NO3-N)	mg/l	10
Nitritos (NO2-N)	mg/l	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/l	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/l	200
Sulfatos	mg/l	300
Sulfuros	mg/l	0,05
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio	mg/l	5
Arsénico	mg/l	0,05
Bario total	mg/l	0,7
Boro	mg/l	0,5-6
Cadmio	mg/l	0,005
Cianuro Wad	mg/l	0,1
Cobalto	mg/l	0,05
Cobre	mg/l	0,2
Cromo (6+)	mg/l	0,1
Hierro	mg/l	1
Litio	mg/l	2,5
Magnesio	mg/l	150
Manganeso	mg/l	0,2
Mercurio	mg/l	0,001
Níquel	mg/l	0,2
Plata	mg/l	0,05
Plomo	mg/l	0,05
Selenio	mg/l	0,05
Zinc	mg/l	2
<b>Orgánicos</b>		
Aceites y Grasas	mg/l	1
Ferroles	mg/l	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/l	1
<b>Plaguicidas</b>		
Aldicarb	ug/l	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/l	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/l	0,3
DDT	ug/l	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/l	0,7
Endrin	ug/l	0,004

CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES			
PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	F/MP/100mL	1000	2000(3)
Coliformes Totales	F/MP/100mL	5000	5000(3)
Enterococos	F/MP/100mL	20	100
Escherichia coli	F/MP/100mL	100	100
Huevos de Helminthos	huevo/litro	<1	<1(1)
Salmonella sp.		Ausente	Ausente
Vibrio cholerae		Ausente	Ausente
PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
<b>Físicoquímicos</b>			
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruro	mg/L	2	
Nitratos-(NO3-N)	mg/L	50	
Nitritos (NO2-N)	mg/L	1	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5-8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
<b>Inorgánicos</b>			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,01	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo (6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Níquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	
<b>Orgánicos</b>			
Aceres y Grasas	mg/L	1	
Fenoles	mg/L	0,001	
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	
<b>Plaguicidas</b>			
Aldicarb	ug/L	1	
Aldrin (CA S309-00-2)	ug/L	0,03	
Clordano (CAS 5774-9)	ug/L	0,3	
DDT	ug/L	1	
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7	
Endosulfán	ug/L	0,02	



Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloripóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
<b>Biológicos</b>		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helminfos	huevos/litro	<1
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente

**NOTA:**

**NMP/100:** Número más probable en 100 mL.

**Vegetales de Tallo alto:** Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo. las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo: Forestales, árboles frutales, etc.

**Vegetales de Tallo bajo:** Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo (10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, co repollo, apio y arveja, etc.

**Animales mayores:** Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

**Animales menores:** Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

**SAAM:** Sustancias activas de azul de metileno

**ANEXO 07**  
**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



**Fotografía N° 01:** Lagunas de Oxidación del Distrito de Socos. Setiembre del 2011.



**Fotografía N° 02:** Tanques de sedimentación de la planta de aguas residuales del distrito de Pacaycasa – Huayllapampa. Noviembre de 2011.



**Fotografía N° 03:** Pozos sépticos del distrito de Pacaycasa-Orcasitas. Noviembre de 2011.



**Fotografía N° 04:** Pozos sépticos del distrito de Pacaycasa – Romasa. Noviembre de 2011.



**Fotografía N° 05:** Pozos sépticos del distrito de Pacaycasa. Setiembre del 2011.



**Fotografía N° 06:** Laguna de Oxidación del distrito de Tambillo – Muyurina. Enero 2012.





**Fotografía N° 07:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Acosvinchos. Setiembre del 2011.



**Fotografía N° 08:** Laguna N° 02 de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del distrito de Vinchos. Setiembre del 2012.



**Fotografía N° 09:** Laguna de Oxidación del distrito de Quinua. Setiembre del 2011.



**Fotografía N°10:** PTAR del distrito de Jesús Nazareno "La Titora". Enero del 2012.



**Fotografía N° 11:** Materiales y equipos usados para la toma de muestra de aguas residuales.



**Fotografía N° 12:** Recolección de muestras del distrito de Vinchos. Enero del 2012.



**Fotografía N° 13:** Siembra de la dilución de la muestras de agua residual.



**Fotografía N° 14:** Tubos de prueba con muestras de agua residual para la numeración de coliformes fecales por la técnica de Numero Más Probable.





**Fotografía N° 15:** Medición de oxígeno disuelto, en aguas residuales por el método Winkler.



**Fotografía N° 16:** Frascos Winkler con muestras de agua residual después de la incubación de 5 días a 20 °C, en baño maría.