

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**“CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA  
PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA  
DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ”**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO HIDRÁULICO**

Presentado por:

**Bach. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ**

Asesor:

**Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2018**

## AGRADECIMIENTO

Dedico estas primeras líneas para agradecer muy especialmente a a Dios todo Poderoso quien me dio la fortaleza espiritual y física necesaria para cumplir mi objetivo y por siempre guiarme y acompañarme en cada paso.

A mi asesor Doctor Ing. Gaspar Méndez Cruz quien me permitió estar en esta Tesis de investigación, por su apoyo incondicional y por depositar su confianza en mí. Admiro su calidad humana y profesional.

Al ingeniero Marco Narro Centurión y al Msc Ing. Juan Carlos Flores Cerna por su apoyo con los análisis de muestras y sus comentarios constructivos para la realización de la investigación.

A mis jurados, por su apoyo para mejorar esta investigación, y así mismo indicarme el camino para su buena finalización.

A la Universidad Nacional de Cajamarca – Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica que asumió el reto de mi formación, y con ella a todos y cada uno de mis maestros, en especial a aquellos que por sus cualidades integrales me ayudaron a culminar esta fascinante profesión.

Finalmente a mi familia y a todos mis amigos, a todos ustedes MIL GRACIAS de todo corazón, que Dios los bendiga porque han sido una bendición en mi vida.

*Vivien Lizbeth*



## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Stma. Virgen de los Dolores que siempre me protegen y me conceden día a día la vida para poder realizar mis objetivos.

A mi querida madre Haydee porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis tías queridas Keller, Judith y Kenny, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, en general a toda mi familia que depositó su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Por todas las enseñanzas, alegrías, tristezas y momentos inolvidables que nos ha tocado vivir juntas, ¡Las amo con todo mi corazón!

*Vivien Lizbeth*

## INDICE

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA.....	III
INDICE .....	IV
INDICE DE TABLAS .....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT .....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 ALCANCES .....	4
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	5
2.2 BASES TEÓRICAS.....	6
2.3 DEFINICION DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	66
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	67
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	67
3.2 MATERIALES .....	68
3.3 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	69
3.4 FASE DE CAMPO .....	70
3.5 FASE DE LABORATORIO.....	72
3.6 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	73
3.7 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	76
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	77
4.1 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	77
4.2 FASE DE CAMPO .....	78
4.3 FASE DE LABORATORIO.....	80
4.4 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	84

4.5 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MÁS ÓPTIMAS.....	96
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
5.1 CONCLUSIONES .....	113
5.2 RECOMENDACIONES .....	115
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
ANEXOS.....	119
ANEXO 1: AFOROS.....	120
ANEXO 2: REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA Y PARÁMETROS DE CAMPO.....	123
ANEXO 3: INFORME DE ENSAYOS.....	142
ANEXO 4: CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	151
ANEXO 5: APORTES PERCAPITA DE CAUDAL.....	158
ANEXO 6: INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.....	164
ANEXO 7: ESTUDIO DE SUELOS.....	168
ANEXO 8: ENCUESTAS.....	179
ANEXO 9: ENCUESTA DE OPINIÓN TÉCNICA.....	186
ANEXO 10: PANEL FOTOGRÁFICO.....	189
ANEXO 11: PLANOS.....	193

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos para toma de muestra de agua y preservación de las muestras para el monitoreo.....	11
Tabla 2 Definiciones para sólidos encontrados en aguas residuales .....	13
Tabla 3 Cantidades de muestra y reactivos para varios vasos de digestión .....	24
Tabla 4 Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR de aguas residuales domésticas o municipales.....	30
Tabla 5 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.....	31
Tabla 6 Dotación de agua según RNE (l/hab/d) (Habilitaciones Urbanas).....	34
Tabla 7 Descripción de los procesos de lodos activados con sus modificaciones .....	42
Tabla 8 Factores y variables considerados en el proceso de selección de tecnología para tratamiento de aguas residuales .....	55
Tabla 9 Fechas de Muestreo .....	71
Tabla 10 Métodos de ensayos Acreditados .....	72
Tabla 11 Ubicación de Calicatas .....	75
Tabla 12 Coordenadas de puntos representativos.....	78
Tabla 13 Caudal medido en el punto de descarga .....	79
Tabla 14 Parámetros medidos en campo.....	79
Tabla 15 Parámetros obtenidos en laboratorio .....	80
Tabla 16 Población Censada del distrito de Cajamarca .....	84
Tabla 17 Población Proyectada AD5 .....	86
Tabla 18 Situación de conexiones por categorías de Cajamarca .....	87
Tabla 19 Reporte de Volúmenes al mes según conexiones domiciliarias por categorías .	87
Tabla 20 Reporte de Volúmenes al mes según conexiones domiciliarias por año .....	87
Tabla 21 Demanda de Desagüe .....	88
Tabla 22 Distribución de caudales por Tipo de conexión.....	89
Tabla 23 Información hidrometeorológica de la estación MAP. A. Weberbauer .....	90
Tabla 24 Ubicación PTAR .....	91
Tabla 25 Ensayo de Suelos.....	92
Tabla 26 Evaluación de criterios de operación y de calidad de descarga .....	96
Tabla 27 Evaluación de criterios de la eficiencia económica .....	96
Tabla 28 Evaluación de criterios de vulnerabilidad.....	96
Tabla 29 Ponderación de los factores a evaluar .....	98
Tabla 30 Criterios de calificación aplicada a los procesos seleccionados .....	100
Tabla 31 Proceso Evaluado: LODOS ACTIVADOS .....	103
Tabla 32 Proceso Evaluado: FILTROS PERCOLADORES .....	104
Tabla 33 Proceso Evaluado: UASB+FILTRO PERCOLADOR.....	105
Tabla 34 Proceso Evaluado: UASB + LODOS ACTIVADOS .....	106
Tabla 35 Parámetros de cargas contaminantes .....	112

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Composición media de las ARD .....	7
Figura 2 Contaminación de origen Biológico.....	27
Figura 3 Esquema de Tratamiento de Aguas Residuales .....	37
Figura 4 Etapas de la línea de agua en el tratamiento de las aguas residuales urbanas.....	37
Figura 5 Desbaste de gruesos seguido de desbaste de finos vs reja curva de acondicionamiento automático .....	38
Figura 6 Desarenador de doble canal .....	39
Figura 7 Desengrasador estático vs desarenador - desengrasador aireado .....	40
Figura 8 Proceso Convencional de Lodos Activados.....	41
Figura 9 Filtro Percolador y diagrama de operación.....	43
Figura 10 Diagrama esquemático de un RBC .....	44
Figura 11 Esquema de filtro anaerobio de flujo ascendente y descendente .....	46
Figura 12 Esquema de UASB.....	47
Figura 13 Flujograma de tratamiento con RAFA y filtro biológico aereado.....	48
Figura 14 Flujograma de tratamiento con RAFA y lodos activados .....	49
Figura 15 Flujograma de tratamiento empleando RAFA y lagunas facultativas secundarias y terciarias .....	49
Figura 16 Procesos en una Laguna de Estabilización .....	50
Figura 17 Diagrama de una laguna anaeróbica.....	52
Figura 18 Diagrama de una laguna facultativa .....	52
Figura 19 Tipos de Humedales construidos; A, con flujo superficial, y B, con flujo subsuperficial horizontal .....	54
Figura 20 Esquema general de la guía de selección para el tratamiento de las aguas residuales.....	56
Figura 21 Diagrama de bloques para la preselección de tecnologías .....	57
Figura 22 Representación de una planta de tratamiento con sus posibles fuentes de malos olores.....	64
Figura 23 Ubicación Política .....	67
Figura 24 Ubicación Política .....	67
Figura 25 Ubicación de la zona de estudio.....	68
Figura 26 Puntos representativos en el monitoreo .....	78
Figura 27 Sólidos Suspendidos Totales.....	81
Figura 28 Aceites y Grasas.....	81
Figura 29 Demanda Biológica de Oxígeno .....	82
Figura 30 Demanda Química de Oxígeno .....	82
Figura 31 Coliformes Termotolerantes .....	83
Figura 32 Áreas de drenaje ciudad de Cajamarca proyectada 2037.....	85
Figura 33 Localización de la PTAR.....	91
Figura 34 Ubicación de calicatas .....	92
Figura 35 Análisis Estadístico de la zona de estudio .....	95
Figura 36 Reducción de cargas contaminantes según el tren de tratamiento .....	111

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo brindar una propuesta de tratamiento para las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca en la zona de Huacaríz. Para ello, se analizó diversos factores que influyen en la selección de la mejor alternativa tales como: la identificación de la zona de estudio, la recopilación de la información referido a las aguas residuales en estudio, las características del agua residual, recopilación y procesamiento de las características de la zona de estudio, finalmente se seleccionó la mejor alternativa que se adapta a la zona. Se determinó que el área de contribución sanitaria descargadas al colector “La Victoria” es de 340 hás., además se obtuvo que los valores promedio de los parámetros evaluados son: T (22.7C°), pH (7.89), DBO<sub>5</sub> (409.93 mg/l), DQO (1037.70 mg/l), SST (408.76 mg/l), Aceites y Grasas (103.29 mg/l) y Coliformes Termotolerantes (7.04E+08 NMP/100ml). La temperatura oscila de 21.8°C a 7.8°C, con precipitación de 54.9 mm promedio anual y vientos de 2.61 km/h predominante en la dirección SE. Suelos de tipo GM en la zona destinada para la construcción de la PTAR y un 80% de aceptación a este tipo de proyectos por parte de la comunidad. Los resultados obtenidos indican que un tratamiento compuesto por un sistema lodos activados es la mejor alternativa de propuesta para el tratamiento de dichas aguas, la cual estaría diseñada para un periodo de 20 años con un caudal de diseño de 399.72 l/s permitiendo de esta manera obtener agua que cumpla los estándares necesarios para ser reutilizada en riego.

**Palabras clave:** Aguas residuales, planta de tratamiento, lodos activados

## ABSTRACT

The objective of this research is to provide a treatment proposal for wastewater from the southern part of the city of Cajamarca in the Huacaríz area. For this, several factors that influence the selection of the best alternative were analyzed, such as: the identification of the study area, the collection of the information referring to the wastewater under study, the characteristics of the wastewater, collection and processing of the characteristics of the study area, finally the best alternative that adapts to the area was selected. It was determined that the area of sanitary contribution discharged to the collector "La Victoria" is 340 hectares. It was also obtained that the average values of the evaluated parameters are: T (22.7C °), pH (7.89), BOD5 (409.93 mg / l), COD (1037.70 mg / l), SST (408.76 mg / l), Oils and Fats (103.29 mg / l) and Thermotolerant Coliforms (7.04E + 08 NMP / 100ml). The temperature ranges from 21.6 ° C to 8.0 ° C, with precipitation of 57.6 mm annual average and winds of 2.61 km / h prevailing in the SE direction. GM-type soils in the area designated for the construction of the WWTP and 80% acceptance of this type of project by the community. The results obtained indicate that a treatment composed of an activated sludge system is the best alternative proposal for the treatment of said waters, which would be designed for a period of 20 years with a design flow of 399.72 l / s allowing this way obtain water that meets the necessary standards to be reused in irrigation.

**Keywords:** Wastewater, treatment plant, activated sludge

## CAPITULO I

### I. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales es una operación que utiliza diferentes procesos de depuración: físicos, químicos y microbiológicos, por medio de unidades de tratamiento convencionales o naturales, permitiendo de esta manera que el agua que se desea tratar pueda eliminar la mayor parte de contaminantes presentes en la misma con la finalidad de que sus parámetros cumplan con los límites establecidos por las normas ambientales.

La ciudad de Cajamarca, capital del departamento del mismo nombre, está ubicada en el norte del Perú a 2750 m.s.n.m.; en los 7° 09' 26" Latitud Sur y 78° 31' 31" Longitud Oeste, de acuerdo a información proveniente del INEI - 2007 el total de la población del distrito de Cajamarca asciende a 188363 habitantes, del cual dentro el ámbito de influencia de SEDACAJ se considera 150197 pobladores de la zona urbana a esto se agregan las zonas de expansión que ascienden a 11,093 pobladores, dando un total de 161,290 habitantes.

Los habitantes ubicados en la zona de Huacaríz, Mollepampa y una parte de San Martín de la ciudad de Cajamarca descargan sus aguas residuales directamente al Río Mashcón a través del colector La Victoria sin ningún tratamiento previo por lo que se está generando una contaminación severa en el ambiente de la zona. El agua residual al no recibir tratamiento alguno altera la calidad del agua y sus propiedades físico - químicas y microbiológicas de los mismos, además de afectar a la flora y fauna existente en la zona y genera un foco de infección que puede ocasionar enfermedades de origen hídrico.

La Ciudad de Cajamarca no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado, por lo cual se tiene por prioridad un trabajo del tratamiento de aguas residuales. La presente investigación contribuye de alguna manera a reducir la contaminación del río Mashcón por aguas residuales no tratadas de la parte sur de la ciudad de Cajamarca, a través de la búsqueda de una tecnología que sea relativamente económica pero no menos eficiente colaborando también con la preservación del medio ambiente. Para este fin se seleccionará y establecerán bases de diseño de la tecnología más adecuada, con el fin de optimizar la remoción de contaminantes de las aguas residuales antes de ser descargadas al cuerpo receptor final, en este caso el río Mashcón.



## **1.1 PROBLEMA**

### **CONTEXTUALIZACIÓN**

La preocupación por la conservación del medio ambiente es un tema que se torna urgente no solo por la necesidad de detener la degradación del sistema medio ambiental, sino también buscar la remediación del daño que se ha causado con la falta de responsabilidad, planeamiento y control en el manejo de residuos contaminantes, es por ello que el tratamiento de aguas residuales está cobrando gran importancia en nuestro país. El agua de suministro doméstico, una vez utilizada contiene una gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, sólidos en suspensión, compuestos volátiles y otros elementos que al ser liberados sin un previo tratamiento conducen a un deterioro ambiental. La ejecución de un proceso de tratamiento del agua residual permite disminuir la contaminación al ecosistema y la mejora de la salud de los habitantes del sector.

### **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En la ciudad de Cajamarca las aguas residuales no reciben tratamiento antes de ser descargadas directamente en las corrientes y cuerpos superficiales de agua; es así que las aguas residuales son descargadas al río Mashcón alterando su calidad y generando problemas ambientales. La parte sur de la ciudad de Cajamarca presenta su último buzón en la quebrada Los Chilcos, de ahí el agua es conducida hacia el Río Mashcón, sin embargo los pobladores de la zona desvían el agua de la quebrada y del mismo río por medio de canales para el regadío de sus cultivos y pastizales; poniendo en riesgo la salud de la población que consumen directamente los productos de los cultivos e indirectamente a través del consumo de animales que se alimentaron de dichos pastos regados con aguas servidas. Una manera efectiva de evitar y solucionar la mayor parte de problemas generados por la mala disposición de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca es mediante la aplicación de un tratamiento a la misma.

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La contaminación de las aguas del Río Mashcón, en la zona de Huacariz, por el vertimiento sin tratar de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca, nos propone una pregunta: caracterizando las aguas residuales de la zona sur de la ciudad de Cajamarca ¿Qué tratamiento se puede proponer para tratar dichas aguas?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar una propuesta para el tratamiento de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca en la zona Huacaríz.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Delimitar la zona de estudio.
- Recopilar información referente a las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca.
- Determinar las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas residuales generadas en la parte sur de la ciudad de Cajamarca.
- Recopilar y procesar información de las características de la zona de estudio.
- Identificar la tecnología más adecuada para tratar las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca.
- Establecer las bases de diseño para el tratamiento de las aguas residuales en la zona de huacaríz.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Reglamento de la ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto supremo N° 001-2010-AG Artículo 135°.- Prohibición de efectuar vertimientos sin previa autorización menciona que en ningún caso se podrá efectuar vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento en infraestructura de regadío, sistemas de drenaje pluvial ni en los lechos de quebrada seca.

Según la Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica – 2009; el estudio realizado por Marco Rivera-Jacinto, Claudia Rodríguez-Ulloa, John López-Orbegoso, Se determinó el nivel de coliformes fecales y la frecuencia de Escherichia coli en 85 muestras de hortalizas, obtenidas de manera aleatoria y expendidas en los principales

mercados de Cajamarca. El procesamiento, aislamiento e identificación bacteriana se realizó según la Food and Drug Administration (FDA). El 40% de muestras presentaron coliformes fecales, con elevado número más probable por gramo (NMP/g) e importante frecuencia de E. coli en perejil y lechuga. El análisis revela un alto nivel de contaminación fecal, un estado sanitario inaceptable y la necesidad de establecer medidas de control frente al riesgo que esto representa para la salud.

Por otro lado, en la Constitución peruana de 1979, en su artículo 123 se reconoció expresamente como un derecho ciudadano, al derecho a habitar en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado.

Cajamarca presenta espacios y extensiones que pueden ser adecuados y aprovechados para realizar sistemas de tratamientos donde no afecten a la población. Mediante esta investigación, se busca también evitar la contaminación del río Mashcón, al descargar efluentes tratados previamente.

#### **1.4 ALCANCES**

Ante el déficit de infraestructura para el manejo del agua residual en la ciudad de Cajamarca, y conociendo que referida localidad tiene una extensión muy grande, así como su topografía condiciona dos vertientes para evacuar por gravedad, sus aguas residuales, la presente investigación trata todo lo relacionado a la vertiente sur de la ciudad.

En el presente estudio se genera una propuesta de tratamiento a las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca, como base de solución a la contaminación generada en la zona de estudio.

La propuesta se sustenta principalmente en la caracterización física, química y bacteriológica de referidas aguas residuales, las mismas que son dispuestas a través del colector La Victoria, así mismo y en forma complementaria se ha tomado en cuenta las características de la zona de estudio.

Identificado el tratamiento de aguas residuales más adecuado para la zona en estudio, se plantea las condiciones básicas para generar el desarrollo del proyecto mismo, ya que se da a conocer las bases de diseño para el mismo.

## CAPITULO II

### II. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

Tras diecinueve años de la puesta en marcha del Plan Director de Tecnologías No Convencionales desarrollado por la Junta de Andalucía (España), que se inició con la construcción de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas Residuales de Carrión de los Céspedes en 1990, más del 50% de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas existentes en la Comunidad Autónoma de Andalucía (que en el año 2006 eran aproximadamente 720) operan bajo los principios de este tipo de tecnologías (Filtro Verde, Lagunaje, Filtros de Turba, Contactares Biológicos). (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

De acuerdo al “Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento” se concluyó que, respecto al marco normativo falta autorización para el vertimiento o reúso (más de 90%), y de lugares autorizados para la disposición final de lodos y residuos sólidos de las PTAR y falta de regulación en el manejo de lodos para reúso agrícola. Respecto al diseño y construcción de las PTAR, existen fallas de construcción y equipamiento insuficiente. Con respecto a las alternativas tecnológicas, falta capacidad para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de tecnologías avanzadas. (SUNASS, 2015)

Según el documento Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales: El Perú genera aproximadamente 2 217 946 m<sup>3</sup> por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento, del cual solo el 32% de estas recibe tratamiento. Se estima que al 2024 el Perú generará más del doble de aguas residuales que actualmente manejan las EPS llegando a un total de 4842579 m<sup>3</sup>/ día. (OEFA, 2014)

El informe de evaluación de resultados del quinto monitoreo participativo de la calidad del agua superficial de la cuenca Crisnejas- sub cuenca Cajamarquino-Ámbito ALA Cajamarca, realizado en setiembre del 2017, muestra los parámetros del Rio Mashcón, tomando como punto de monitoreo RMash2 refleja valores por encima de lo permisible e inaceptable para su uso en riego de vegetales, siendo estos: DBO5 (322 mg/l), DQO (553 mg/l), SST (150 mg/l), Aceites y Grasas (26.3 mg/l) y Coliformes Termotolerantes (1.7E+07 NMP/100ml). (ALA CAJAMARCA, 2017)

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **AGUAS RESIDUALES**

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La acción líquida de los mismos — aguas residuales— es esencialmente el agua de que se desprende la comunidad una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Desde el punto de vista de las fuentes de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.(METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

### **FUENTES DE AGUAS RESIDUALES**

Las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son: (1) aguas domésticas o urbanas. (2) aguas residuales industriales, (3) escorrentías de usos agrícolas, (4) pluviales. (RAMALHO, R. 1996)

Aunque la mayor parte de las aguas servidas (cerca del 90%) provienen del uso doméstico e industrial, la contaminación debida a los usos agrícolas así como las pluviales de zonas urbanas están adquiriendo una gran importancia. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

#### **a. Aguas Residuales Domésticas**

Compuesta por: Aguas de cocina: sólidos, materia orgánica, grasas, sales; Aguas de lavadoras: detergentes, nutrientes; Aguas de baño: jabones, geles, champus, Aguas negras, procedentes del metabolismo humano: sólidos, materia orgánica, nutrientes, sales, organismos patógenos.

#### **b. Aguas Residuales Industriales**

Resultantes de actividades industriales que descargan a la red de alcantarillado. Estas aguas presentan una composición muy variable dependiendo de cada tipo de industria.

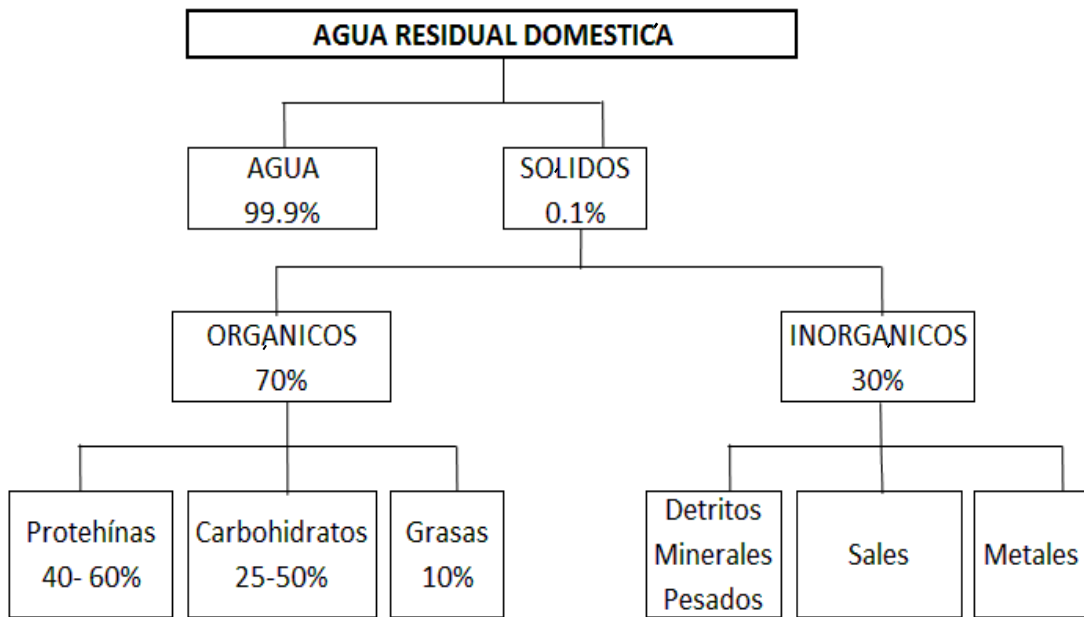
#### **c. Aguas De Escorrentía Pluvial**

En algunas ocasiones, las aguas de lluvia son recogidas por el mismo sistema de alcantarillado que se emplea para la recogida y conducción de las aguas residuales domésticas e industriales.

#### d. Aguas De Usos Agrícolas

Las escorrentías de usos agrícolas que arrastran fertilizantes (fosfatos) y pesticidas están empezando a construir una de las causas mayores de eutrofización de lagos y pantanos.

#### COMPOSICIÓN DE AGUA RESIDUAL



**Figura 1 : Composición media de las ARD**

Fuente: METCALF, L. y EDDY, H. 1995

#### MUESTREO Y MONITOREO DE AGUAS RESIDUALES

Hay dos tipos de muestras que pueden tomarse: muestra simple, y muestra compuesta. La muestra simple nos da características del agua residual en el momento en que la muestra es tomada. Se usa generalmente cuando: (1) el caudal de agua residual y su composición es relativamente constante; (2) el flujo del agua residual es intermitente, y (3) cuando las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH y temperatura). El volumen mínimo de una muestra simple debe estar entre 1 y 2 litros.

Las muestras compuestas son aquellas formadas por mezcla de muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada muestra individual que se añade a la mezcla compuesta debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento en que la muestra fue tomada. (RAMALHO, R. 1996)

### **a. Puntos de Monitoreo**

Se ubicará un punto de monitoreo en el ingreso del agua residual cruda a la PTAR, después de la combinación de los distintos colectores de agua residual que descargan a la obra de llegada a la PTAR o, en su defecto, al ingreso a cada módulo de tratamiento, según sea el diseño del ingreso a la PTAR. En todos los casos el punto de monitoreo debe ubicarse en un lugar que evite la interferencia de sólidos de gran tamaño en la toma de muestras, por lo que debe ubicarse preferentemente después del proceso de cribado de las aguas residuales. (MVCS, 2013)

#### Características del punto de monitoreo

Los puntos de monitoreo deben tener las siguientes características:

- Permitir que la muestra sea representativa del flujo
- Estar localizados en un punto donde exista una mejor mezcla y estar preferentemente cerca al punto del aforo
- Para la medición del afluente, el punto de monitoreo debe estar antes del ingreso de agua de recirculación, si existiera.
- Ser de acceso fácil y seguro, evitando caminos empinados, rocosos, vegetación densa y fangos.
- Contar con una placa de identificación incluyendo la denominación del punto de monitoreo.

Si no existe un lugar apto para la toma de muestras, se instalará la infraestructura

### **b. Parámetros de Calidad**

Los parámetros sujetos al monitoreo de los efluentes de las PTAR son los indicados en el 0.5. N° 003- 2010-MINAM para los cuales se fija los Límites Máximos Permisibles.

Estos son los siguientes:

- Aceites y Grasas
- Coliformes Termotolerantes
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Demanda Química de Oxígeno
- Ph
- Sólidos Totales Suspendidos
- Temperatura

Estos parámetros se monitorearán en el agua residual cruda (afluente) y en el agua residual tratada (efluente), tomando en todos los casos muestras simples. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el 0.5. N° 003-2010-MINAM, cuando existan indicios (MVCS, 2013)

#### **c. Frecuencia de Monitoreo**

La frecuencia de monitoreo se establece para medir los cambios sustanciales que ocurren en determinados periodos de tiempo, a fin de realizar el seguimiento periódico respecto a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos, orgánicos, microbiológicos ligados al agua residual cruda y tratada de la PTAR. (MVCS, 2013)

#### **d. Desarrollo del Monitoreo**

El trabajo de campo se inicia con la preparación de materiales (incluido material de laboratorio), equipos e indumentaria de protección. Asimismo, se deberá contar con las facilidades de transporte y logística para el desarrollo del trabajo de campo.

##### *Preparación de materiales y equipos*

Tiene como objetivo cubrir todos los elementos indispensables para llevar a cabo un monitoreo de forma efectiva, por lo que es importante preparar con anticipación los materiales de trabajo, solución amortiguadora de pH, formatos (registro de datos de campo, etiquetas para las muestras de agua residual y cadena de custodia).

##### *Precauciones durante el monitoreo*

En general se debe tener conocimiento de lo siguiente:

1. El peligro de explosión causado por la mezcla de gases explosivos en el sistema de alcantarillado.
2. El riesgo de envenenamiento por gases tóxicos, por ejemplo, Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S) o Monóxido de Carbono (CO).
3. El riesgo de sofocación por la falta de oxígeno.
4. El riesgo de enfermedades causadas por organismos patógenos presentes en las aguas residuales.
5. El riesgo de heridas físicas debidas a caídas y deslizamiento.
6. El riesgo de ahogamiento.
7. El riesgo de impacto causado por objetos que puedan caer.



## **e. Muestreo**

El objetivo del muestreo es tomar una muestra representativa del afluente y efluente de la PTAR, para analizar los parámetros establecidos. En canales o albañales, se debe tomar la muestra a un tercio del tirante de la superficie, evitando tomar las muestras cerca de la superficie o del fondo. En la toma de muestras se debe evitar partículas grandes, sedimentos y/o material flotante que se haya acumulado en el punto de muestreo. En caso no sea posible tomar las muestras después del proceso de cribado, se debe tomar la muestra evitando recolectar los sólidos de gran tamaño. (MVCS, 2013)

### Medición de parámetros en campo y registro de información

Los parámetros de campo son: pH y temperatura, además de la medición y registro de caudal.

### Toma de muestras de agua residual

Se recomienda utilizar frascos de plástico o vidrio de boca ancha con cierre hermético y limpio. El tipo de frasco dependerá del parámetro a analizar. Se debe preparar los frascos a utilizar en el muestreo, de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.

### Preservación de muestras

Una vez tomada la muestra, se deberá incorporar, en caso que el parámetro lo requiera, el reactivo de preservación que se agregaría preferentemente in-situ después de la toma de la muestra de agua.

### Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

Los frascos deben ser etiquetados y rotulados, con letra clara y legible. De preferencia debe usarse plumón de tinta indeleble y cubrir la etiqueta con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información:

- Nombre de PTAR y denominación del punto de monitoreo.
- Número de muestra (referido al orden de toma de muestra).
- Fecha y hora de la toma de muestra.
- Preservación realizada, tipo de reactivo de preservación utilizado.
- Operador del muestreo.

### Llenado del formato de Cadena de Custodia

Llenar el formato de cadena de custodia indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua, volumen, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador del muestreo y otra relevante.

### Conservación y Transporte de las Muestras

Las muestras de agua residual recolectadas, preservadas y rotuladas, deben colocarse en una caja de almacenamiento térmica con refrigerante (ice pack), para cumplir con la recomendación de temperatura indicada en la tabla adjunta. En el caso de utilizar hielo, colocar éste en bolsas herméticas para evitar fugas de la caja donde se transportan las muestras de agua. Asimismo, se debe evitar roturas en el caso de frascos de vidrio durante el transporte de muestras, utilizando bolsas de poliburbujas, de embalaje o de cualquier otro material.

El envío de muestras perecibles (coliformes, DB05 y otros) al laboratorio para su análisis, debe cumplir con el tiempo establecido en las recomendaciones para la preservación y conservación y éstas deben ir acompañadas de su respectiva cadena de custodia.

Transportar las muestras hasta el laboratorio, adjuntando el formato de cadena de custodia.

**Tabla 1 Requisitos para toma de muestra de agua y preservación de las muestras para el monitoreo**

<b>Parámetro</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Volumen mínimo de muestra</b>	<b>Preservación y concentración</b>	<b>Tiempo Máximo de Duración</b>
<b><i>Fisicoquímico</i></b>				
Temperatura	P,V	1000 ml	No es posible	15 min
Ph		50 ml	No es posible	15 min
DBO5	P,V	1000 ml	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO	P,V	100 ml	Analizar lo más pronto posible, o agregar H2SO4 hasta PH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y Grasas	V, boca ancha calibrado	1000 ml	Agregar HCl hasta PH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	P,V	100 ml	Refrigerar a 4°C	7 días
<b><i>Microbiológico</i></b>				
Coliformes Termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 ml	Refrigerar a 4°C. Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: (MVCS, 2013)

## **CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Los estudios de caracterización del agua residual están encaminados a determinar: las características físicas, químicas y biológicas del agua y las concentraciones de los constituyentes del agua residual. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

Cada agua residual es única en sus características aunque en función del tamaño de la población, del sistema de alcantarillado empleado, del grado de industrialización y de la incidencia de la pluviometría, pueden establecerse unos rangos de variación habituales, tanto para los caudales como para las características fisicoquímicas de estos vertidos. El conocimiento de los caudales y características de las aguas residuales generadas en las aglomeraciones urbanas es básico para el correcto diseño de los sistemas de recogida, tratamiento y evacuación de las mismas. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

### **a. Características Físicas**

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. (METCALF y EDDY, 1995)

#### **• Sólidos Totales**

Conocer el contenido de sólidos permite saber de forma general su naturaleza y si se requiere de algún tratamiento en particular que facilite su remoción o eliminación. Los sólidos en las aguas residuales pueden estar en forma suspendida, coloidal y disuelta. A continuación se presenta una breve descripción de los diferentes tipos de sólidos encontrados en aguas residuales, así como una rápida descripción del proceso usado para determinarlos. (CRITES, R. et al. 2000)

La materia sólida del agua residual está presente tanto en forma disuelta como en suspensión. Además es importante determinar su presencia, ya que determinan el mayor o menor grado de depuración que se obtendría de acuerdo con la eficiencia de las distintas etapas de tratamiento. La concentración de sólidos totales nos indica la cantidad de lodos que se producirán diariamente en condiciones normales. Además indican la turbiedad debido a los sólidos no filtrables. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

**Tabla 2 Definiciones para sólidos encontrados en aguas residuales**

<b>PRUEBA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 a 105)°C
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500 ± 50)°C
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500 ± 50)°C
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico, medidos después de que este ha sido secado a una temperatura específica
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatizados e incinerados cuando los SST son calcinados a (500 ± 50)°C
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST (500 ± 50)°C
Sólidos disueltos totales (SDT) (ST – SST)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de SDT comprende coloides y sólidos disueltos. Los coloides son del tamaño 0.001 a 1 mm
Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT – SST)	Sólidos que pueden ser volatizados e incinerados cuando los SDT son calcinados (500 ± 50)°C
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo después de calcinar los SDT (500 ± 50)°C
Sólidos sedimentables	Sólidos suspendidos como mililitros por litro, que se sedimentaran por fuera de la suspensión dentro de un período de tiempo específico.

Fuente: CRITES, R. et al. 2000

**Sólidos Totales Secados a 103-105°C:** El procedimiento según los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales:(APHA et al. 1992)

**Principio:** Se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso sobre el de la placa vacía representa los sólidos totales. Es posible que en muestras de aguas residuales los resultados no representen el peso real de los sólidos disueltos y suspendidos

**Instrumental**

- Placas de evaporación: placas de 100 ml. de capacidad (vaso alto de sílice)
- Desecador
- Horno de secado, para operaciones a 103-105°C
- Balanza analítica, capaz de pesar hasta 0.1 mg.

### Procedimiento

- Preparación de la placa de evaporación: Caliéntese la placa limpia a 103-105°C durante una hora. Consérvese la placa en el desecador hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de usar
- Análisis de la muestra: elijase un volumen de la muestra que proporcione un residuo entre 2.5 y 200 mg. Transfiérase un volumen medido de muestra bien mezclada a la placa pesada previamente y evapórese hasta que se seque en un horno de secado. Secarla muestra evaporada al menos durante una hora en horno a 103-105 °C, enfriar la placa en desecador para equilibrar la temperatura y pesar.

### Cálculo

$$\text{mg de sólidos totales /l} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{vol.de muestra, ml}} \quad (1)$$

Dónde:

A= peso de residuo seco + placa, mg

B= peso de la placa, mg

**Sólidos Totales en Suspensión Secados a 103-105°C:** Se denomina de este modo a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45 µm). El procedimiento según los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales :(APHA et al. 1992)

### Principio:

Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio, y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103- 105 °C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. Si este material obtura el filtro y prolonga la operación de filtrado, la diferencia entre el total de sólidos y el total de sólidos disueltos puede proporcionar un cálculo aproximado de los sólidos totales en suspensión.

### Instrumental

- Discos de filtrado de fibra de vidrio, sin aglutinante orgánico.
- Aparato de filtrado: Embudo de filtro de membrana.
- Matraz de succión, de capacidad suficiente para el tamaño de muestra seleccionado.
- Plancheta, acero inoxidable o aluminio, 65 mm de diámetro
- Desecador
- Horno de secado, para operaciones a 103-105 °C.
- Balanza de Análisis

### Procedimiento

- Preparación del disco de filtrado de fibra de vidrio: Insértese el disco con la cara rugosa hacia arriba en el aparato de filtrado. Hágase el vacío y lávese el disco con tres volúmenes sucesivos de 20 ml de agua destilada. Continúese succionando hasta eliminar todo vestigio de agua. Quítese el filtro del aparato de filtrado y trasládese a una plancheta de aluminio o acero inoxidable. Séquese en horno a 103-105 °C durante una hora. Repítase el ciclo de secado o incineración, enfriamiento, desecación y pesado hasta obtener un peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor de 0,5 mg entre pesadas sucesivas.
- Selección del filtro y tamaños de la muestra: Para muestras no homogéneas como agua residual no tratada, utilícese un filtro ancho para permitir el filtrado de una muestra representativa.
- Análisis de la muestra: Móntese el aparato de filtrado y el filtro e iníciase la succión. Para ajustar el filtro, humedézcase este con una pequeña cantidad de agua destilada. Fíltrese un volumen medido de muestra bien mezclada por el filtro de fibra de vidrio. Lávese con tres volúmenes sucesivos de 10 ml de agua destilada, permitiendo el drenaje completo del filtro entre los lavados, y continúese succionando durante unos tres minutos después de terminar el filtrado. Sepárese cuidadosamente el filtro del aparato y trasládese a una plancheta de aluminio o acero inoxidable. Séquese en horno a 103-105 °C durante una hora al menos, enfríese en un desecador para equilibrar la temperatura y pése.

### Cálculo

$$\text{mg de sólidos totales en suspensión/l} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{vol.de muestra, ml}} \quad (2)$$

Dónde:

A= peso del filtro + residuo seco, mg

B= peso del filtro, mg

#### • **Turbiedad**

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en

línea recta a través de la muestra. La correlación de la turbidez con la concentración en peso de la materia en suspensión es difícil de establecer, ya que en la dispersión luminosa también intervienen el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas. :(APHA et al. 1992)

La medición de la turbidez en el agua es importante porque los sólidos en suspensión pueden interferir en el proceso de desinfección debido a que muchos organismos patógenos quedan ocluidos y así protegerse de la acción del desinfectante. (CAMARGO, J. 2010)

- **Color**

El color puede ser usado para estimar la condición general del agua residual, un color café claro indica que el agua tiene aproximadamente 6 horas de descarga, un color gris claro es indicativo de que el agua ha sufrido algún grado de descomposición o que ha permanecido un corto tiempo en los sistemas de recolección, un color gris oscuro o negro es indicativo de aguas sépticas han sufrido una fuerte descomposición bacterial en condiciones anaerobias. El oscurecimiento de las aguas residuales generalmente de debe a la formación de sulfuros, especialmente sulfuro ferroso. (CRITES, R. et al. 2000)

El color del agua puede estar condicionado por la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), de humus y turbas, de plancton, de restos vegetales y de residuos industriales. Tal coloración se elimina para adaptar un agua a usos generales e industriales. Las aguas residuales industriales coloreadas suelen requerir la supresión del color antes de su desagüe. (APHA, et al. 1992)

- **Olor**

Los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales Industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diversos procesos de tratamiento. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

- **Temperatura**

La temperatura del agua es un parámetro muy importante para su efecto en la vida acuática de las especies psicólicas, en el crecimiento bacteriano, en las reacciones químicas y velocidades de reacción. Las temperaturas elevadas resultan de descargas de agua caliente (como aguas de refrigeración industrial y aguas de proceso) pueden tener un impacto ecológico significativo. El cambio en la temperatura de un cuerpo de agua afecta en forma directa la solubilidad de los gases (como el oxígeno), la solubilidad de las sales y por lo tanto la conductividad eléctrica, la determinación del pH, etc. (CAMARGO, J. 2010)

- **Densidad**

Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen, expresada en  $\text{kg/m}^3$ . Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. Este parámetro, depende de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos en el agua residual. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

**b. Características Químicas**

Las características químicas de las aguas residuales puede ser agrupadas por su naturaleza en tres grupos: materia orgánica, compuestos inorgánicos y compuestos gaseosos. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

Entre las características inorgánicas se encuentran el nitrógeno, fósforo, pH, alcalinidad, metales, mientras que las orgánicas son las demandas de oxígeno en el agua (química DQO y bioquímica DBO) así como el carbono orgánico total (COT). (CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA, 2003)

- **Materia Orgánica**

Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, hidratos de carbono, y grasas y aceites. Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente



está presente en aguas residuales que no sean muy recientes. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

Los métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en dos grupos. Los empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores a 1 mg/L y los empleados para determinar las concentraciones de 0.001 mg/L a 1 mg/L. En el primer grupo se incluye los siguientes ensayos: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO) y Carbono orgánico total (COT). En el segundo grupo se emplean métodos instrumentales que incluyen la cromatografía de gases y la espectroscopia de masa. (METCALF, L. y EDDY, H. 1996)

#### - **Aceites y Grasas**

El término grasa, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. Las grasas y aceites animales alcanzan las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca de cerdo, margarina y aceites y grasas vegetales. Las grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces y ciertas frutas. Otro tipo son los aceites minerales como el keroseno, aceites lubricantes y aceites de materiales bituminosos empleados en la construcción de firmes de carreteras. El keroseno, los aceites lubricantes y los procedentes de materiales bituminosos son derivados del petróleo y del alquitrán, y sus componentes principales son carbono e hidrogeno. Llegan a la red de alcantarillado a través de tiendas, garajes, talleres y calles. La mayor parte de estos aceites flotan en el agua residual, aunque una fracción de ellos se incorpora al fango por los sólidos sedimentables. Los aceites minerales tienden a recubrir las superficies en mayor medida que las grasas, los aceites y los jabones. Las partículas de estos compuestos interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica y son causa de problemas de mantenimiento. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

#### ***EPA METHOD 1664 Rev.B2010: n-Hexane Extractable Material***

##### *Fundamento teórico*

En el proceso industrial de extracción pueden considerarse las siguientes etapas: Disolución de los constituyentes solubles y separación del sólido inerte. Recuperación del disolvente, si es económicamente viable. Lavado del sólido inerte para recuperar mayor cantidad de soluto.

### Materiales y equipos

- Papel filtro
- Embudo de decantación
- Bomba de vacío
- Equipo para la destilación del disolvente
- Matraz de ebullición
- Balanza analítica

### Reactivos

- Ácido Clorhídrico o ácido sulfúrico
- n-hexano-85% de pureza mínima

### Procedimiento

- Recoger aproximadamente un litro de muestra representativa en una botella de vidrio
- Ajustar el pH de la muestra a menos de 2 con solución de HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Tarar un matraz de ebullición limpio
- Verter la muestra en el embudo de separación.
- Añadir 30 ml de n-hexano a la botella de la muestra, agitar la botella para enjuagar todas las superficies interiores
- Extraer la muestra agitando el embudo de separación vigorosamente durante 2 minutos
- Dejar que la fase orgánica se separe de la fase acuosa durante un mínimo de 10 minutos. Si se forma una emulsión entre las fases y la emulsión es mayor que un tercio del volumen de la capa de disolvente, se debe emplear técnicas de ruptura en emulsión para completar la separación de fases. La técnica óptima puede incluir agitación, filtración a través de lana de vidrio, el uso de papel fase de disolvente de separación, centrifugación, el uso de un baño ultrasónico con hielo, la adición de NaCl, u otros métodos físicos.
- Colocar un papel de filtro en un embudo de filtro, añadir aproximadamente 10 g de anhídrido Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, y enjuague con una pequeña porción de n-hexano. Deseche el agua de enjuague.
- Drenar la capa de n-hexano (capa superior) desde el embudo de decantación a través de la Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en el matraz de ebullición previamente pesada y repetir la extracción dos veces más con porciones de 30 ml de n-hexano, combinando los extractos en el matraz de ebullición.

- Conectar el matraz hirviendo para el aparato de cabeza de destilación y destilar el disolvente por la inmersión de la mitad inferior del matraz en un baño de agua o un baño de vapor. Ajustar la temperatura del agua según sea apropiado para completar la concentración. El disolvente puede ser recogido para su reutilización.
- Cuando la temperatura en la cabeza de destilación alcanza aproximadamente 70° C o el matraz aparece casi seco, quitar la cabeza de destilación. Barrer el matraz durante 15 segundos con aire para eliminar el vapor de disolvente mediante la inserción de un tubo de vidrio conectado a una fuente de vacío.
- Secar y enfriar el matraz a temperatura ambiente en un desecador durante 30 minutos mínimo. Retire con unas pinzas y se pesa inmediatamente.

### Cálculo

$$HEM (mg/L) = \frac{w_h}{V_s} \quad (3)$$

Dónde:

W h = Peso del material extraíble (mg)

V s = Volumen de la muestra

### - **Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>**

Es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo (cinco días) se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

Este parámetro brinda un estimado del oxígeno disuelto requerido por los microorganismos en la degradación de los compuestos biodegradables. (MENENDEZ, C. et al. 2007)

El análisis de la demanda bioquímica de oxígeno permite relacionar el consumo de oxígeno de los microorganismos con el estado del agua. En aguas altamente contaminadas, donde existe gran cantidad de microorganismos así como materia orgánica, el valor del DBO es alto. El agua puede ser estabilizada biológicamente introduciendo una cantidad de oxígeno igual a la demanda obtenida en el ensayo. En caso de no ser tratada el agua, la demanda de oxígeno seguirá produciéndose y la estabilización pierde su propósito. (CRICYT, 2004)

### Prueba DBO de 5 Días

El procedimiento según los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. (APHA, et al. 1992):

Principio: El método consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un frasco hermético del tamaño especificado, e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación, y el DBO se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final. Debido a que el OD se determina inmediatamente después de hacer la dilución, toda la captación de oxígeno, incluida la que ocurre durante los 15 primeros minutos, se incluye en la determinación del ROB.

#### Instrumental:

- Botellas de incubación, capacidad de 250 a 300 ml.
  - Incubador de aire o baño de agua, controlado por termostato a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Elimínese toda la luz para evitar la posibilidad de producción fotosintética de OD.

#### Reactivos

- Solución de tampón fosfato
- Solución de sulfato de magnesio
- Solución de cloruro de calcio
- Solución de cloruro férrico

#### Procedimiento

- Preparación de agua para dilución: Colóquese el volumen deseado de agua en un frasco adecuado y añádase 1 ml de las soluciones de tampón fosfato, de  $\text{MgSO}_4$ , de  $\text{CaCl}_2$ , y de  $\text{FeCl}_3$ /l de agua. Antes de usar el agua de dilución debe ponerse a una temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Satúrese con OD agitando en una botella parcialmente llena o aireando con aire filtrado libre de materia orgánica.
- Técnica de dilución: Háganse varias diluciones de la muestra preparada para obtener captación de OD en dicho intervalo. Un análisis más rápido, tal como el DBO, presenta una correlación aproximada con el ROB y sirve como una guía para seleccionar las diluciones. En ausencia de datos previos, utilícense las siguientes diluciones: 0,0 a 1,0 por 100 para los residuos industriales fuertes, 1 a 5 por 100 para las aguas residuales depuradas y brutas, del 5 al 25 por 100 para el efluente tratado biológicamente, y del 25 al 100 por 100 para las aguas fluviales contaminadas.

Utilizando una pipeta volumétrica de boca ancha, añádase el volumen de muestra deseado a frascos de ROB individuales de capacidad conocida. Añádanse cantidades adecuadas del material de siembra a los frascos ROB individuales o al agua de dilución.

- Determinación del OD inicial: Si la muestra contiene materiales que reaccionan muy deprisa con el OD, determínese el OD inicial inmediatamente después de llenar el frasco ROB con muestra diluida.
- Incubación: Incúbese a  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  los frascos de DBO que contengan las diluciones deseadas, los controles de siembra, los blancos de agua de dilución, y los controles de glucosa-ácido glutámico. Sellar los frascos.
- Determinación del OD final: Después de 5 días de incubación, determínese el OD en las diluciones de la muestra, en los blancos y en los controles.

#### Cálculo

$$DBO_5 \text{ mg/l} = \frac{D_1 - D_2}{P} \quad (4)$$

Dónde:

D1, = OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación, mg/l,

D2 = OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mg/l,

P = fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada,

#### - **Demanda Química de Oxígeno DQO**

Es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar los componentes orgánicos del agua utilizando agentes químicos oxidantes. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

La DQO brinda una medida más real de la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación de los compuestos orgánicos a  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , cuando se utiliza un oxidante fuerte. El mejor método para determinar la DQO es aquel que arroja valores iguales o cercanos a la DTO, que es el del dicromato. Se define como DTO (demanda teórica de oxígeno) a la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición de cualquier compuesto orgánico que teóricamente puede ser oxidado hasta la obtención final de productos estables como  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ . (MENÉNDEZ, C. et al. 2007)

### Reflujo Cerrado, Método Clorimétrico

El procedimiento según los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales: (APHA, et al. 1992)

Principio: La mayor parte de la materia orgánica resulta oxidada por una mezcla a ebullición de los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra en una solución acida fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ). Después de la digestión, el  $K_2Cr_2O_7$  no reducido que quede se determina con sulfato de amonio ferroso para determinar la cantidad de  $K_2Cr_2O_7$  consumido y calcular la materia orgánica oxidable en términos de equivalente de oxígeno. Manténganse constantes las proporciones de pesos de reactivos, de volúmenes y de concentraciones cuando se utilicen volúmenes de muestra distintos de 50 ml. El tiempo estándar de reflujo de 2 horas puede reducirse si se ha demostrado que un período más corto produce los mismos resultados. Los vasos de reacción colorimétrica son ampollas de cristal selladas o tubos de cultivo tapados. El consumo de oxígeno se mide a 600 nm con un espectrofotómetro frente los estándares.

#### Instrumental:

- Vasos de digestión: Preferiblemente, utilídense tubos de cultivo de borosilicato
- Bloque de calentamiento: Aluminio fundido, 45 a 50 mm de profundidad, con agujeros ajustados al tamaño de los tubos de cultivo o ampollas.
- Horno o calentador de bloque, que funcione a  $150 \pm 2$  °C.
- Espectrofotómetro: Para usar a 600 nm

#### Reactivos:

- Solución de digestión: Añádanse a unos 500 ml de agua destilada, 10,216 g de  $K_2Cr_2O_7$ , de calidad para reactivos estándar primaria, previamente secado a 103 °C durante 2 horas, 167 ml de  $H_2SO_4$  conc. y 33,3 g de  $HgSO_4$ . Disuélvase, enfríese a temperatura ambiente y dilúyase hasta 1.000 ml.
- Reactivo ácido sulfúrico y ácido sulfánico
- Ftalato de hidrógeno de potasio
- Sulfato de Amonio ferroso (SAF) patrón para titulación, aproximadamente 0,1 M

#### Procedimiento:

- Tratamiento de las muestras: Mídase el volumen apropiado de muestra y reactivos en un tubo como se indica en la tabla II.3.

**Tabla 3 Cantidades de muestra y reactivos para varios vasos de digestión**

Vaso de digestión	Muestra ml	Solución de Digestión ml	Reactivo Ácido Sulfúrico ml	Volumen total final ml
Tubos de cultivo				
16 x 100 mm	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150 mm	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 mm	10.0	6.0	14.0	30.0
Ampollas estándar de 10ml	2.5	1.5	3.5	7.5

Fuente: (APHA, et al. 1992)

Colóquese la muestra en el tubo de cultivo o en la ampolla y añádase la solución de digestión. Viértase con cuidado el ácido sulfúrico en el vaso, de forma que se cree una capa de ácido debajo de la capa de la solución de digestión de la muestra. Ciérrense bien las ampollas, e inviértase varias veces cada uno de ellos para mezclar completamente. Colóquense los tubos o las ampollas en un digestor de bloque o en un horno precalentado a 150 °C y sométase a reflujo durante 2 horas. Enfríese a temperatura ambiente y Colóquense los vasos en la rejilla de tubos de ensayo. Añádase de 0,05 a 0,10 ml (de 1 a 2 gotas) de indicador de ferroína y agítase rápidamente en un agitador magnético mientras se titula con SAF 0,10M. El punto final es un marcado cambio de color del azul verdoso al marrón rojizo.

- Determinación de la reducción de dicromato: Inviértanse las muestras enfriadas, el blanco y los patrones varias veces y déjese que los sólidos se depositen antes de medir la absorbancia. Quítense los sólidos que se adhieren a la pared del envase mediante golpes suaves. Insértese el tubo o la ampolla cerrada a través de la puerta de acceso en la trayectoria de la luz del espectrofotómetro ajustado a 600 nm. Léase la absorbancia y compárese con la curva de calibración.

- Preparación de la curva de calibración: Prepárense al menos cinco patrones de la solución ftalato hidrógeno de potasio con DQO equivalentes que oscilen entre 20 y 900 µg O<sub>2</sub>/l. Complétese el volumen con agua destilada; utilícense los mismos volúmenes de reactivos, los mismos tubos, o tamaños de ampolla, y el mismo procedimiento de digestión que para las muestras. Prepárese la curva de calibración para cada nuevo lote de tubos o ampollas o cuando los patrones preparados en el apartado 4a difieran en ≥ el 5 por 100 de la curva de calibración.

Calculo:

$$DQO \text{ en } mg \text{ O}_2 / l = \frac{mg \text{ O}_2 \text{ en el volumen final} \times 1000}{ml \text{ de muestra}} \quad (5)$$

- **Compuestos Inorgánicos**

- **pH**

La concentración del ion hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

- **Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. Normalmente el agua residual es alcalina propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos a usos domésticos. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

- **Nitrógeno**

Se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y, en menor cantidad, de nitratos y nitritos. Para su cuantificación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

Puesto que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, será preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

- **Fósforo**

En las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que las distintas formas nitrogenadas, su determinación se realiza mediante métodos espectrofotométricos. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

Es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales o escorrentías naturales. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)



## - Metales

Los efectos de los metales en aguas potables y residuales pueden ser beneficiosos, tóxicos o simplemente molestos. Algunos metales resultan esenciales, mientras que otros pueden perjudicar a los consumidores del agua, a los sistemas de tratamiento de aguas residuales y a las aguas de depósitos. En muchos casos el potencial beneficio o riesgo depende de la concentración. (APHA, et al. 1992)

Los elementos calcio, sodio y magnesio son importantes para determinar la relación de adsorción de sodio (RAS), que se usa para determinar si un efluente tratado es apto para el uso agrícola. (CRITES, R. et al. 2000)

## • Gases

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas residuales crudas son el nitrógeno (N<sub>2</sub>), el oxígeno (O<sub>2</sub>), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), el amoníaco (NH<sub>3</sub>), y el metano (CH<sub>4</sub>). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

Algunos de estos gases pueden encontrarse disueltos en el agua. El O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, y el N<sub>2</sub> son ejemplos de gases que se disuelven en el agua. Los gases disueltos en el agua son muy importantes. Por ejemplo, el CO<sub>2</sub> es importante debido al papel que juega en el pH y la alcalinidad. El CO<sub>2</sub> es liberado en el agua por los microorganismos y consumido por plantas acuáticas. El oxígeno disuelto en el agua (OD) es de mucho más importancia, ya que es de vital importancia para la mayoría de los organismos acuáticos y además sirve como un indicador importante de la calidad de las aguas. (SPELLMAN, F. 2003)

## c. Características Bacteriológicas

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano. Uno de los parámetros más usados para evaluar las características bacteriológicas de un agua residual son los Coliformes Totales que incluyen: Coliformes Fecales + Coliformes de Origen No-fecal. Los coliformes son especies de organismos que indican contaminación por desechos humanos y animales. El grupo Coliformes Fecales están compuestos de varias cepas de bacterias, donde se encuentra el Escherichia Coli. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)



**Figura 2 Contaminación de origen Biológico**

Fuente: UBILLUS, M. 2017

- **Organismos Patógenos**

Los organismos patógenos presentes en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en aguas residuales son: bacterias, virus, helmintos y protozoos. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre y causan enfermedades del aparato intestinal como la tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera. (CRITES, R. et al. 2000)

Los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales en muy pequeñas cantidades siendo muy difícil su aislamiento, por ello, se emplean habitualmente los coliformes como organismo indicador. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

- **Organismos Indicadores**

Son organismos sustitutos que se emplean para llevar a cabo pruebas para identificar, estimar y monitorear la presencia de patógenos. Un organismo indicador ideal debe tener las siguientes características (ASANO, T. et al. 2006):

- Debe estar presente cuando la contaminación fecal está presente.
- Debe ser mayor o igual que el número de organismos patógenos objetivo.

- Debe exhibir las mismas o mayores características de supervivencia en los procesos de tratamiento y en el medioambiente que el organismo patógeno objetivo del cual es sustituto.
- No debe reproducirse fuera del organismo anfitrión (es decir, en procesos de cultivo el organismo indicador no debe constituir una amenaza seria a la salud de los laboratoristas).
- El aislamiento y cuantificación de los organismos indicadores debe ser más rápido que el del patógeno objetivo (el procedimiento debe ser menos caro y el cultivo más fácil que el de los organismos patógenos objetivo).
- El organismo indicador debe ser un miembro de la microflora intestinal de animales de sangre caliente.

### **Técnica De Fermentación En Tubo Múltiple Para Miembros Del Grupo De Los Coliformes**

El procedimiento según los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales: (APHA et al. 1992)

Para estudiar aguas no potables, inocúlese una serie de tubos con adecuadas diluciones decimales de la muestra de agua (múltiplos y submúltiplos de 10 ml), teniendo en cuenta la densidad probable de coliformes. Utilícese la fase supuesta confirmatoria del procedimiento de tubos múltiples. La técnica de la fermentación en tubos múltiples puede utilizarse para conseguir un cálculo estadísticamente válido del NMP de densidad de coliformes.

### **Prueba Para Coliformes Fecales (Medio Ec)**

#### **Medio EC:**

Triptosa o Tripticasa	20,0 g
Lactosa	5,0 g
Mezcla de sales biliares	1,5 g
Fosfato de Hidrógeno dipotasio K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	4,0 g
Fosfato de Dihidrógeno potasio KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,5 g
Cloruro de Sodio NaCl	5,0 g
Agua Destilada	1 L

Añádanse los ingredientes deshidratados al agua, mézclense cuidadosamente y caliéntense para disolverlos. El pH debe ser de  $6,9 \pm 0,2$  después de la esterilización. Antes de esterilizar, colóquese la mezcla en los tubos de fermentación, cada uno con un vial invertido, y con una cantidad de medio suficiente para que cubra, al menos parcialmente, al vial después de la esterilización. Ciérranse los tubos con tapones de metal o de plástico resistente al calor.

Agrúpense los tubos de fermentación en hileras de cinco en una gradilla para tubos de ensayo. Si se trata de agua no potable, se utilizarán cinco tubos por dilución (de 10, 1 o 0,1 ml, etc.). Inocúlese cada tubo con volúmenes duplicados de muestra (en diluciones decimales crecientes)

#### Procedimiento:

Estúdiense todos los tubos de fermentación presuntivos que hayan mostrado alguna cantidad de gas o un fuerte crecimiento durante las 48 horas de incubación en la prueba de confirmación.

- 1) Agítense suavemente o gírense los tubos de fermentación que muestran gas o un fuerte crecimiento. Con un asa estéril de metal de 3 mm de diámetro o un aplicador de madera estéril, pásese el cultivo de cada tubo de fermentación al medio EC.
- 2) Incúbense los tubos con medio EC inoculados en un baño de agua a  $44,5 \pm 0,2$  °C durante  $24 \pm 2$  horas.

Deposítense todos los tubos con EC en un baño de agua antes de que transcurran 30 minutos de la inoculación y manténgase a una profundidad suficiente como para que el agua del baño esté a un nivel superior al que tiene el medio en los tubos.

#### Interpretación:

Se considera como reacción positiva la aparición de gas en un medio EC a las 24 horas o menos de incubación. La falta de gas (a veces se produce crecimiento) constituye un resultado negativo, que indica que el origen de los microorganismos no es el aparato digestivo de los animales de sangre caliente. El NMP en los tubos con medio EC positivos se calcula de acuerdo a tablas estandarizadas.

#### Cálculo y registro del NMP

Calcúlese y regístrese el número de hallazgos positivos de microorganismos del grupo coliforme (ya sea en pruebas confirmatorias o completas) en términos del Número Más Probable (NMP).

## CALIDAD DE AGUA RESIDUAL

El reglamento de la LRH (Ley de Recursos Hídricos), artículo 79°. Vertimiento de agua residual: La ANA autoriza el vertimiento de las ART a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa OTF de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los ECA-Agua y LMP. Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. (D.S. N° 001-2010-AG)

### a. Límites Máximos Permisibles (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. (DS N° 010-2010-MINAM)

**Tabla 4 Límites Máximos Permisibles para efluentes de PTAR de aguas residuales domésticas o municipales**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP /100	10000
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

Fuente: D.S. N° 003-2010- MINAM

### b. Estándares de Calidad Ambiental

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) se definen como la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos en el agua en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales, las políticas públicas y en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. Es por ello que el diseño de las PTAR parte de la definición del ECA para el tipo de uso que se le otorga al cuerpo de agua que recibirá sus efluentes. (DS 004-2017-MINAM)

- Categoría 1: Poblacional y Recreacional
  - Aguas Superficiales destinadas a la producción de agua potable.
  - Aguas Superficiales destinadas para recreación.

- Categoría 2: Actividades Marino Costeras
  - Extracción y cultivo de moluscos bivalvos.
  - Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.
  - Otras actividades.
- Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.
  - Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto.
  - Parámetros para bebidas de animales.
- Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático
  - Lagunas y lagos.
  - Ríos (Costa y Sierra, y Selva)
  - Ecosistemas marino costeros (estuarios marinos)

**Tabla 5 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de Medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		*
Cianuro Wad	mg/L	0.1		0.1
Cloruros	mg/L	500		*
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	100		100
Conductividad	( $\mu$ s/cm)	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40		40
Detergentes	mg/L	0.2		0.5
Fenoles	mg/L	0.002		0.01
Fluoruros	mg/L	1		*
Nitratos+Nitritos	mg/L	100		100
Nitritos	mg/L	10		10
Oxígeno disuelto(valor mínimo)	mg/L	$\geq 4$		$\geq 5$
Potencial de Hidrogeno(Ph)	Unidad de Ph	6.5-8.5		6.5-8.4
Sulfatos	mg/L	1000		1000
Temperatura	$^{\circ}$ C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
<b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	*	*
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	*

Fuente: D.S. N° 003-2010- MINAM

## CAUDALES

La cantidad de aguas residuales que se genera en una aglomeración urbana está en proporción directa con el consumo de agua de abastecimiento, y este consumo viene relacionado con el grado de desarrollo económico y social, puesto que un mayor desarrollo trae consigo un mayor y más diverso uso del agua en las actividades humanas. Entre los factores que influyen en la cantidad de aguas residuales que se genera en una aglomeración urbana destacan el consumo de agua de abastecimiento, la pluviometría, las pérdidas, que pueden deberse a fugas en los colectores o a que parte de las aguas consumidas no llegan a la red de alcantarillado (por ejemplo el riego de jardines) y las ganancias, por vertidos a la red de alcantarillado o por intrusiones de otras aguas en la red de colectores. En la práctica, entre el 60 y el 85% de del agua de abastecimiento consumida se transforma en aguas residuales, dependiendo este porcentaje del consumo de agua en actividades particulares como el riego de zonas verdes, de la existencia de fugas, del empleo del agua en procesos productivos, etc. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

### • **Medición de Flujos en Canales Abiertos**

Esta operación se realiza para conocer el gasto o volumen de agua que pasa por la sección transversal de una corriente por la unidad de tiempo. Los métodos de medición son: 1) el de sección transversal de la corriente y la velocidad, 2) el de la sección y la pendiente hidráulica, 3) utilizando el aforador Parshall y 5) el método volumétrico. (Braille, P y Cavalcanti, J, 1999).

### **Método de Sección – Velocidad**

Según el Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales Domésticas o municipales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento:

El método de Sección - Velocidad se usa en canales con bajo caudal. Se deben determinar dos parámetros: la velocidad y la sección transversal.

#### **Medición de la velocidad: $v$ (m/s)**

- Seleccionar un tramo de flujo homogéneo.
- Se estima una longitud apropiada ( $L$ ) que representará el espacio recorrido por el flotador.
- Contar con un flotador visible (bolas de plástico o material sintético).

- Se inicia la operación lanzando el flotador al inicio del tramo seleccionado y midiendo el tiempo en que recorre la longitud de medición establecida.
- Realizar varias mediciones para descartar los valores errados que permitirá obtener un valor constante, o promedio de varias mediciones (T).

La Velocidad (V) se calcula como sigue; la unidad de medida más representativa es m/s.

$$V = 0.8 \times \frac{L}{T} \quad (6)$$

#### Medición de la sección transversal: A (m<sup>2</sup>)

- Medir el ancho del canal.
- Medir las profundidades a lo largo de la sección del canal.
- Calcular el área de la sección del canal.

$$A = b \times h \quad (7)$$

Dónde:

b = Es el ancho del canal

h = Es la altura de agua en el canal (distancia del espejo de agua al fondo del canal en el eje central)

#### Medición de Caudal. Q (m<sup>3</sup>/s)

- El cálculo del caudal se realiza al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

$$Q = V \times A \quad (8)$$

#### • Cálculo Teórico del Caudal de Aguas Residuales

Para iniciar el diseño de la infraestructura de tratamiento de agua residual, es necesario conocer los diferentes parámetros que intervienen en ello, así tenemos los siguientes:

- **Población Actual:** definido por el número viviendas y la densidad en (hab./vivienda).
- **Periodo de Diseño:** De acuerdo al tratamiento elegido (15-30 años)
- **Población de diseño:**

$$\text{Método Aritmético:} \quad P_d = P_i \times \left(1 + \frac{r \times T}{100}\right) \quad (9)$$

$$\text{Método Geométrico:} \quad P_d = P_i \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^T \quad (10)$$



Dónde:

Pi [habitantes]: población inicial;

Pd [habitantes]: población de diseño;

r[%] : índice de crecimiento poblacional anual;

T[años]: Periodo de diseño

- **Dotación Per-Cápita:** En caso no se tenga registro de los consumos, considerar la siguiente tabla

**Tabla 6 Dotación de agua según RNE (l/hab/d) (Habilitaciones Urbanas)**

<i>Ítem</i>	<i>Criterio</i>	<i>Clima Templado</i>	<i>Clima Frio</i>	<i>Clima Cálido</i>
1	Sistemas con conexiones	220	180	220
2	Lotes de área menor o igual a 90m <sup>2</sup>	150	120	150
3	Sistemas de abastecimiento por surtidores, camión cisterna o piletas publicas	30-50	30-50	30-50

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

- **Variaciones del consumo:** Coeficiente de Variación Diaria (k1 = 1.2-1.5) y Horario (k2=2.5-1.8)
- **Gasto Medio:** El gasto medio diario es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio

$$Q_{med} = \frac{Dot \times Pf}{86\ 400} \quad (11)$$

- **Caudales de Diseño:** Los gastos máximos diario y máximo horario, son los requeridos para satisfacer las necesidades de la población en un día de máximo consumo, y a la hora de máximo consumo en un año tipo, respectivamente.

$$Q_{MD} = K_1 \times Q_{med} \quad (12)$$

$$Q_{MH} = K_2 \times Q_{med} \quad (13)$$

Según OS.070, El caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno (C) del 80 % del caudal de agua potable consumida. El diseño del sistema de alcantarillado se realizará con el valor del caudal máximo horario

$$Q_{AR} = 0.8 \times Q_{MH} \quad (14)$$

## **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El tratamiento de aguas residuales (o agua servida, doméstica, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable al ambiente, y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería (CARRIÓN, G. 2008).

El objetivo de depurar un agua residual se logra mediante la integración de operaciones (físicas) y procesos (químicos y biológicos) unitarios, que serán seleccionados en función de las características del agua residual a tratar y de la calidad deseada del agua tratada. Dependiendo de ello, es posible generar emisiones gaseosas a la atmósfera e, invariablemente, la producción de material de desecho que puede ser un residuo sólido, como la materia retenida en las rejillas o tamices, o semisólido en forma de lodos. (NOYOLA, A. et al. 2013)

## **NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales son llevadas mediante una red de tuberías y eventualmente pueden utilizar bombas para ser trasladados a una planta de tratamiento municipal. Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a un: Tratamiento primario, secundario, terciario (FAIR, G. et al. 2010).

### **a. Tratamiento Preliminar**

El tratamiento preliminar de un agua residual, se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares. Ejemplo de ello, es la eliminación de componentes de gran y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, o bien problemáticos, como arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores. En ciertas ocasiones se emplean trituradores para reducir el tamaño de ciertos desechos y reincorporarlos al tratamiento. (NOYOLA, A. et al. 2013)

## **b. Tratamiento Primario**

El tratamiento primario se emplea para la eliminación de los sólidos en suspensión y los materiales flotantes, impuesta por los límites, tanto de descarga al medio receptor como para poder llevar los efluentes a un tratamiento secundario, bien directamente o pasando por una neutralización u homogeneización. (RAMALHO, R. 1996)

En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales municipales son del 60% en sólidos suspendidos y de 30% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). (NOYOLA, A. et al. 2013)

## **c. Tratamiento Secundario**

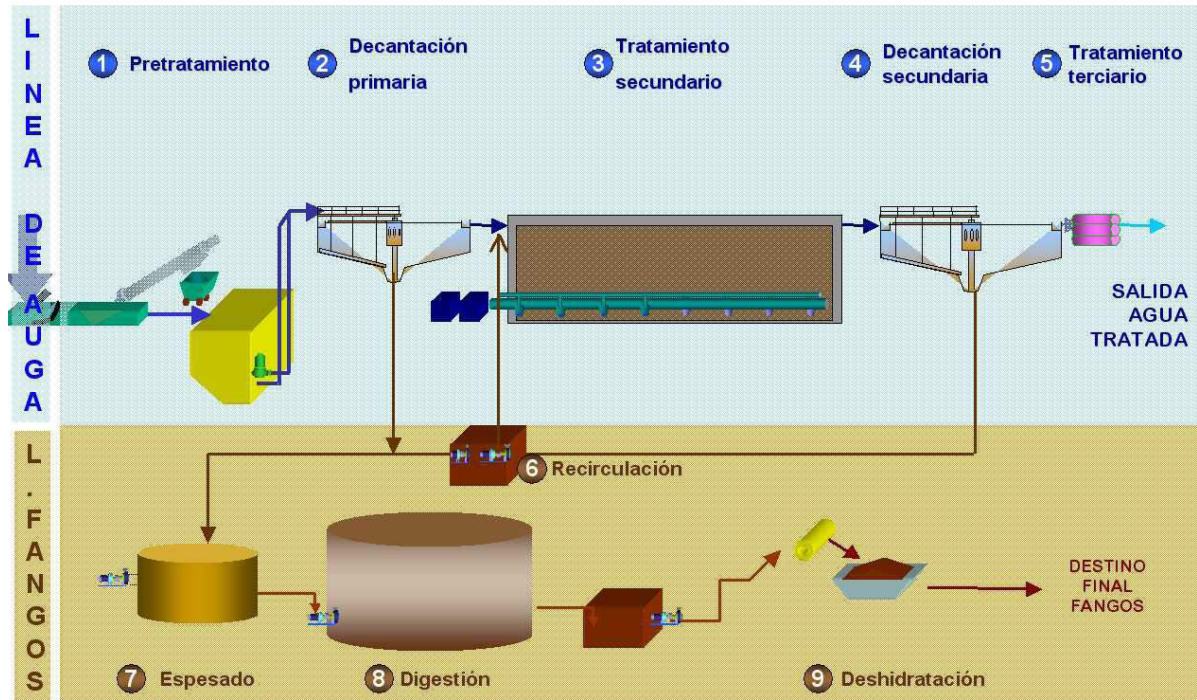
En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción. Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por sedimentación. De esta forma, una sustancia orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. En el caso del agua residual doméstica o municipal, el objetivo principal es reducir el contenido orgánico y, en ciertos casos, los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo. Los procesos biológicos se dividen en dos grupos; los anaerobios y los aerobios:

El proceso anaerobio se caracteriza por tener una baja tasa de síntesis bacteriana, es decir, una baja producción de lodos de desecho. Por lo contrario, en el tratamiento aerobio, una mayor cantidad de energía del sustrato es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay una mayor generación de biomasa como lodo no estabilizado, cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo del tratamiento. (NOYOLA, A. et al. 2013)

## **d. Tratamiento Terciario o Avanzado**

En cuanto al tratamiento terciario su objetivo fundamental es la eliminación de contaminantes que no se eliminan con los tratamientos biológicos convencionales. (RAMALHO, R. 1996)

Se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento secundario con el fin de eliminar compuestos tales como sólidos suspendidos, nutrientes y la materia orgánica remanente no biodegradable. El tratamiento terciario es necesario cuando deben cumplirse condiciones de descarga estrictas (remoción de nutrientes) o cuando el agua tratada está destinada a un uso en específico. (NOYOLA, A. et al. 2013)



**Figura 3 Esquema de Tratamiento de Aguas Residuales**

Fuente: UBILLUS, M. 2017

PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO	TRATAMIENTO TERCIARIO
<b>Objetivo</b> Eliminación de objetos gruesos, arenas y grasas	<b>Objetivo</b> Eliminación de materia sedimentable y flotante	<b>Objetivo</b> Eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal	<b>Objetivo</b> Eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos
<b>Operaciones básicas</b> - Desbaste - Tamizado - Desarenado - Desengrasado	<b>Operaciones básicas</b> - Decantación primaria - Tratamientos físico-químicos (coagulación-floculación)	<b>Procesos básicos</b> - Degradación bacteriana - Decantación secundaria	<b>Procesos básicos</b> - Floculación - Filtración - Eliminación de N y P - Desinfección
<b>Procesos físicos</b>	<b>Procesos físicos y químicos</b>	<b>Procesos biológicos</b>	<b>Procesos físicos, químicos y biológicos</b>

**Figura 4 Etapas de la línea de agua en el tratamiento de las aguas residuales urbanas**

Fuente: (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

## PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse con procesos químicos, físicos y/o biológicos. Se puede considerar que las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en estos procesos son las mismas que se realizan en la naturaleza (ríos, lagos, suelos, etc.), solo en forma controlada dentro de tanques o reactores y a velocidades mayores. (METCALF, L. y EDDY, H. 1995)

### a. Procesos Físico-Químico

#### • Cribado o Desbrozo

El objetivo del desbaste es la eliminación de los sólidos de pequeño y mediano tamaño (Trozos de madera, trapos, raíces, etc.) que de otro modo podrían deteriorar o bloquear los equipos mecánicos y obstruir el paso de la corriente de agua.

El procedimiento más usual consiste en hacer pasar las aguas a través de rejas que, de acuerdo con la separación entre los barrotes, pueden clasificarse en:

- Desbaste de gruesos: el paso libre entre los barrotes es de 50 a 100 mm.
- Desbaste de finos: el paso libre entre los barrotes es de 10 a 25 mm.

En función de su geometría, las rejas pueden ser rectas o curvas y, según como se ejecute la extracción de los residuos retenidos en los barrotes, se distingue entre rejas de limpieza manual y rejas de limpieza automática. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)



**Figura 5 Desbaste de gruesos seguido de desbaste de finos vs reja curva de acondicionamiento automático**

Fuente: (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)



- **Desarenador**

Tiene por objetivo la eliminación de materias pesadas de tamaño superior a 0,2 mm, para evitar que sedimenten en canales y conducciones y para proteger a las bombas y otros elementos de la abrasión. Aparte de las arenas propiamente dichas, en esta operación se eliminan también gravas y partículas minerales, así como elementos de origen orgánico, no putrescibles. Los canales desarenadores pueden ser de flujo variable o de flujo constante. Los canales desarenadores de flujo variable se emplean en pequeñas instalaciones de depuración, y en ellos las arenas se extraen manualmente de un canal longitudinal, con una capacidad para el almacenamiento de arenas de 4-5 días.

Los canales desarenadores de flujo constante mantienen una velocidad de paso fija, en torno a 0,3 m/s, independientemente del caudal que los atraviesa, con lo que se logra que sedimente la mayor parte de las partículas de origen inorgánico y la menor parte posible de las de origen orgánico (< 5% de materia orgánica). (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)



**Figura 6 Desarenador de doble canal**

Fuente: (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

- **Separación de Aceites**

En esta etapa se eliminan las grasas y demás materias flotantes más ligeras que el agua. Dentro de los desengrasadores se distingue entre los desengrasadores estáticos y los aireados. En los desengrasadores estáticos se hacen pasar las aguas a través de un depósito dotado de un tabique, que obliga a las aguas a salir por la parte inferior del mismo, lo que permite que los componentes de menor densidad que el agua, queden retenidos en la superficie. La retirada de las grasas se lleva a cabo de forma manual, haciendo uso de un recoge hojas de piscina.

En los desengrasadores aireados se inyecta aire con objeto de desemulsionar las grasas y lograr una mejor flotación de las mismas. En plantas de tamaño medio-grande las operaciones de desarenado y desengrasado se llevan a cabo de forma conjunta en unidades de tratamiento conocidas como desarenadores- desengrasadores aireados. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)



**Figura 7 Desengrasador estático vs desarenador - desengrasador aireado**

Fuente: (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

- **Decantación Primaria**

Su objetivo es la eliminación de la mayor parte posible los sólidos sedimentables, bajo la acción exclusiva de la gravedad. La retirada de estos sólidos es muy importante ya que, en caso contrario, originarían fuertes demandas de oxígeno en el resto de las etapas de tratamiento de la estación. (ALIANZA POR EL AGUA, 2014)

- **Tratamientos fisicoquímicos**

En este tipo de tratamiento, mediante la adición de reactivos químicos, se consigue incrementar la reducción de los sólidos en suspensión, al eliminarse, además, sólidos coloidales, al incrementarse el tamaño y densidad de los mismos mediante procesos de coagulación-floculación.

Los tratamientos fisicoquímicos se aplican fundamentalmente:

- Cuando las aguas residuales presentan vertidos industriales que pueden afectar negativamente al tratamiento biológico.
- Para evitar sobrecargas en el posterior tratamiento biológico.
- Cuando se dan fuertes variaciones estacionales de caudal.
- Para la reducción del contenido en fósforo.

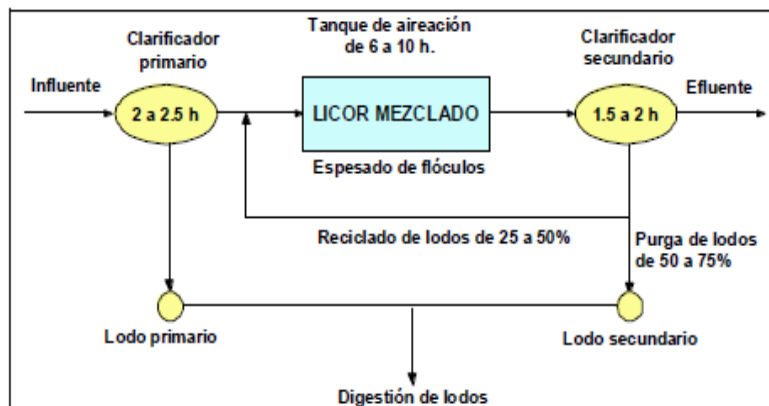
## b. Procesos Biológicos

### • Lodos activados

El sistema de tratamiento de lodos activados consiste en colocar en contacto la materia orgánica con la masa floculenta de microorganismos generados en un tanque de aireación. Estos se alimentan de la misma logrando que ganen propiedades de adsorción de materiales coloidales y suspendidos, los que deben ser retirados para lograr un efluente más clarificado. (ROMERO, J., 2008)

En este proceso la materia orgánica del agua residual es descompuesta por microbios aerobios. Los microbios convierten carbono en tejido celular y oxidan la materia orgánica a productos finales como  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . El agua residual es aireada de 6 a 10 horas en presencia de un cultivo biológico llamado lodo activado. Durante la aireación los organismos se multiplican asimilando parte de la materia orgánica del influente. La biomasa es separada del residual aireado en el tanque de sedimentación secundario, una parte es reciclada hacia el tanque de aireación. (SRINIVIAS, T. 2008)

La mezcla de agua residual y lodo reciclado se denomina “licor mezclado”. Los microbios son usados para remover, estabilizar, forman flóculos y conglomerados que sedimenten por gravedad en el tanque de sedimentación secundario. El lodo reciclado contiene microorganismos activos que incrementan la biomasa disponible y aceleran la reacción. Para garantizar el desempeño en un sistema de lodo activado, es vital mantener un balance adecuado entre la cantidad de alimento (F), microorganismos (M), y oxígeno disuelto (OD). El lodo activado está conformado de sólidos orgánicos, bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, y nematodos. La agitación y recirculación en el sistema impide el crecimiento de organismos mayores. (SPELLMAN, F. 2003)



**Figura 8 Proceso Convencional de Lodos Activados**

Fuente: SPELLMAN, F. 2003



- **Modificaciones del proceso básico de Lodos Activados**

Algunos procesos de fangos activados se diferencian en cómo operan, estas diferencias tienen por objeto mejorar la eficiencia, aceptar shocks de cargas y tratar desechos específicos inusuales (Srinivias, 2006).

**Tabla 7 Descripción de los procesos de lodos activados con sus modificaciones**

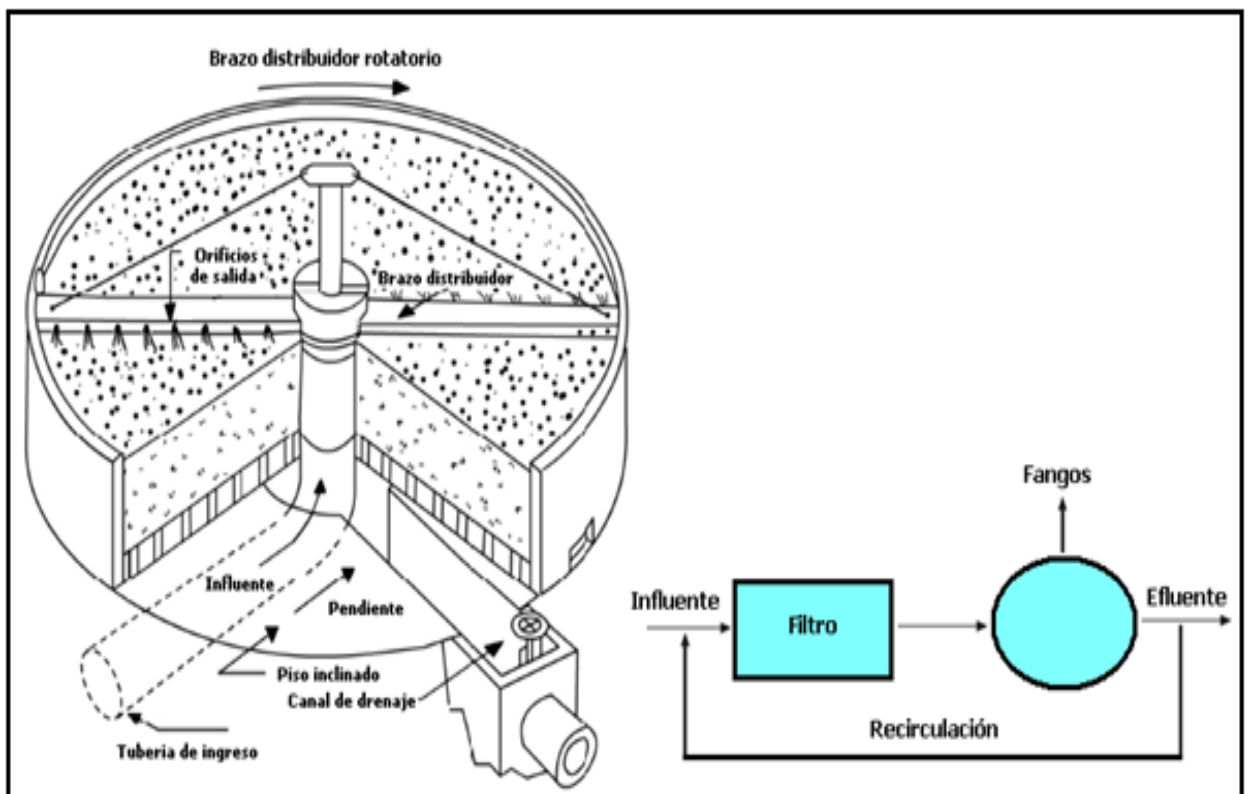
<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>
<b>Procesos de lodos activados para comunidades grandes</b>	
Flujo de pistón (convencional)	El agua residual y el lodo activado reciclado entran al inicio del tanque de aireación y se mezclan mediante difusores o aireación mecánica. La aplicación de aire es uniforme a lo largo del tanque.
Flujo de pistón con alimentación escalonada	El agua residual se introduce en determinados puntos del tanque de aireación para homogenizar la relación F/M, disminuyendo así la demanda de oxígeno. La flexibilidad de la operación es una característica importante del proceso.
Aireación decreciente	Es una modificación del flujo de pistón. Se aplican tasas variables de aireación a lo largo del tanque, dependiendo de la DO. Se suministran mayores cantidades de aire al inicio del tanque de aireación y las cantidades a medida que el licor mezclado se acerca al final del tanque.
Aireación modificada	Es similar al proceso de flujo de pistón, excepto por que se utilizan tiempos más cortos de aireación y relaciones más altas de F/M. La eficiencia de remoción de DBO es menor que la de otros procesos de lodos activados.
Oxígeno de alta pureza	Se utiliza oxígeno de alta pureza en lugar de aire. El oxígeno se difunde hacia tanques de aireación cubiertos en donde se recircula.
<b>Procesos de lodos activados para comunidades pequeñas</b>	
Estabilización por contacto	Este proceso utiliza dos tanques separados. El lodo activado estabilizado se mezcla con el agua residual afluyente en un tanque de contacto. El licor mezclado sedimentado en un tanque de decantación secundario y el lodo de retorno se airean por separado en un tanque de reaireación para estabilizar la materia orgánica. Las necesidades del volumen de aireación son en general 50% menos que con el flujo de pistón convencional
Zanjón de oxidación	Es en un canal de forma redonda u oval con equipos mecánicos de aireación. Al zanjón entra el agua residual filtrada, se airea y circula. Este tipo de proceso opera en general a modo de aireación extendida con tiempos largos de retención para los sólidos. Para la mayoría de las aplicaciones se usan tanques de sedimentación secundarios.
Aireación extendida y sedimentación intermitente	Es un reactor sencillo en el cual ocurren todos los pasos del proceso de lodos activados. El flujo hacia el reactor es continuo comparado con el reactor de flujo intermitente en secuencia. Dado que el licor mezclado permanece en el reactor durante todos los pasos del tratamiento, no se necesitan instalaciones secundarias de sedimentación separadas.
Reactor de flujo intermitente en secuencia	Es un sistema de reactor de tipo llenado y vaciado en el que participan uno de dos reactores de mezcla completa dentro de los cuales ocurren todas las etapas del proceso de lodos activados. Dado que el licor mezclado permanece en el reactor durante todos los pasos de tratamiento, no se necesitan instalaciones separadas de sedimentación secundaria

Fuente: CRITES, R. et al. 2000

- **Filtros percoladores**

El principal objetivo de los procesos de filtros percoladores es reducir la carga orgánica presente en las aguas residuales. El filtro percolador consiste en un soporte fijo permeable no sumergido (cama) de material, que puede ser natural, como material granular, o sintético, como el plástico. El agua residual fluye a través de esta cama, adhiriendo su biomasa sobre el lecho del sistema. Los microorganismos se reproducen a partir de la materia orgánica y son retenidos en el lecho, creando películas de mayor tamaño que pueden ser removidas posteriormente con procesos de lavados. (CONIL, P. et al. 1996)

En general los filtros percoladores son circulares, aunque hay rectangulares, hexagonales y octogonales; contienen un lecho empacado que descansa sobre un dren bajo que permite el paso del agua hacia unos canales colectores. El agua residual se distribuye mediante brazos giratorios y se escurre sobre la película biológica, suscitándose la adsorción y asimilación de la materia contaminante. Para garantizar el funcionamiento adecuado de los FP se debe considerar las cargas orgánicas, hidráulicas y el grado de tratamiento. (EPA, 2000)



**Figura 9 Filtro Percolador y diagrama de operación**

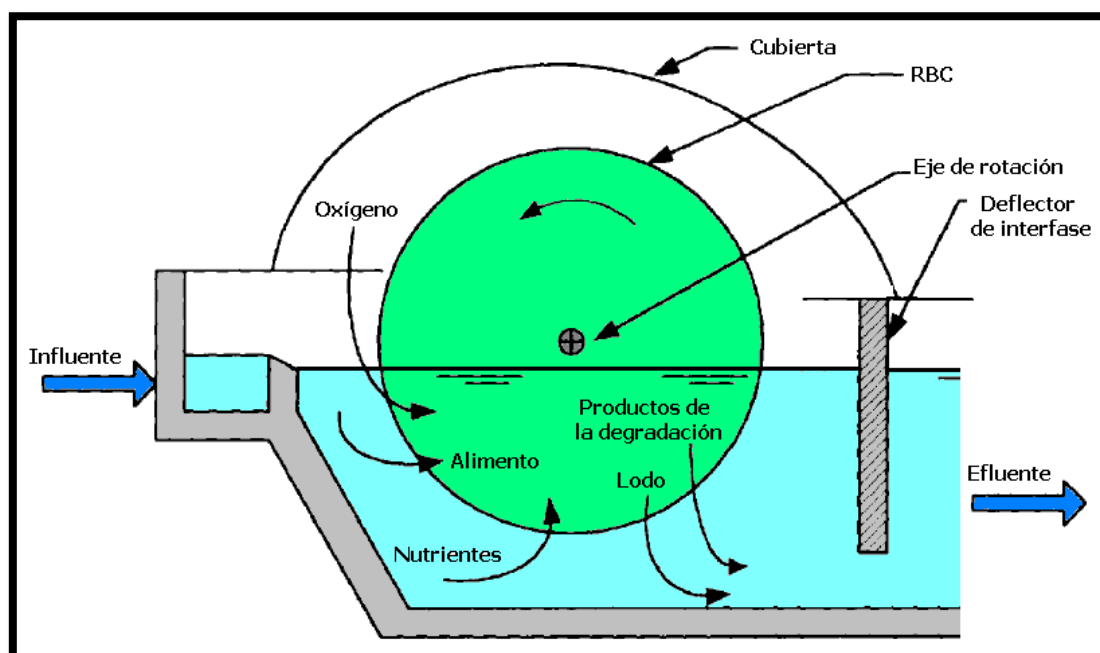
Fuente: (EPA, 2000)

- **Contactores Biológicos Rotatorios (CBR) - Biodiscos**

Los contactores biológicos rotativos, llamados también biodiscos, son un sistema de tratamiento secundario de agua residual que presenta carga orgánica. El proceso consiste en un disco, de poliestireno o polietileno, parcialmente sumergido donde se adhiere la carga orgánica a la superficie del mismo. La rotación de este disco permite el intercambio de oxígeno de la atmósfera hacia la capa biológica adherida al mismo, permitiendo un tratamiento aerobio. Esta capa se alimenta, degrada y elimina la materia orgánica del agua, realizando una depuración parcial de la misma. (Romero, 2008)

Los CBR constan de varios discos soportados por un eje rotatorio, parcialmente sumergidos (40%) en un depósito con agua residual. Son fáciles de operar y adecuados para pequeños caudales. Trabajan con cargas hidráulicas de  $(0.04 \text{ a } 0.06) \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$  y cargas orgánicas de  $(50 \text{ a } 60) \text{ gr}/\text{m}^2.\text{d}$ . El tamaño de un CBR es de  $(1 \text{ a } 3) \text{ m}$  de diámetro, los discos van separados de  $(10 \text{ a } 20) \text{ cm}$  y la velocidad de giro es de  $(0.5 \text{ a } 3) \text{ rpm}$ . (SRINIVIAS, F. 2008)

Como los CBR giran, la superficie de los discos pasa de forma alterna de agua residual al aire, creando una capa aeróbica de microorganismos (biomasa) que prospera a ambos lados de los biodiscos. Esta biomasa crece en espesor, se auto regula y oxida los polutantes del agua residual (GRADY, L. et al. 1999).



**Figura 10 Diagrama esquemático de un RBC**

Fuente: GRADY, ET AL. Biological Wastewater Treatment. 1999.

- **Filtros anaerobios**

Los microbios anaerobios prosperan sobre la superficie de un medio sólido inmóvil formando una biopelícula de espesor variable. El agua residual se hace circular a través del medio fijo, con flujo ascendente o descendente y entra en contacto con la biopelícula. Son utilizados en depuradoras de aguas residuales con alta carga orgánica, resisten alteraciones de carga en el influente, pero no aceptan gran cantidad de sólidos en suspensión. El rango típico de cargas tratadas va de (5 a 15) Kg DQO/m<sup>3</sup>-día (CITME, 2006).

Son una alternativa de tratamiento de aguas residuales que, por el costo del equipo y materiales, resulta muy económica, pero principalmente su propiedad más útil es que no están en contacto con el oxígeno. Existen 2 tipos de filtros anaerobios: Filtro anaerobio de Flujo ascensional y Filtro anaerobio de Flujo en descenso. (ROMERO, J. 2008)

- **Filtro anaerobio de flujo ascensional**

Consiste en un tanque con material filtrante y una carga altamente orgánica, donde se receptan las aguas por la parte inferior del mismo, pasando por el medio filtrante en un proceso de crecimiento adherido. El afluyente ingresa al sistema con una carga contaminante relativa media-baja de tal manera que el sistema funcione a su máxima eficiencia. El sistema consiste en colocar el agua en contacto con el medio microbial adherido, evitando que las bacterias se mantengan en el efluente gracias al relleno colocado. (Aisse, 1985)

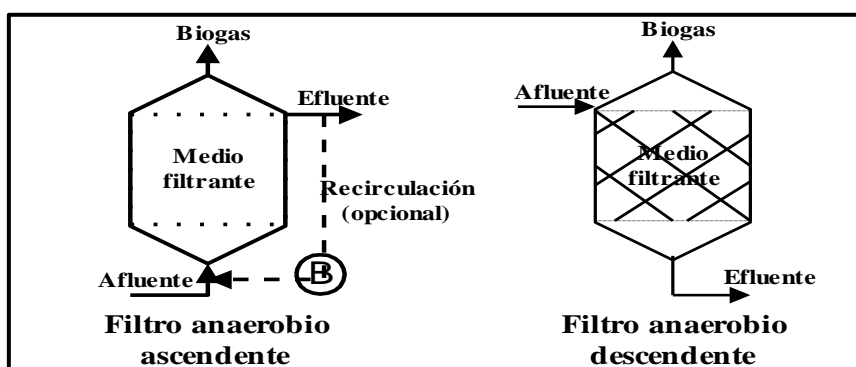
El medio a utilizar consiste básicamente en piedras, anillos plásticos o bioanillos colocados de manera no ordenada y al azar. Se forma una película microbial en la superficie donde están los ductos de salidas de gases por suspensión y salida del efluente por gravedad. Este método no requiere recirculación, ni calentamiento y la cantidad producida de lodos es mínima. (Romero Rojas, 2008)

Los tiempos de retención celular oscilan entre los cien días, debido a que el medio está constantemente sumergido en agua residual, con tiempos de retención hidráulica cortos. El sistema está diseñado para tratar aguas residuales con baja concentración y trabaja de mejor manera a una temperatura mínima de 25 grados Celsius. Un espesor aproximado de biopelícula sobre los medios plásticos es de 1 a 3 mm. El pH del residuo debe tener mínimo un 6,5 para asegurar una alcalinidad mínima del 25% del DQO. (Romero Rojas, 2008)

### - Filtro anaerobio de flujo en Descenso

Trabaja de una manera muy parecida a la del filtro anaerobio de flujo ascendente, también cuenta con un medio de suspensión con carga microbial alta y también posee la forma cilíndrica de un tanque. La diferencia radica en la utilización de una película fija sobre las superficies verticales de canales formados en el soporte del tanque. (ROMERO, J. 2008)

Tiene ciertas ventajas con respecto al filtro anaerobio de flujo ascendente, la reducción del DQO llegan hasta el 94% con tiempos de retención de 1,5 días con bajos tiempos de retención hidráulicos. En las desventajas se muestran detalles como recirculación necesaria de hasta 400%, medio de soporte costoso (principalmente conformado de arcillas o poliéster para los canales), posibles sólidos suspendidos en el efluente y la necesidad de agua residual con sólidos suspendidos, para maximizar su eficiencia. (Bermúdez, 1988)



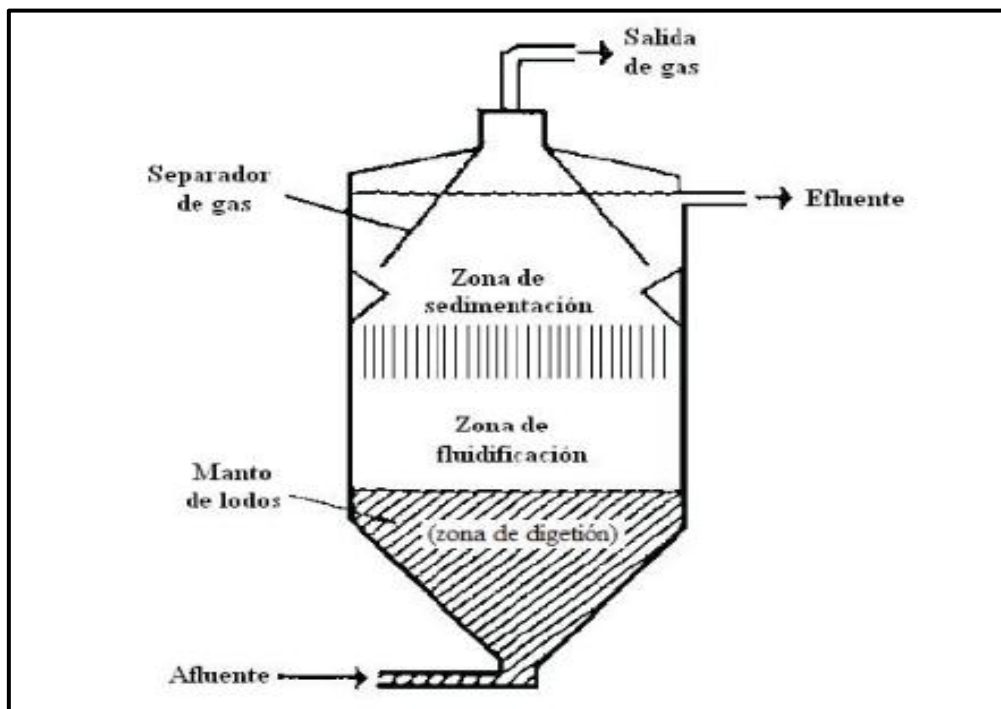
**Figura 11 Esquema de filtro anaerobio de flujo ascendente y descendente**

Fuente: VAN H. y LETTINGA (1994).

- **Reactor anaerobio de flujo ascendente UASB**

En este tipo de reactor el agua es introducida por el fondo del reactor a través de unas boquillas uniformemente distribuidas, pasa a través de un manto de lodos y posee una estructura de sedimentación integrada al mismo tanque que permite el retorno de los lodos de manera natural al espacio de reacción inferior. Existen dos tipos de reactores UASB, según el tipo de biomasa. El primer tipo de reactor se denomina de lodo granular. Como su nombre lo indica, se genera el lodo granular, que por sus buenas características de sedimentación y actividad metanogénica permite altas cargas orgánicas específicas; el segundo se denomina de lodo floculento, que soporta cargas menores tanto orgánicas como hidráulicas. (República de Colombia, 2000)

El reactor UASB es un dispositivo caracterizado por el separador gas, sólido, líquido (GSL). Este separador es colocado en el reactor y divide la parte inferior o zona de digestión, donde hay un lecho (manto) de lodos responsable de la digestión anaerobia y una parte superior o zona de sedimentación. El agua residual ingresa por el fondo del reactor y sigue una trayectoria ascendente, pasando por la zona de digestión, atravesando una abertura existente en el separador GSL y entra a la zona de sedimentación. La MO presente se mezcla con el lodo anaerobio presente en la zona de digestión, existiendo la digestión anaerobia que resulta en la producción de gas y el crecimiento de lodo. Cuando se acumula una cantidad suficientemente grande de sólidos en el decantador, su peso aparente se tornará mayor que la fuerza de adherencia, de modo que éstos se deslizarán entrando nuevamente a la zona de digestión en la parte inferior del reactor. De esta manera, la presencia de una zona de sedimentación en la parte superior del UASB brinda un doble beneficio, retiene los lodos, permitiendo la presencia de una gran masa en la zona de digestión, lo que a su vez permite un efluente libre de sólidos sedimentables. Las burbujas de biogás que se forman en la zona de digestión, suben a la fase líquida donde encuentran una interfase líquido-gas, presente debajo del separador GSL. En esta interfase las burbujas se desprenden, formando una fase gaseosa. (MÉNDEZ, R. et al. 2012)



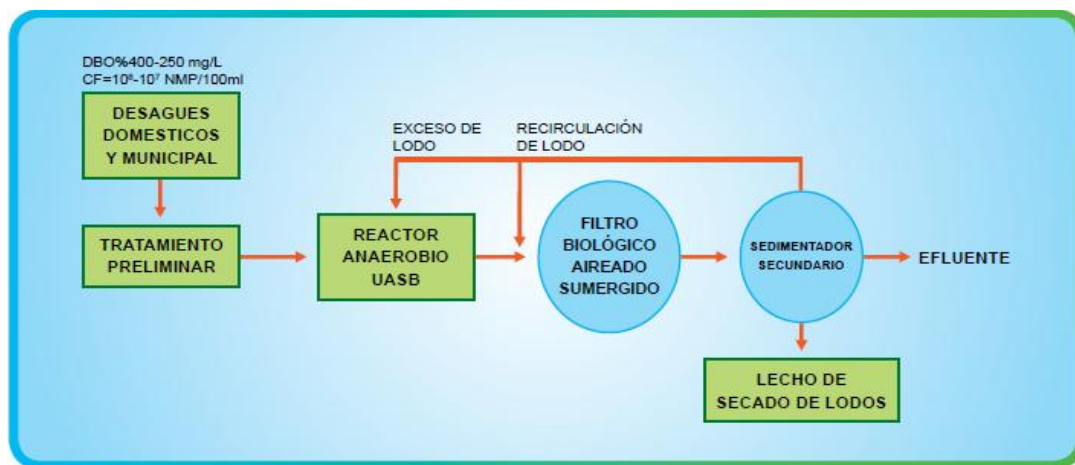
**Figura 12 Esquema de UASB**

Fuente: MÉNDEZ, R. et al. 2012

- **RAFA + BIOFILTROS**

Los filtros biológicos, instalados para el pos tratamiento del efluente del RAFA (UASB), han demostrado mejor eficiencia que aquellos que tratan el efluente de sedimentadores primarios simples. Bajo las condiciones indicadas se logra un agua residual con mucha menor concentración de DBO, reducción apreciable de los SST, pero una baja eficiencia en la reducción de coliformes, los cuales requieren adicionalmente un tratamiento de desinfección. Así mismo los nutrientes se remueven escasamente.

El siguiente esquema muestra los niveles de eficiencia logrados con un sistema de RAFA y un filtro biológico de flujo aireado sumergido. La figura define el circuito de operaciones y procesos de los que consta el sistema de tratamiento utilizado y el cuadro inferior define los alcances de remoción en cada etapa, es decir, el rango de deficiencia observada para el tratamiento de agua residual con RAFA y filtro biológico aireado, además de los valores del efluente y las posibilidades de rehúso. (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2009)

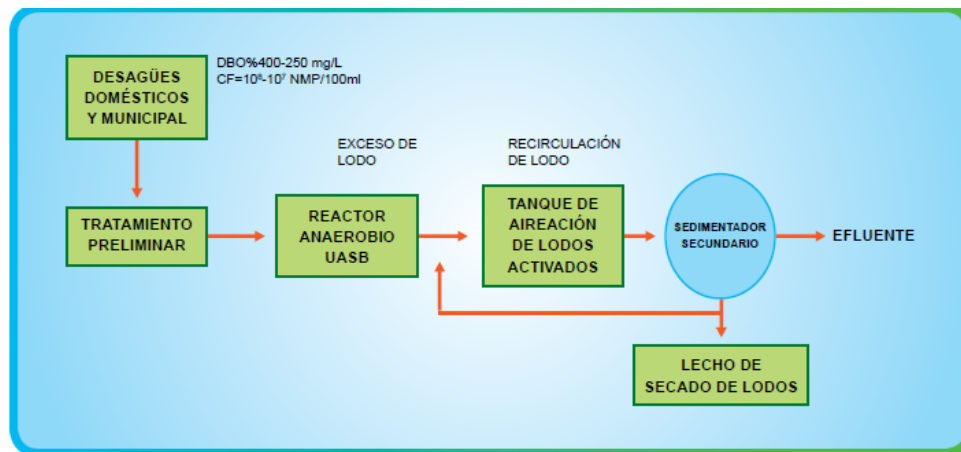


**Figura 13 Flujograma de tratamiento con RAFA y filtro biológico aerado**

Fuente: : MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2009

- **RAFA + SISTEMA DE TRATAMIENTO CON LODOS ACTIVADOS**

Precedido de un reactor anaerobio de manto de lodos como el RAFA, el tratamiento por lodos activados puede reducir el tamaño del tanque de aireación y por ende su requerimiento de energía eléctrica por consumo de oxígeno. Experimentos desarrollados en un programa de investigación del Brasil utilizando sistema de lodo activado como postratamiento demostró lo siguiente.



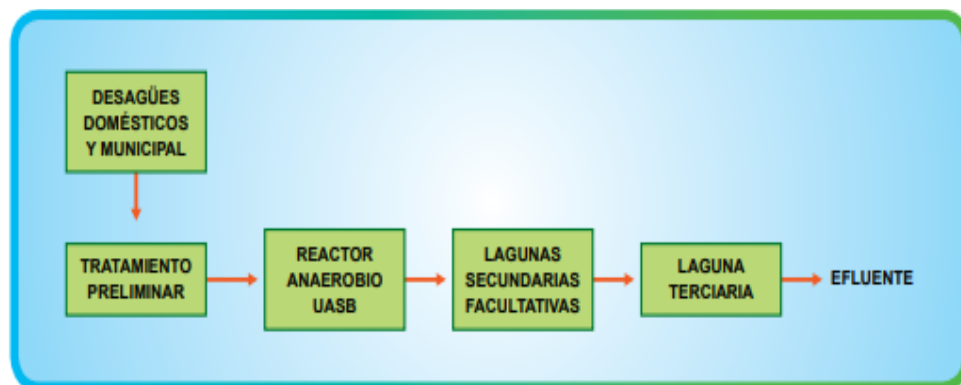
**Figura 14** Flujograma de tratamiento con RAFA y lodos activados

Fuente: (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2009)

En cuanto a la remoción en concentraciones de fósforo o nitrógeno, se observó que la desnitrificación biológica no se obtiene en un lodo activado posterior a un reactor UASB. Aun cuando los niveles de remoción en nutrientes no es significativo, el UASB presentará algunas ventajas, ya que podrá recibir el lodo activado / lodo en exceso y disminuir la cantidad de energía requerida por el reactor aeróbico, así como una reducción notoria en la producción de lodos. (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2009)

- **RAFA + SISTEMA DE TRATAMIENTO CON LAGUNAS**

La inclusión del RAFA como parte del sistema de tratamiento de una batería de lagunas, permitirá reducir la extensión de terreno requerido por éstas, ya que la carga orgánica será reducida con mayor eficiencia en la primera etapa del proceso (tratamiento anaerobio), siendo el efluente menos concentrado, aplicado con baja carga al conjunto de procesos posteriores. (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2009)



**Figura 15** Flujograma de tratamiento empleando RAFA y lagunas facultativas secundarias y terciarias

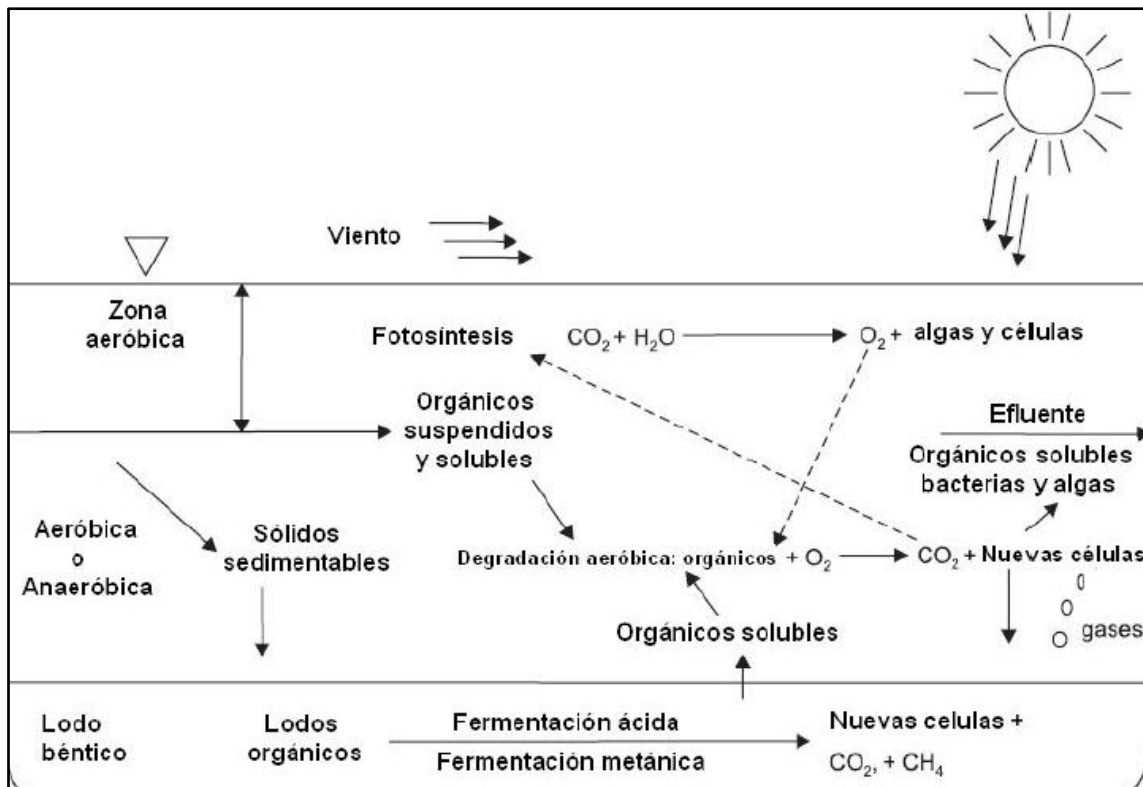
Fuente: MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2009



- **LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

La laguna de estabilización es un método de tratamiento de aguas residuales cuya operación y mantenimiento es más económico comparado con otros métodos establecidos. Este proceso consiste principalmente en un estanque, excavado, que retiene el agua por un tiempo alto, de meses. Este tiempo permite la autodepuración, es decir, la degradación de la materia orgánica de manera natural. (Guía Ambiental, 2011)

Las lagunas de tratamiento son estructuras construidas en tierra, con flujo a cielo abierto, diseñadas específicamente para tratar aguas residuales domésticas o industriales biodegradables, son fáciles de construir, operar, asimilan grandes fluctuaciones de flujo y proporcionan un tratamiento muy próximo al de los sistemas convencionales. (SPELLMAN, F. 2003)



**Figura 16 Procesos en una Laguna de Estabilización**

Fuente: SPELLMAN, F. 2003

Considerando la naturaleza de los procesos que tienen lugar en las lagunas, el metabolismo de la actividad biológica que prevalece durante el funcionamiento y la presencia o ausencia de oxígeno, se puede clasificar a las lagunas en: a) aerobias, b) anaerobias, c) facultativas, d) aireadas y e) de maduración. (CRITES, R. et al. 2000)

- **Lagunas aerobias.**

En estas lagunas, la materia biodegradable suspendida o disuelta es estabilizada por organismos aerobios. El O<sub>2</sub> es suministrado por algas (fotosíntesis) y el aire (por ventilación). Como la luz solar es vital en la producción de O<sub>2</sub> mediante algas, la profundidad de estas lagunas está limitada por la penetración de la luz solar, normalmente (30 a 60) cm. (CRITES, R. et al. 2000)

Aunque estas lagunas admiten altas cargas de DBO, su poca profundidad demanda grandes áreas para su construcción, haciendo que su uso sea limitado. Los principales procesos que ocurren son: degradación aerobia, nitrificación y fotosíntesis. (MENÉNDEZ, C. et al. 2007)

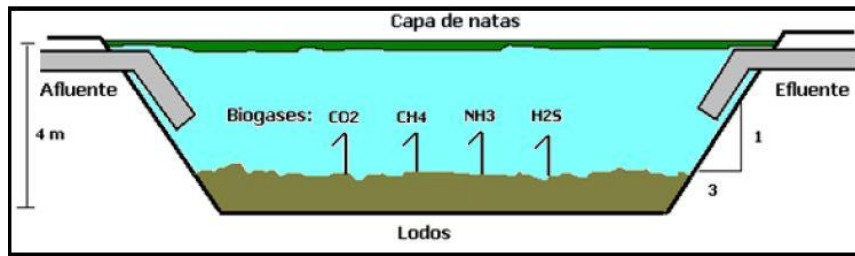
- **Lagunas anaerobias.**

Se construyen para reducir la carga orgánica sedimentable. Son empleadas usualmente para tratar residuales industriales de alta resistencia. Al no haber oxígeno, toda la actividad biológica es anaerobia. (SPELLMAN, F. 2003)

La carga volumétrica debe estar entre (100 y 400) gr DBO/m<sup>3</sup>.día. La carga debe estar por arriba de 100 gr DBO/m<sup>3</sup>.día para sustentar condiciones anaeróbicas y ser menor que 400 gr DBO/m<sup>3</sup>.día para evitar malos olores por la conversión de sulfatos a H<sub>2</sub>S o por la emisión de amoníaco. Normalmente se usa una carga máxima de 300 gr DBO/m<sup>3</sup>.día para tener un factor de seguridad. (OAKLEY, S., 2005).

La profundidad está limitada por el nivel freático, el tipo de suelos y las facilidades para la limpieza de lodos (MENÉNDEZ, C, y PEREZ, J. 2007).

La remoción de SS es del orden del 70%. Los SS del fondo son digeridos bajo condiciones anaeróbicas. Los gases de descomposición forman burbujas que generan una fracción de los lodos a subir, los cuales forman las natas superficiales. La acumulación estimada de lodos varía de (0.224 a 0.548) m<sup>3</sup> por cada 1000 m<sup>3</sup> de agua residual tratada. Para un diseño con TRH de (1 a 3) días el lodo debe ser retirado cada (2 a 5) años. Es recomendable no diseñar lagunas anaeróbicas, pues son algo complejas, requieren personal calificado, la limpieza de lodos involucra altos costos, hay alto riesgo de malos olores y demandan gran atención para operación y mantenimiento. (OAKLEY, S., 2005)



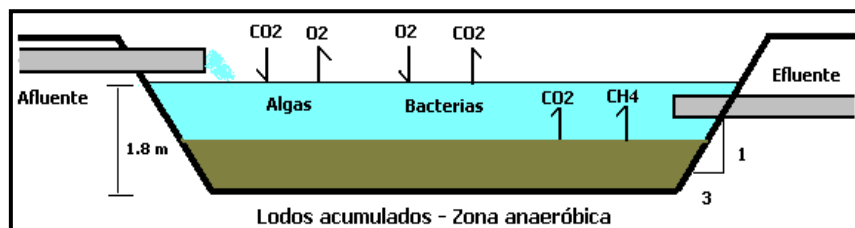
**Figura 17 Diagrama de una laguna anaeróbica**

Fuente: OAKLEY, S., 2005

**- Lagunas facultativas**

Son las más usadas en la actualidad, en ellas se distinguen tres zonas de trabajo: una región aerobia en las capas superficiales, una región anaerobia en el fondo y entre ambas regiones una zona facultativa no muy bien delimitada. Son estructuras simples, de poca profundidad (1 a 3) m, con TRH de (1 a 40) días. (MENÉNDEZ, C, y PEREZ, J. 2007).

En la zona aerobia las algas consumen  $\text{CO}_2$  y producen  $\text{O}_2$ , en cambio las bacterias consumen  $\text{O}_2$  y produce  $\text{CO}_2$ . Por otra parte, en la zona anaerobia los lodos se acumulan y digieren, produciendo  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ . (OAKLEY, S., 2005).



**Figura 18 Diagrama de una laguna facultativa**

Fuente: OAKLEY, S., 2005

El propósito de las lagunas facultativas es remover la DBO bajo condiciones aeróbicas aprovechando la simbiosis algas-bacterias y remover patógenos mediante largos TRH. Esto permite la sedimentación de huevos de helmintos y la mortalidad de bacterias, debido a la exposición prolongada a los rayos ultravioletas y al aumento del pH por la actividad de las algas. (OAKLEY, S., 2005).

Es posible remover de 2.0 a 2.5 ciclos  $\log_{10}$  de coliformes fecales y de 2.0 a 3.5 ciclos  $\log_{10}$  de Escherichia coli en lagunas facultativas con tiempos de retención nominales de (7 a 23) días. Si la laguna está bien diseñada hidráulicamente, con un tiempo de retención promedio mínimo de 10 días, se puede obtener una remoción de 2.0 ciclos  $\log_{10}$  de coliformes fecales a temperaturas iguales a 25 °C. (OAKLEY, S., 2005).

### **- Lagunas de Maduración**

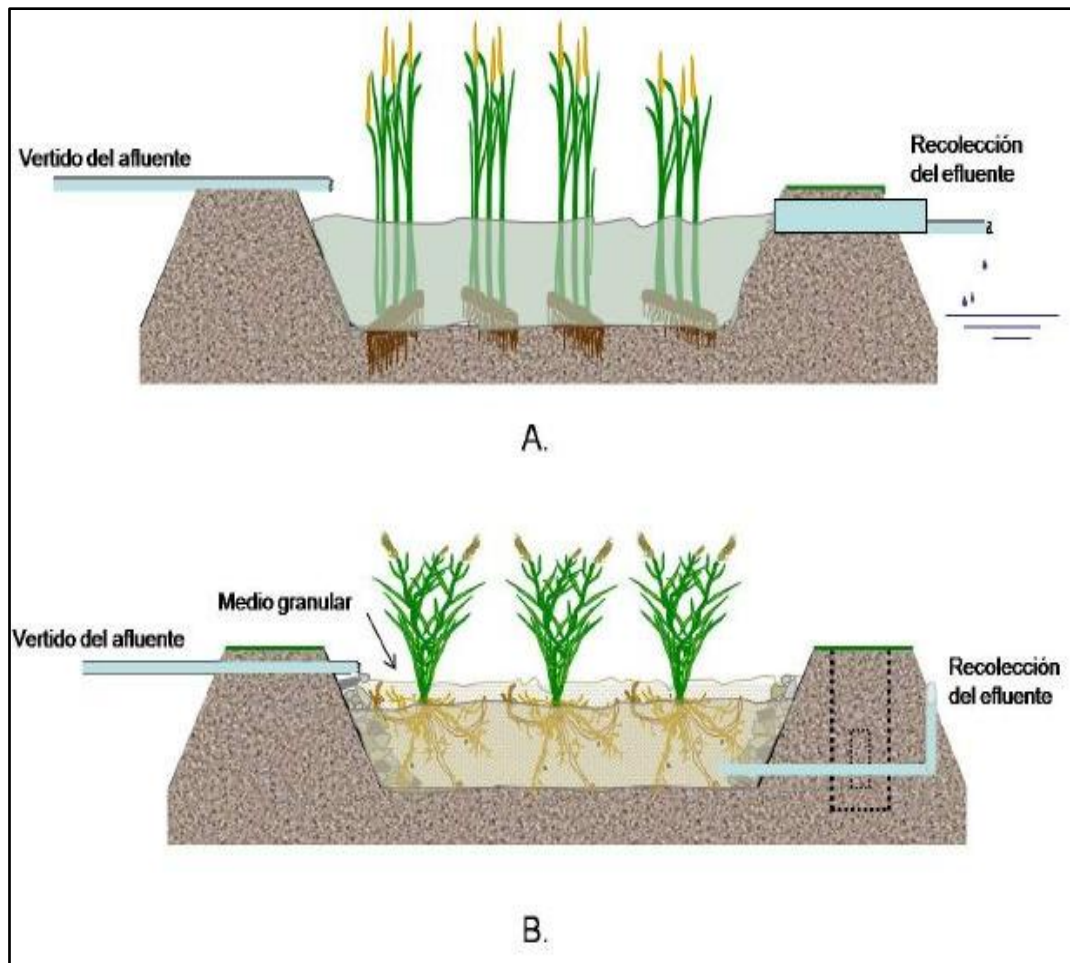
Las lagunas de maduración con una profundidad entre 1 y 1.5 metros y un tiempo de retención hidráulico entre 3 y 7 días, reciben el efluente procedente de un tratamiento secundario. El principal objetivo que se persigue en estas lagunas es el de obtener un efluente de elevada calidad microbiológica, la reducción de las bacterias patógenas y reducir el contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo) hasta los niveles deseados. Si la cantidad de DBO5 que queda por oxidar fuera superior al 20% del total inicial, se puede considerar que dicha laguna estaría funcionando como facultativa. (SAINZ, J. 2005)

- **Humedales**

Los humedales son aquellas áreas que son consideradas fase intermedia entre sistema acuático y sistema terrestre. Se encuentran saturadas completamente de agua superficial (o subterránea) por tiempo suficiente para crecimiento de vegetación en dichas condiciones. Los humedales son considerados ecosistemas de gran productividad biológica, tanto por crecimiento bacteriano como crecimiento de su vegetación. Proporcionan un tratamiento básico de ciertos contaminantes en el agua, principalmente su vegetación que se alimenta del nitrógeno y fósforo que pueden encontrarse presentes. (ROMERO, R., 2008)

Los humedales construidos son sistemas de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos (de menos de 1 m) plantados con vegetales propios de las zonas húmedas y en los que los procesos de descontaminación tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos, la vegetación e incluso la fauna. Los humedales construidos también se denominan humedales artificiales. Atendiendo al tipo de circulación del agua, los humedales construidos se clasifican en flujo superficial o en flujo subsuperficial. En los sistemas de flujo superficial el agua está expuesta directamente a la atmósfera y circula preferentemente a través de los tallos y hojas de las plantas, con una profundidad de la lámina de agua entre 0,3 y 0,4 m, y con plantas. En los humedales de flujo subsuperficial la circulación del agua es de tipo subterráneo a través de un medio granular y en contacto con las raíces y rizomas de las plantas.

La profundidad de la lámina de agua suele ser de entre 0,3 y 0,9 m. La biopelícula crece adherida al medio granular y a las raíces y rizomas de las plantas. (GARCÍA J. y CORZO, A. 2008)



**Figura 19** Tipos de Humedales construidos; A, con flujo superficial, y B, con flujo subsuperficial horizontal

Fuente: GARCÍA J. y CORZO, A. 2008

## **CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

La selección la tecnología más apropiada para tratar un vertido residual, el primer paso es realizar algunos estudios preliminares que implican un análisis completo del afluente que va a ser depurado con el fin de determinar el grado de contaminación existente y, el nivel de calidad que se desea en el agua tratada de acuerdo al objetivo del tratamiento. Otro aspecto importante es el nivel económico de la población en donde se desarrollará el proyecto, manteniendo el equilibrio costo-rendimiento, para que el tratamiento aplicado sea sostenible y eficiente. Por lo tanto, los factores a tener en cuenta en la toma de decisión final del tipo de tratamiento a implantar son los que se mencionan a continuación: (BERNAL, D. et al. 2015)

**Tabla 8 Factores y variables considerados en el proceso de selección de tecnología para tratamiento de aguas residuales**

<b>FACTOR</b>	<b>VARIABLE</b>
Factores demográficos y socioculturales	Tamaño de la Población
	Nivel educativo
	Cobertura y cantidad de agua potable
	Existencia y tipo de alcantarillado
Características del agua residual	Origen del agua residual
	Composición del agua residual
	Caudal de agua Residual
Factores Climáticos de la zona	Temperatura
	Precipitaciones
	Vientos
Características del terreno	Topografía
	Permeabilidad del suelo
	Nivel freático
Capacidad y Disponibilidad a pagar	Capacidad de pago
	Tarifa
	Disponibilidad a Pagar
Costos	Costos de Inversión
	Costos de O&M
	Costos de Terreno
	Recuperación de Recursos
Objetivos de Tratamiento	Expectativas de Calidad del Efluente
	Nivel de Tratamiento
	Descarga del Efluente
	Estándares de reúso en agricultura
	Estándares de calidad en efluente
Disponibilidad de Recursos	Recursos Locales
	Requerimiento y disponibilidad de insumos químicos
	Requerimientos de energía
	Disponibilidad de mano de obra local (diseño, construcción, O&M)
	Necesidad de equipos Mecánicos
	Disponibilidad local de materiales para la construcción
Aspectos Tecnológicos	Impacto ambiental del sistema de tratamiento
	Disponibilidad de Terreno
	Generación de Subproductos con potencial de aprovechamiento
	Eficiencia de la Tecnología
	Datos de calidad mínima deseada para el efluente tratado

Fuente: BERNAL, D. et al. 2015

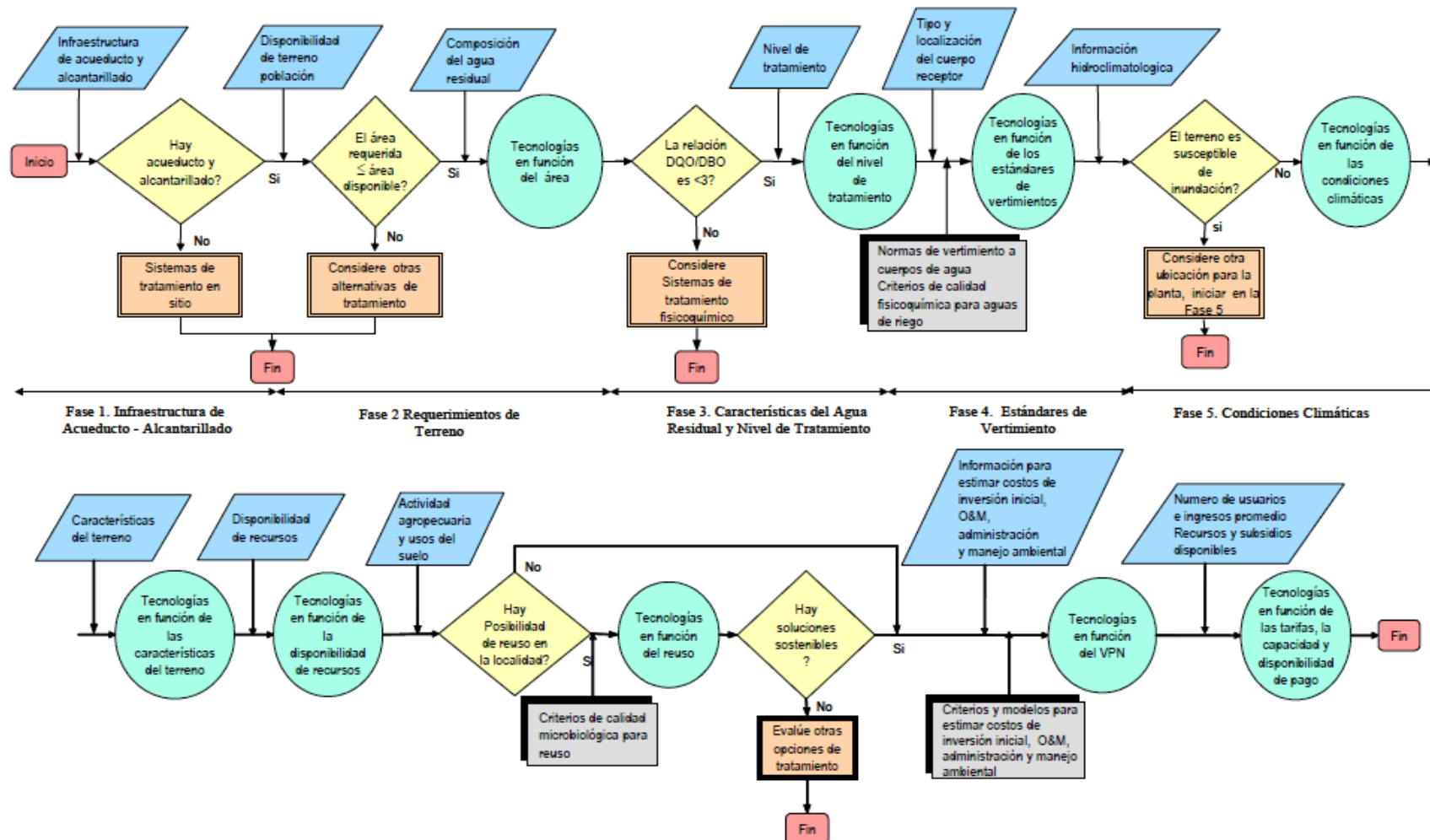


Figura 20 Esquema general de la guía de selección para el tratamiento de las aguas residuales

Fuente: BERNAL, D. et al. 2015

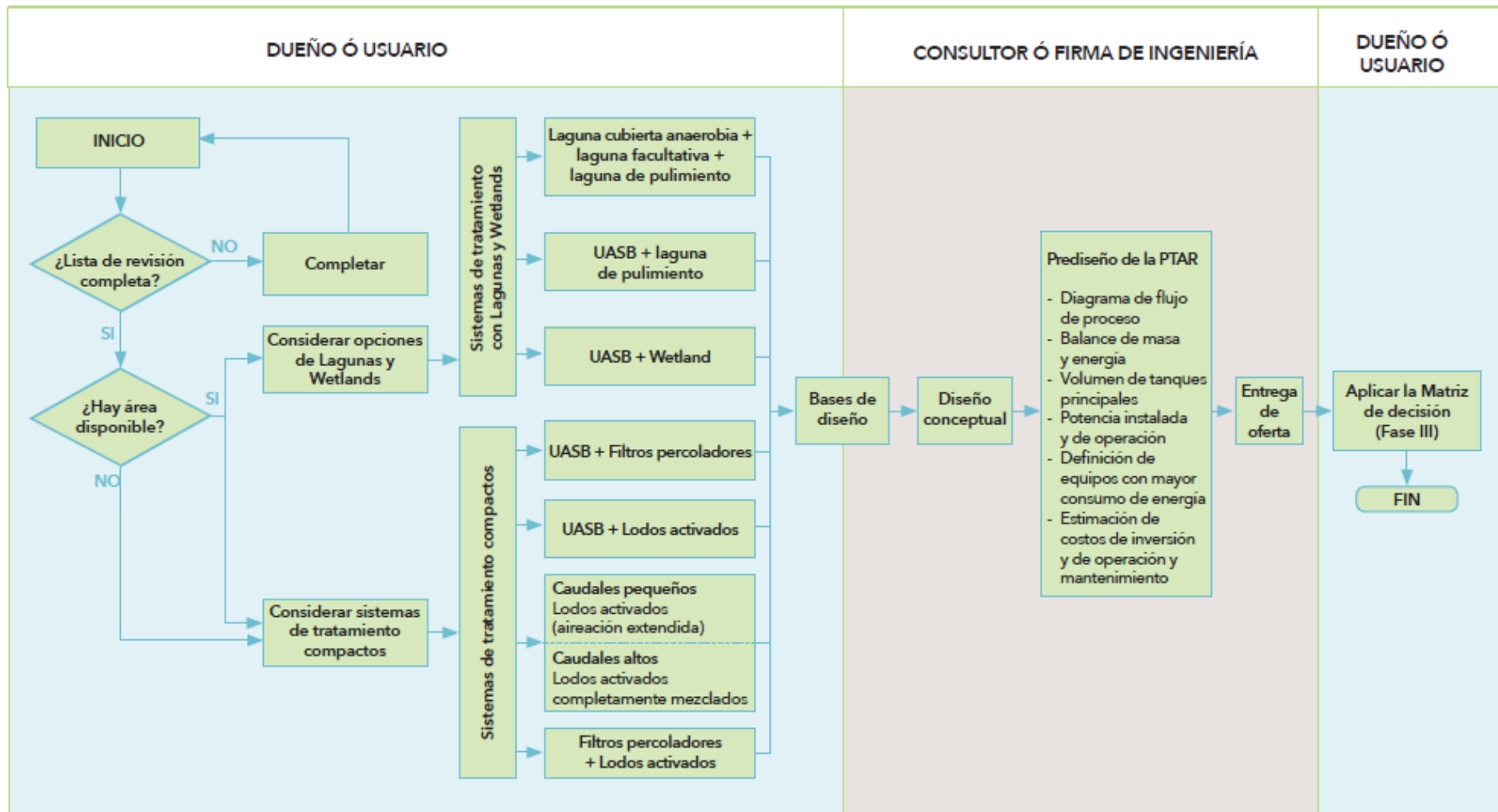


Figura 21 Diagrama de bloques para la preselección de tecnologías

Fuente: MORGAN J., et al. 2013



## **MATRIZ DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA RELACIONADA CON EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Una matriz de decisión correlaciona los distintos aspectos que pueden ser evaluados a un proceso de tratamiento de agua bajo una circunstancia de aplicación o proyecto con calificaciones que se le asigna a cada rubro según los criterios del evaluador y en función de la importancia que posee cada uno de ellos en el proyecto y de cómo son resueltos por los procesos de tratamiento evaluados. Esta técnica permite que una evaluación de tipo cualitativa tienda a ser más objetiva y es así que mientras más capacitada y experta sea la ponderación y calificaciones de los procesos, más confiable será la decisión tomada a través de la matriz. (MORGAN J., et al. 2013)

### **a. Rubros Considerados en la Matriz de Decisión**

- **Aplicabilidad del Proceso**

Este criterio implica la aplicabilidad del proceso de acuerdo a las características particulares del agua residual a tratar. Involucra entonces los siguientes factores:

- ***Intervalo de flujo en el cual el sistema es aplicable:*** los procesos pueden diseñarse y aplicarse óptimamente dentro de ciertos intervalos de caudal.
- ***Tolerancia a variaciones de flujo:*** en general, los procesos trabajan eficientemente con un flujo constante; sin embargo, se debe tener en cuenta las variaciones de flujo que pueden ser toleradas por el sistema. Por ejemplo, si la variación del flujo es muy grande, en algunos casos se deberá emplear un tanque regulador; por otro lado, ciertos procesos responderán mejor a periodos sin alimentación de agua residual.
- ***Características del agua residual:*** las características del influente son la principal consideración para la selección del proceso y los requerimientos para su operación. Se debe considerar la disponibilidad de nutrientes en los procesos biológicos. Asimismo, se debe conocer qué compuestos presentes en el influente pueden ser inhibidores y bajo qué consideraciones afectan el proceso.
- ***Eficacia de remoción:*** La operación de la planta es medida en términos de la calidad del efluente, la cual se establece con los requerimientos de descarga establecidos en la legislación vigente. Con esta información y la obtenida en la caracterización, se llega a la eficiencia que el proceso debe cumplir.

- **Generación de Residuos**

Los tipos y cantidades de residuales sólidos, líquidos o gaseosos generados por un proceso de tratamiento deben ser conocidos o estimados. Algunos aspectos que deben considerarse en el procesamiento de los residuos son el sitio de disposición final y el costo de tratamiento y disposición de los mismos.

- **Aceptación por parte de la Comunidad**

Puede ser el factor decisivo para que se realice o no la construcción de la PTAR. Una obra como una planta de tratamiento de aguas residuales deberá ser aceptada por la organización a la que dará servicio (población, industria, etc.) y por los vecinos.

- **Generación de Subproductos con Valor Económico o de Reúso**

En algunas plantas de tratamiento de aguas es posible generar subproductos con valor económico (cierto tipo de lodos para inóculo de otras plantas de tratamiento, lodo como mejorador de suelos o fertilizante (biosólido), biogás con valor energético, etc.) los cuales pueden representar ventajas adicionales al tratamiento del agua.

- **Vida Útil**

Este concepto responde a la interrogante sobre cuánto tiempo durará operando la planta de tratamiento de aguas. Generalmente hay dos partes en la vida útil de una planta de tratamiento de aguas: la de la infraestructura (obra civil, eléctrica, tuberías, sistemas de control) y la de los equipos rotatorios expuestos a un mayor desgaste por lo que poseen una vida útil menor. En este caso, el factor limitante es la vida útil de los equipos rotatorios.

- **Requerimientos de Área**

La poca disponibilidad de terreno o el alto costo del mismo pueden influir de manera decisiva en la factibilidad de ciertos procesos, tales como los sistemas lagunares o sistemas naturales construidos. En sentido inverso, un terreno barato y disponible favorecerá este tipo de procesos.

- **Costo**

- **Inversión:** Considera la suma del capital fijo más el capital de trabajo. El capital fijo es el costo requerido para la construcción de la planta de tratamiento, igual a la suma de los costos directos más los indirectos. El costo directo es igual a la suma de los costos de materiales y mano de obra para construir la planta de tratamiento lo cual

llega a representar entre un 70 a 85% del capital fijo. Los costos indirectos involucran aspectos como la ingeniería y supervisión, gastos que apoyen la construcción como la adquisición de equipos temporales, apertura de caminos temporales, construcción de casetas provisionales para el personal, etc. El capital de trabajo es el capital necesario para arrancar la planta de tratamiento y llega a representar entre un 10 y 20% del capital total.

- **Costo de operación y mantenimiento:** Este criterio involucra Costo de insumos (reactivos), costo de la energía, gastos administrativos y de personal, costo de refacciones y material de mantenimiento

- **Insumos**

- **Requerimientos de reactivos:** Este criterio evalúa la cantidad de reactivos químicos necesarios para el buen funcionamiento del sistema, o bien para incrementar su eficiencia. Se debe tener disponibilidad de los reactivos empleados por el sistema (cantidad y proveedores) para periodos de operación prolongados.
- **Requerimientos energéticos:** Los requerimientos de energía son criterios fundamentales en la evaluación de un proceso de tratamiento de aguas residuales, pues impactan de manera directa los costos de operación de la planta. Algunos procesos de tratamiento biológico pueden ser energéticamente autosuficientes en cierto grado.

- **Diseño y Construcción**

- **Criterios de diseño:** Este concepto se refiere al dominio que se tenga de los modelos teóricos o empíricos para el diseño de la planta de tratamiento.
- **Experiencia del contratista:** Considera la capacidad del contratista para ejecutar el proyecto de instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en todas sus fases, desde la elaboración del proyecto de ingeniería hasta el arranque y la operación correcta de la planta de tratamiento.
- **Tecnología ampliamente probada:** Este rubro se refiere a si existen en el país, en la región o en el ámbito mundial plantas de tratamiento que manejen el sistema que se está proponiendo con la finalidad de prever el funcionamiento futuro del sistema propuesto.
- **Complejidad en la construcción y equipamiento:** Un tren de tratamiento complejo, con gran número de equipos y altamente instrumentado puede requerir mucho tiempo para su construcción, instalación y puesta en operación. Los materiales y equipos pueden no encontrarse en el país y se requerirá de su importación. Todos estos factores

impactarán directamente y de manera negativa la inversión inicial requerida, e indirectamente incidirán posiblemente en mayores costos de mantenimiento de la planta de tratamiento en operación.

- **Operación**

Bajo este rubro se agrupan conceptos que están relacionados con el funcionamiento de la planta de tratamiento para garantizar la producción del agua tratada deseada.

- ***Flexibilidad de la operación:*** Se debe conocer si la operación del proceso es fácil y bajo qué condiciones opera. Un sistema versátil acepta variaciones hidráulicas y considera la posibilidad de retirar temporalmente de operación algún equipo o hasta una operación unitaria completa sin afectar significativamente el funcionamiento del sistema o la calidad y cantidad del agua tratada. Asimismo, un proceso flexible permite ser instalado en plantas ya operando, o bien permite la expansión futura de la planta con pocas modificaciones o adiciones.
- ***Confiabilidad del proceso:*** Este criterio toma en consideración la seguridad de una operación continua durante la cual el proceso puede proporcionar constantemente un efluente con la calidad requerida, sin que falle alguna operación o proceso unitario o se deteriore cualquier equipo clave para su correcto funcionamiento.
- ***Complejidad de operación del proceso:*** Es necesario establecer el grado de complejidad de los procesos en su operación bajo condiciones normales y adversas. De esta forma se puede establecer el perfil y número del personal requerido para la operación de la planta. Por otro lado, un sistema altamente instrumentado tendrá una inversión inicial importante y requerirá de personal limitado pero capacitado en mayor grado.
- ***Requerimientos de personal:*** Este factor está directamente relacionado con el tamaño de la planta de tratamiento como con la complejidad de la operación. Los procesos sencillos en la operación son frecuentemente mejores, donde no es necesario contar con personal calificado o bien su número es reducido.
- ***Disponibilidad de repuestos y centros de servicio:*** Este rubro tiene que ver con el mantenimiento preventivo y correctivo del equipo utilizado en la planta de tratamiento de aguas residuales. Una alta disponibilidad de repuestos y centros de servicio es deseable para agilizar el mantenimiento y abaratar su costo.

- **Entorno**

- **Influencia de la temperatura:** Una variación importante en la temperatura afecta la rapidez de degradación de algunos procesos biológicos por lo que la temperatura promedio del sitio debe ser conocida y evaluado su efecto sobre el proceso o tecnología.
- **Producción de ruido:** El equipo ruidoso en plantas de tratamiento es una limitante fuerte para su aceptación, sobre todo en zonas donde existan casas aledañas a la PTAR
- **Contaminación visual:** Se evalúa el diseño arquitectónico de la planta y su integración con la arquitectura de la región geográfica y del paisaje.
- **Producción de malos olores:** La dirección de los vientos dominantes puede restringir el uso de algunos procesos, especialmente los que generan olores. En ocasiones deberá considerarse la incorporación en las especificaciones de equipo el control de olores.
- **Condiciones para la reproducción de animales dañinos:** Considerar las condiciones que presenta la tecnología para la reproducción de animales dañinos o molestos como las ratas, cucarachas, mosquitos, moscas etc.

## **b. OPERACIÓN DE LA MATRIZ DE DECISIÓN**

La matriz consta de 5 columnas (**A, B, C, D, E**) y 35 renglones

En la columna **B** se listan los aspectos que serán ponderados según los requerimientos del cliente (columna **A**) y evaluados según la propuesta técnica que efectúe el contratista (columna **C**).

La suma de los valores ponderados en la columna **A** debe sumar **100**. Los valores de la columna **A** deben ser fijados considerando la importancia que tiene cada rubro dentro de las condiciones específicas de cada proyecto y deberán permanecer constantes independientemente de que sistema de tratamiento de aguas se esté evaluando. En la columna **C** se evalúa cada aspecto de la columna **B** al otorgar un valor de cero para cuando el aspecto evaluado no aplique, 1 cuando el proceso cumpla con el aspecto en forma deficiente, 3 cuando cumpla con el aspecto en forma adecuada y 5 cuando el proceso cumpla con el aspecto evaluado en forma muy buena o excelentemente.

En la columna **D** se divide la calificación asignada a cada rubro en **C** entre la calificación máxima que pueden obtener (es decir 5) excepto para los resultados en las casillas 7.3 D, 8.3 D, 9.5 D, 10.6 D y 11.6D, pues esto ya se hizo.

En la columna **E** se multiplica el valor de cada renglón de la columna **D** por el valor ponderado de la columna **A** y finalmente se suman todos los renglones de la columna **E** para obtener la calificación global (ponerla en la casilla **12 E**) del proceso aplicado bajo las condiciones ponderadas en la columna **A**. El proceso que obtenga la mayor calificación será el seleccionado. (MORGAN, J. et al. 2013)

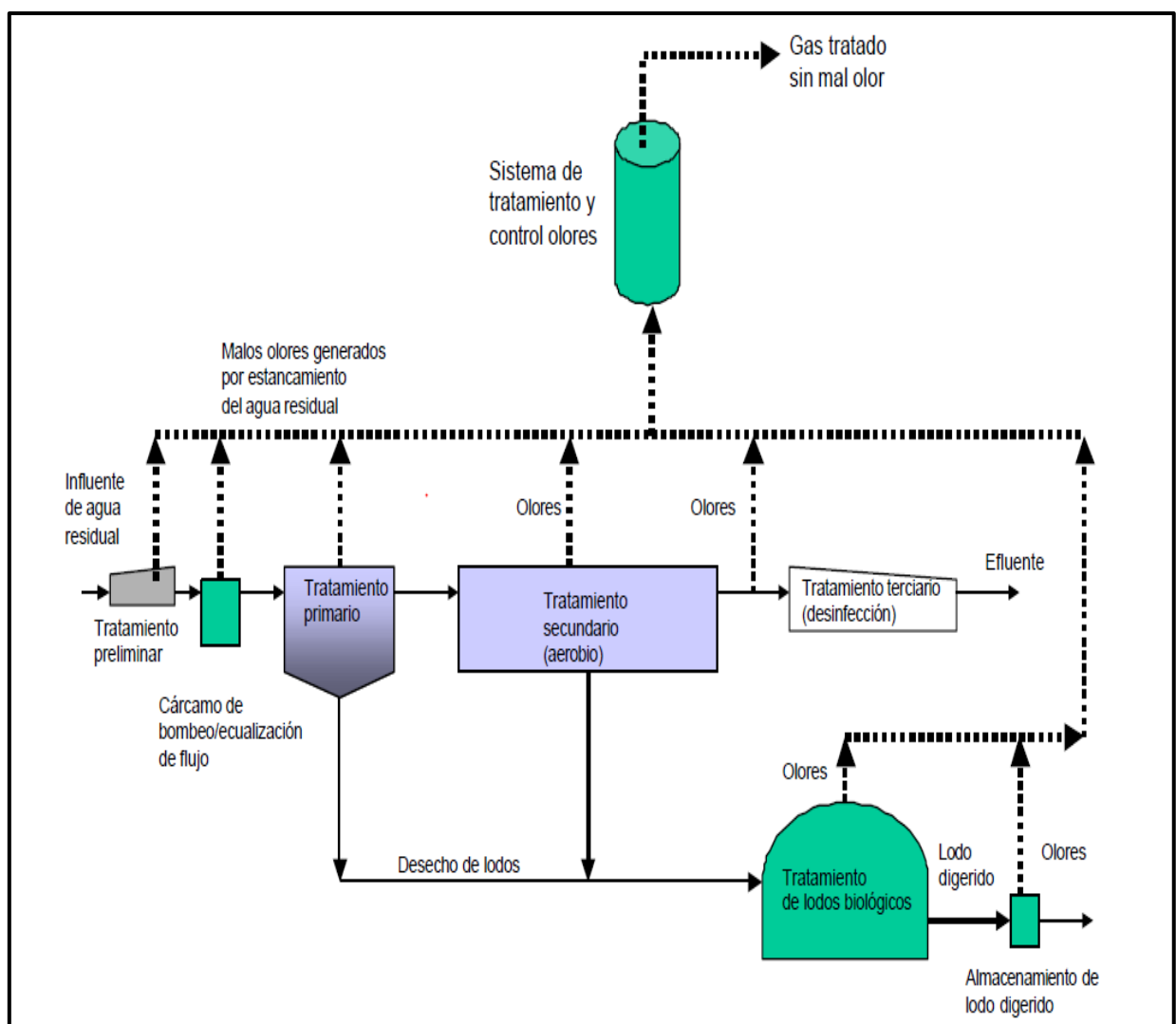
## **OLORES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL**

En las PTARs durante el proceso de tratamiento de los residuales líquidos se generan en los componentes de pre-tratamiento (rejas, desarenado, desengrasado) y en general en todos los procesos de las PTAR gases odorantes que afectan al entorno de dichas instalaciones, son principalmente compuestos reducidos de S ó N, ácidos orgánicos, aldehídos o cetonas que por ser contaminantes, tóxicos y/o corrosivos y generadores de malos olores, han de ser adecuadamente gestionados. El compuesto más problemático y el más abundante generado en la PTAR es el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) su alta toxicidad (puede causar hasta la muerte de las personas al ser inhalados en concentraciones mayores a 500 ppm) y su mal olor son características negativas de este compuesto y es una de las principales causas de la mala imagen de las PTARs ante la población cercana.

Los sistemas de tratamiento para la eliminación de  $H_2S$  y en general para compuestos que generen malos olores pueden ser clasificados como tratamientos fisicoquímicos o biológicos. Dentro de los sistemas de tratamiento fisicoquímicos más importantes orientados al control de olores se encuentran la absorción, la adsorción, la oxidación térmica, química o catalítica, la centrifugación que eliminan partículas y/o aerosoles, la filtración y electrofiltración etc. Eventualmente, se han utilizado agentes enmascaradores como son las fragancias de perfumes para ocultar un olor desagradable, pero obviamente, esto tiene una aplicación muy limitada como sistema de tratamiento de gases.

Muchos investigadores coinciden en afirmar que los tratamientos fisicoquímicos son más costosos que los biológicos y cuando se trata de gases con bajas concentraciones de compuestos que producen mal olor y altos flujos de gas, esta diferencia se ve incrementada (Leson y Winner, 1991; Bohn, 1992; Utkin et al., 1992; Van Groenestijn y Hesselink, 1993; Webster y Devinny, 1996; Chou y Huang, 1997; Leson y Smith, 1997 y Sorial et al., 1997).

Una de las ventajas más importantes de los tratamientos biológicos para el aire sobre los procesos fisicoquímicos es que pueden llevarse a cabo a temperaturas del medio ambiente (10-40°C) y a presiones atmosféricas. En general, las ventajas de los procesos biotecnológicos son que transforman los contaminantes a sustancias no peligrosas sin acumulación de subproductos o desechos de difícil manejo, tienen costos de operación bajos, debido principalmente a las condiciones suaves de operación (T, P, pH, etc.) además de poseer un balance energético adecuado. Para el tratamiento biológico de gases existen básicamente tres procesos de tratamiento, es decir, la biofiltración, los biolavadores y los biofiltros percoladores. (MORGAN, J. et al. 2013)



**Figura 22 Representación de una planta de tratamiento con sus posibles fuentes de malos olores**

Fuente: MORGAN, J. et al. 2013

## **BASES DE DISEÑO**

Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Los datos generalmente incluyen: poblaciones, caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros que usualmente determinan las bases del diseño son: DBO, sólidos en suspensión, coliformes fecales y nutrientes. (Norma OS-090, 2015)

- Población total y servida por el sistema;
- Caudales medios de origen doméstico e industrial;
- Caudales máximos horarios;
- Aporte per cápita de aguas residuales domésticas;
- Aporte per cápita de DBO y sólidos en suspensión;
- Masa de descarga de contaminantes, tales como: DBO y sólidos; y
- Concentraciones de contaminantes como: DBO, DQO, sólidos en suspensión y coliformes en el agua residual.

### ***Establecimiento de las bases de diseño***

En general, se deben identificar claramente los datos que llevaron al diseño técnico de la propuesta, lo que contempla la caracterización del agua residual bruta, del agua tratada y de las condiciones ambientales imperantes en el sitio que influyen en el diseño de la planta. Al respecto, la información de base debe ser proporcionada por el usuario o dueño a todos los licitantes, dando libertad a éstos para que la complementen. (NOYOLA, A. et al. 2013)



## 2.3 DEFINICION DE TÉRMINOS BÁSICOS

**AGUA RESIDUAL:** Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión. (Norma OS-090, 2015)

**DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES:** Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos. (Norma OS-090, 2015)

**PLANTA DE TRATAMIENTO:** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales. (OEFA, 2014)

**DIGESTIÓN AEROBIA:** Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno. (Norma OS-090, 2015)

**LODO ACTIVADO:** Lodo constituido principalmente de biomasa con alguna cantidad de sólidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aeración en el tratamiento con lodos activados. (Norma OS-090, 2015)

**PROCESO DE LODOS ACTIVADOS:** Tratamiento de aguas residuales en el cual se somete a aeración una mezcla (licor mezclado) de lodo activado y agua residual. El licor mezclado es sometido a sedimentación para su posterior recirculación o disposición de lodo activado. (Norma OS-090, 2015)

**AERACIÓN:** Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido). (Norma OS-090, 2015)

**MUESTREO:** Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar. (Norma OS-090, 2015)

**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO (EPS)** Es quien produce, distribuye y comercializa el agua potable, y quien se encarga de la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, la recolección de las aguas provenientes de las lluvias y la disposición sanitaria de excretas. (OEFA, 2014)

## CAPITULO III

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

Las aguas residuales que se recolectan a través de la red de alcantarillado del colector “La Victoria” y descargan en el buzón ubicado en la quebrada Los Chilcos son las provenientes de la parte sur de la ciudad de Cajamarca, área ubicada en la parte norte del territorio peruano y su ubicación geográfica y demarcación política es la siguiente:

##### a. Demarcación Política:

Políticamente el área se encuentra en:

Departamento : Cajamarca.

Provincia : Cajamarca.

Distrito : Cajamarca.

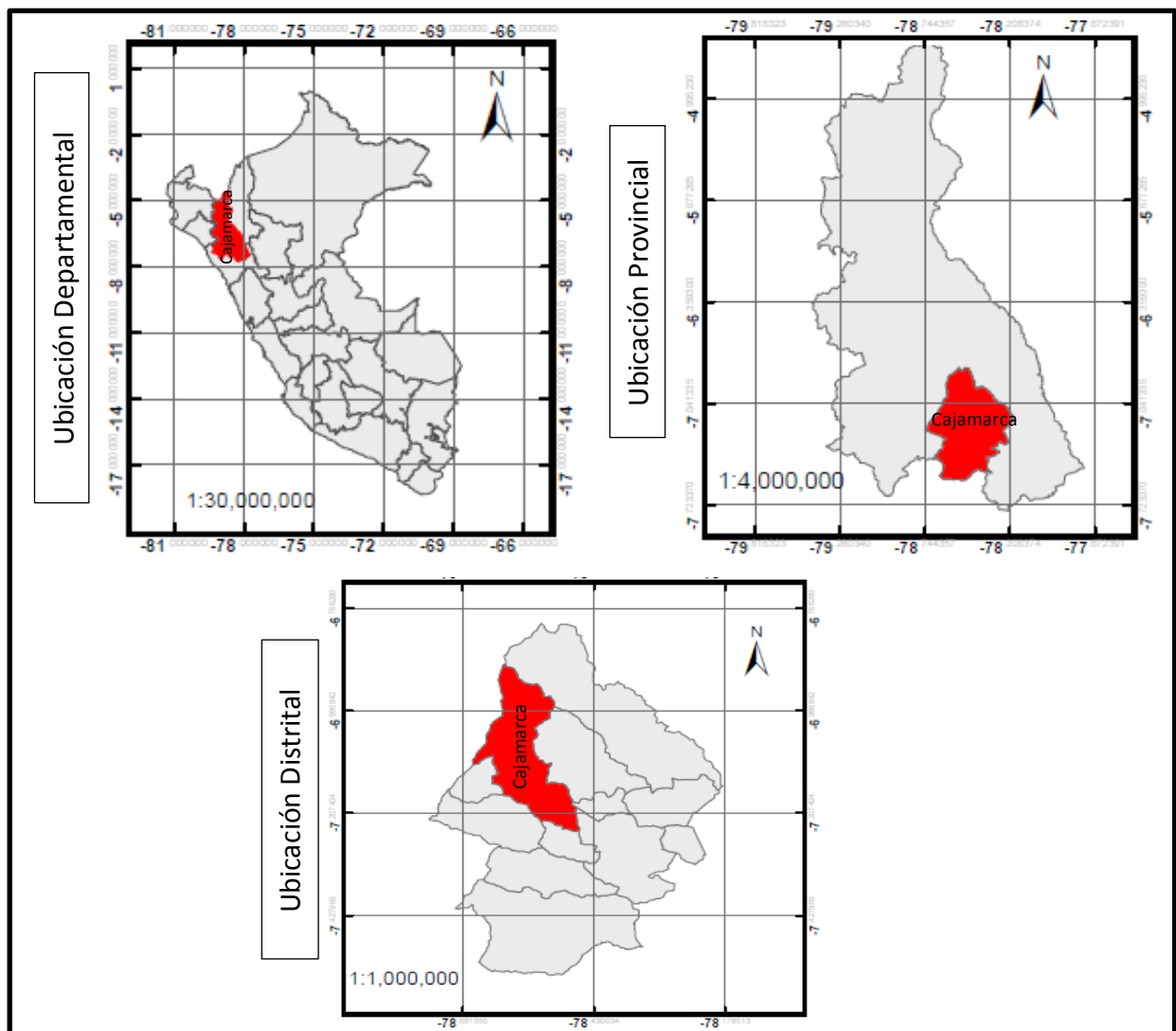


Figura 23 Ubicación Política

Figura 24 Ubicación Política

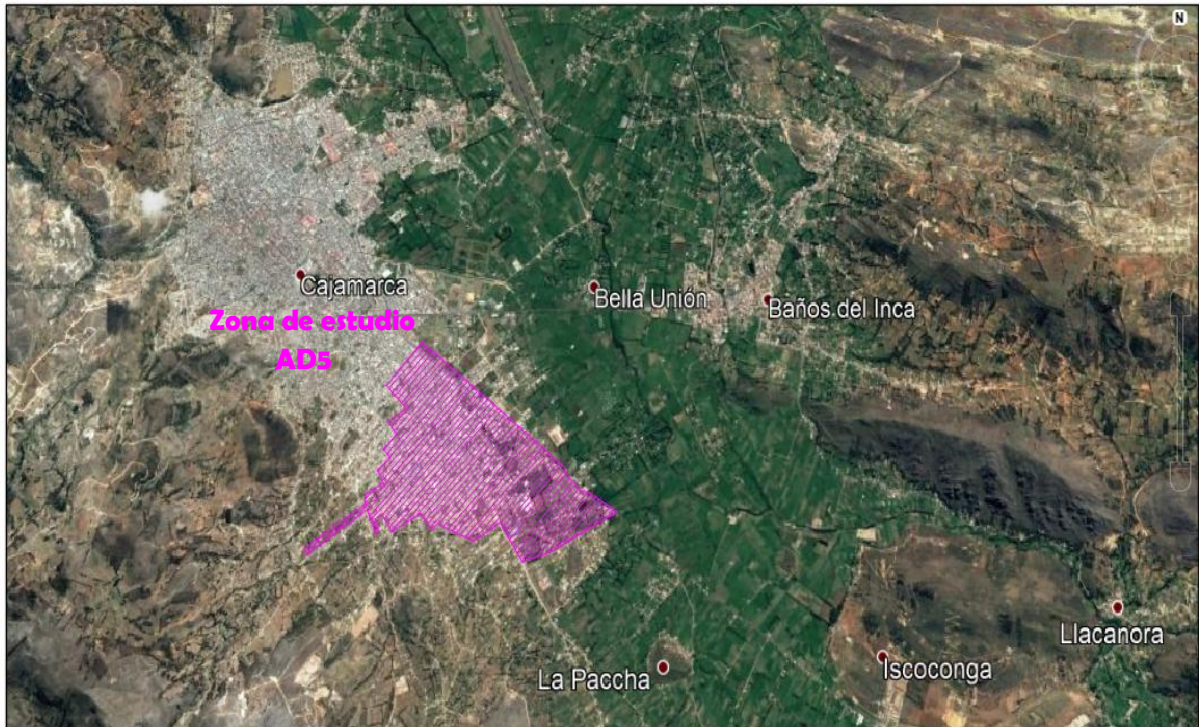
## b. Ubicación Geográfica

Coord. UTM Norte: 9'207,500 m – 9'205,000 m.

Coord. UTM Este: 773,750 m – 779,000 m.

Latitud Sur: 7°09'36" - 7°10'57".

Longitud Oeste: 78°31'17" - 78°28'26".



**Figura 25 Ubicación de la zona de estudio**

## 3.2 MATERIALES

### Equipos y materiales utilizados en Campo

- GPS
- Cámara fotográfica
- EPP para toma de muestra: guantes, mascarilla, chaleco, botas de jebe.
- Equipo de aforo de caudal: regla enumerada, cronómetro, bolillas de tecnopor, wincha, estacas
- Equipo para toma de muestra: Fichas de registro de campo, Cadena de custodia, Papel secante, Cinta adhesiva, Plumón indeleble, Frascos, Caja térmica, Hielo u otro refrigerante, preservantes.
- Multiparámetro y Agua destilada
- Equipo para levantamiento topográfico: Estación Total, prisma, estacas.

### **Equipos y materiales utilizados en Laboratorio**

- Equipo ensayo sólidos totales
- Equipo ensayo sólidos suspendidos
- Equipo ensayo extracción de aceites y grasas
- Equipo ensayo DBO
- Equipo ensayo DQO
- Equipo ensayo coliformes termotolerantes

### **Equipos y materiales de gabinete**

- Laptop
- Programa de computo Microsoft Office para el análisis de la información, redacción y presentación de la tesis.
- Softwares: ArcGis, Autocad 2017, para la digitalización de planos.
- Plano de las redes de alcantarillado de la ciudad de Cajamarca
- Impresora
- Útiles de escritorio

## **3.3 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN**

### **a. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Consistió en la recopilación de información para el fundamento del trabajo y que además permitiera elaborar el plan de investigación. Para el marco teórico se hizo necesaria la revisión de bibliografía de autores nacionales e internacionales, investigaciones realizadas anteriormente, normas ambientales peruanas y parámetros mínimos que se deben incluir en laboratorio, en los monitoreos, y en la toma de decisiones para la elección de la alternativa.

### **b. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Se utilizó información proporcionada por la EPS SEDACAJ SA, tales como planos de las redes colectoras de la ciudad de Cajamarca los cual fueron indispensables para la delimitación exacta de la zona de estudio, y del área de contribución de aguas residuales al colector la Victoria, el cual es el emisor hacia la Quebrada los Chilcos. En esta fase se identificó también las coordenadas de terreno para la construcción de la PTAR

### **3.4 FASE DE CAMPO**

#### **a. IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO**

Se realizó el reconocimiento de la zona y la identificación del último buzón de la red de alcantarillado del área de estudio. Para la selección del punto de monitoreo, se procedió tal como se explica en *el ítem 2.2.10 Muestreo y Monitoreo de aguas residuales*, apartado *a. Punto de monitoreo*. Los puntos de monitoreo, fueron identificados y reconocidos claramente, de manera que se permitió su ubicación exacta en los muestreos. En la determinación de la ubicación se utilizó el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), el mismo que se registró en coordenadas UTM.

El punto para la extracción de la muestra fue elegido de tal manera de evitar la interferencia de sólidos de gran tamaño, así mismo se eligió a 10 m. aproximadamente aguas abajo del buzón para evitar que turbulencia del agua pueda afectar la muestra tomada. Se adecuó un acceso fácil y seguro, evitando caminos empinados para bajar la quebrada, la vegetación densa y fangos. Para los aforos realizados se tomó una sección regular de la quebrada libre de rocas y con las condiciones necesarias para aplicar el método seleccionado, asegurándose además que en esa zona se mida el flujo real, pues hay varios canales de desvío que utilizan las personas de la zona para el riego de sus cultivos.

#### **b. AFOROS**

Se procedió tal como se explica en el ítem *2.2.4 Características de las aguas residuales* apartado *a. Caudales. Medición del caudal en el punto de descarga*. Debido a que el vertimiento se presenta a través de un canal abierto y dadas las condiciones del terreno el método a utilizar es el método de sección – velocidad, utilizando las ecuaciones (1) , (2), y (3) para la obtención de la velocidad, área y caudal respectivamente.

Para el recorrido del flotador se delimitó con estacas una distancia de 3-5 metros; se utilizó como flotador pequeñas bolitas de tecnophor. La operación consistió en lanzar el flotador y medir el tiempo de recorrido a través de la longitud establecida, esta operación se realizó varias veces y luego se sacó un tiempo promedio. Se calculó el área del tramo, para lo cual se midió el ancho de la sección y los tirantes cada 10 cm. para sacar un tirante promedio.

### c. MUESTREO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Se realizó de acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales establecido por la Oficina de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento tal como se describe en el ítem 2.2.10 *Muestreo y monitoreo de aguas residuales*, apartado d. *Muestreo*.

Dentro de esta etapa se considera 2 fases, la recopilación de información con respecto a las características generales y los parámetros operacionales.

Las muestras se recolectaron en envases plásticos debidamente etiquetados con la fecha y hora de muestreo; y se realizó a través de la toma de muestras simples en el punto de la descarga del alcantarillado sanitario, en la Quebrada Los Chilcos.

En esta fase se midió los parámetros de campo tales como el Ph, temperatura, la conductividad, los sólidos totales disueltos, la salinidad haciendo uso de un multiparámetro previamente calibrado en el laboratorio de la UNC; así mismo según las observaciones propias se determinaron las características generales de las aguas residuales en estudio.

Las muestras fueron tomadas durante 4 meses desde el 20 de julio del 2017 al 20 de noviembre del 2017. Las fechas de muestreo fueron programadas en meses del año en el cual se pueda identificar el comportamiento del clima tanto de estiaje como de lluvia.

**Tabla 9 Fechas de Muestreo**

MUESTREO N°	FECHA
1	jueves 20 de julio de 2017
2	martes 1 de agosto de 2017
3	martes 22 de agosto de 2017
4	viernes 1 de septiembre de 2017
5	viernes 22 de septiembre de 2017
6	lunes 16 de octubre de 2017
7	viernes 27 de octubre de 2017
8	martes 7 de noviembre de 2017
9	lunes 20 de noviembre de 2017

### 3.5 FASE DE LABORATORIO

Las características químicas y biológicas del agua residual fueron determinadas en laboratorios acreditados, de acuerdo a los estándares establecidos por INACAL-DA que es la Dirección de Acreditación que evalúa y acredita, bajo normas internacionales, a estas entidades.

Los ensayos se realizaron en 3 laboratorios con la finalidad de comparar los resultados y tener información más acertada para la toma de la decisión final en el tratamiento de dichas aguas. Los laboratorios seleccionados para la realización de los ensayos fueron:

- Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C
- Laboratorio Regional del Agua
- Laboratorio de la UNC

Los resultados fueron validados por la EPS SEDACAJ S.A. – Cajamarca, a través de la División de Calidad de Agua.

El procedimiento para la realización de los ensayos nombrados en el cuadro se detalla en el capítulo II en el ítem 2.2.4 *Características de las aguas residuales*.

Los métodos de Ensayo para la obtención de cada parámetro son los siguientes:

**Tabla 10 Métodos de ensayos Acreditados**

ENSAYO	MÉTODO	EXPRESION DE RESULTADOS
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Solids. Total Suspended Solids Dried	mg/L
Aceites y Grasas	EPA Method, n-Hexane Extractable Material	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorometric Method	mg O <sub>2</sub> /L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	mg O <sub>2</sub> /L
Numeración de Coliformes Termotolerantes (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Fecal Coliform Procedure	NMP/100 ml

Fuente: Instituto Nacional de Calidad (INACAL)

### a. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Este proceso consistió en conocer la composición físico-química y biológica del agua residual a través de su respectivo análisis en laboratorio y parámetros medidos in situ.

Según lo especificado en el ítem 2.2.13 *Muestreo y Monitoreo de Aguas residuales*, apartado b. *parámetros de calidad*; los parámetros seleccionados para la caracterización de las aguas son los siguientes:

- Aceites y grasas
- Sólidos en suspensión
- Sustancias con requerimiento de oxígeno: para la cuantificación de estas sustancias los dos parámetros más utilizados son:
  - Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO):
  - Demanda Química de Oxígeno (DQO):
- La relación DBO5/DQO indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas:
  - $\geq 0,4$  Aguas muy biodegradables
  - 0,2 - 0,4 Aguas biodegradables
  - $\leq 0,2$  Aguas poco biodegradables
- Organismos patógenos: coliformes termotolerantes

### 3.6 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Es el trabajo de gabinete en el cual se hizo el procesamiento de los datos obtenidos en las fases anteriores.

#### a. MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Se recopiló toda aquella información que servirá para finalmente obtener el caudal de diseño para la planta de tratamiento de agua residual, tales como:

- **Periodo de diseño:** de acuerdo a normas y criterio del investigador.
- **Área de influencia:** según los planos de redes de contribución sanitaria.
- **Modelo de crecimiento poblacional:** se hizo un análisis de los modelos aritmético, geométrico, parabólico, curva exponencial modificada y se seleccionó la más conveniente según el criterio del investigador.
- **Tasa de crecimiento:** según el modelo de crecimiento poblacional.



- **Dotación per- cápita:** haciendo un análisis de los volúmenes medidos y facturados según la empresa Sedacaj S.A.
- **Coefficiente de variación de consumo:** en consideración al reglamento y a las características de la población.

## **b. CÁLCULO TEÓRICO DEL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES**

Para la elección de la alternativa de tratamiento de las aguas residuales fue necesario trabajar en base a un caudal proyectado al periodo de diseño. Para ello se procedió tal como se explica en el capítulo II, *ítem 2.2.4 Características de las aguas residuales* apartado *a. Caudales - cálculo teórico del caudal de aguas residuales*.

- Para el cálculo de la población de diseño se utilizó la ecuación (4)
- Para el cálculo de los caudales  $Q_{med}$ ,  $Q_{MD}$ ,  $Q_{MH}$  se utilizó las ecuaciones (5), (6) y (7) respectivamente
- Para el cálculo del caudal de contribución al alcantarillado se utilizó la ecuación (8)

## **c. ESTUDIOS CLIMATOLÓGICOS**

Este factor fue necesario en la toma de decisión del tipo de tratamiento a implantar. El estudio de climatología consistió en la determinación de diferentes parámetros tales como: precipitación mensual, temperatura máxima y mínima mensual, humedad relativa, velocidad del viento media mensual y dirección del viento utilizando la base de datos de diferentes años (del año 2000 al 2016) de registro de la estación climatológica Augusto Weberbauer – SENAMHI.

## **d. DISPONIBILIDAD DE TERRENO**

La disponibilidad de terreno será el área designada por SEDACAJ para la construcción del sistema de tratamiento de las aguas en la zona de Huacaríz. De acuerdo al área con la que se disponga es que se tomará la decisión de que tecnología se adecua mejor.

El procedimiento inició con un reconocimiento en campo haciendo uso de GPS Garmin Modelo Montana 650. Posteriormente se realizó un levantamiento topográfico utilizando una Estación Total marca Leyca TC 407. El levantamiento incluye los límites perimetrales del terreno y puntos de relleno del terreno destinado para la PTAR en Huacaríz. Como actividad complementaria se consideró la recopilación de información secundaria de estudios topográficos elaborados por SEDACAJ,

#### **e. ESTUDIOS DE SUELOS**

Para estimar las características geotécnicas del terreno destinado para la ejecución de la planta de tratamiento de aguas residuales Huacariz, se realizaron 2 calicatas, una en la zona destinada por la EPS SEDACAJ, y la otra cerca al punto de descarga de la quebrada los Chilcos en el Rio Mashcón para analizar el material predominante en los terrenos aledaños a la margen derecha del río.

Ambas calicatas se realizaron a 2.5 m de profundidad y se extrajo 2 muestras de cada calicata a diferentes profundidades, dichas muestras fueron enviadas a analizar al laboratorio WFG Geología y Geotecnia. Entre los ensayos a realizar tenemos: Granulometría, Límites de consistencia, Perfiles estratigráficos

Las calicatas se realizaron en el mes de enero del 2018 en las siguientes coordenadas:

**Tabla 11 Ubicación de Calicatas**

PUNTO	NOMINACION	COORDENADAS		
		HEMISFERIO	ESTE	NORTE
Calicata 1	C1	17 S	778618	9206462
Calicata 2	C2	17 S	779289	9205344

Adicional se complementó con la información del nivel freático del estudio de suelos del proyecto "Gestión Integral para la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos líquidos (aguas servidas) de los distritos de Cajamarca, Baños del Inca, Llacanora, Namora y Jesús en el ámbito de la cuenca del río Cajamarquino"

#### **f. IMPACTO SOCIAL**

Se elaboró una encuesta de opinión para conocer la percepción de las personas con respecto a la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajamarca y así conocer la aceptación del proyecto por parte de la comunidad.

La encuesta formulada se realizó personalmente utilizando una Tablet como medio de aplicación, la población fue los habitantes de la ciudad de Cajamarca dentro de la cual se escogió una muestra tipo no probabilística accidental de 100 personas.

El procesamiento de los resultados se realizó utilizando el programa Microsoft Excel a través de gráficos tipo circulares, y para un segundo análisis se seleccionó las encuestas realizadas a las personas con dirección de vivienda pertenecientes a la zona de estudio.

### **3.7 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **a. PRESELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

Para la preselección de las alternativas de tratamiento que mejor se adaptan a las características del agua residual y condiciones de la zona, se seguirán los pasos del diagrama de flujo explicado en el *ítem 2.2.11 Criterios de Selección de la tecnología para tratamiento de aguas residuales*; haciendo uso del algoritmo especificado en la *figura II-18*

Para facilitar la identificación y evaluación de los sistemas de tratamiento, se adaptó una matriz de preselección que identifique las características cualitativas de los principales sistemas de tratamiento secundario, que reflejen aspectos como:

- Evacuación de la operación y la calidad de efluente
- Complejidad o sencillez de operación de la planta de tratamiento
- Calidad de la descarga del efluente
- Evaluación de criterios de la eficiencia económica
- Parámetros externos que garantizan una adecuada operación del sistema
- Vulnerabilidad del sistema de tratamiento

A manera de validar los sistemas seleccionados en esta fase se consideró el juicio de profesionales expertos con amplio conocimiento en el tema como son:

Subgerente del área de ingeniería de la EPS Sedacaj: Ing. César Humberto Mego Díaz  
Ingeniero hidráulico con experiencia en la construcción de PTAR: Mg. Roger Espinoza

#### **b. MATRIZ DE DECISIÓN**

La toma de decisión final se hizo aplicando la matriz de decisión explicada en el *ítem 2.2.12 Matriz de decisión para la selección de tecnología relacionada con el tratamiento de aguas residuales*; en la cual se consideró los rubros explicados en dicha sección como los factores de evaluación en la matriz.

Para la ponderación de los factores a evaluar se tuvo en cuenta todos los factores recopilados durante el levantamiento de la información y un análisis exhaustivo realizado durante la investigación.

## CAPITULO IV

### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN

##### a. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El sistema de alcantarillado de Cajamarca está constituido por 06 áreas de drenaje existente que descargan sus efluentes en los colectores principales, estas a su vez están formadas por sub-áreas de drenaje. (*Ver Anexo 11 Plano “Alcantarillado- áreas de drenaje 2015”*)

La sub-área de drenaje denominado AD-05 correspondiente a la parte sur de la ciudad de Cajamarca tiene una extensión de 3'406,847.32 m<sup>2</sup>, presenta 4 sub-áreas descargando sus efluentes en 4 buzones para luego llegar al colector existente de 300 mm de diámetro de PVC, denominado Colector La Victoria.

El colector “La Victoria” inicia su recorrido en el Jirón La República con la Vía de Evitamiento, siguiendo su recorrido por esta avenida hasta la quebrada Los Chilcos, para luego cruzar por toda esta quebrada hasta descargar los desagües crudos al río Mashcón. Este colector tiene una longitud total de 2,946 m y está conformado por tuberías de 12”, de PVC con una antigüedad aproximada de 15 años.

De lo observado en el trabajo de campo por la División de Catastro de SEDACAJ se puede decir que el colector tiene un buen arrastre hidráulico y en horas punta se observó que el tirante de agua varía entre el 70 y 90%, este colector no atraviesa propiedades privadas, de los buzones se pueden decir que estos se encuentran en buen estado tanto las tapas los marcos y las paredes de estos.

En época de sequía los agricultores utilizan los desagües para riego de cultivos por lo que la descarga hacia el río Mashcón es casi nula.

El funcionamiento del sistema de drenaje es de tipo separativo es decir las redes de evacuación de aguas pluviales y desagües son independientes, cabe indicar que a pesar de este sistema, en épocas de lluvia (de Octubre a Febrero) los buzones colapsan debido a que el agua de las lluvias ingresa a los buzones. Por ende las redes colectoras de desagüe reciben solamente las contribuciones de las categorías domésticas, comerciales, estatales, industriales y sociales del distrito de Cajamarca.

## 4.2 FASE DE CAMPO

### a. PUNTO DE MONITOREO

Se procedió a realizar la identificación de los puntos de muestreo en las zonas más representativas elegidas estratégicamente.

**Tabla 12** Coordenadas de puntos representativos

PUNTO	NOMINACIÓN	COORDENADAS		
		HEMISFERIO	ESTE	NORTE
Último Buzón	Bz	17 S	778543	9205077
Toma de Muestra	PM	17 S	778554	9205080
Aforo	PA	17 S	778570	9205084



**Figura 26** Puntos representativos en el monitoreo

### b. AFOROS

Dadas las condiciones del terreno se aplicó el método de sección- velocidad, obteniéndose un caudal promedio de **86.77 l/s**.

Se puede notar en cuanto al comportamiento del flujo que existe una variación de aproximadamente 30 l/s entre las épocas de lluvia y de estiaje. Esta medida no puede ser usada para la comprobación del caudal teórico ya que existen puntos de desvío del agua residual antes de su descarga en la quebrada Los Chilcos.

Las mediciones realizadas en campo se muestran en el *Anexo 1 "Mediciones de caudal"*, y los resultados de los aforos realizados fueron los siguientes:

**Tabla 13 Caudal medido en el punto de descarga**

MUESTREO N°	FECHA	VELOCIDAD V (m/s)	ÁREA A(m2)	CAUDAL Q(l/s)
1	20/07/17	0.53	0.16	81.60
2	01/08/17	0.38	0.20	75.35
3	22/08/17	0.44	0.16	71.75
4	01/09/17	0.36	0.20	73.15
5	22/09/17	0.55	0.16	91.12
6	16/10/17	0.39	0.26	102.70
7	27/10/17	0.55	0.18	101.84
8	07/11/17	0.48	0.20	97.46
9	20/11/17	0.52	0.16	85.94

**c. MUESTREO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

• **Características generales**

*Apariencia y color.-* Se puede apreciar un color marrón oscuro en el efluente, el cual indica principalmente el alto contenido de materiales coloidales o en suspensión.

*Lodos.-* Se pudo apreciar la presencia de lodos, en pequeña cantidad en las esquinas de la quebrada, debido al estancamiento del agua en ciertas partes de la misma y a que no se realiza la limpieza del mismo.

*Vegetación en la Quebrada.-* Existe bastante vegetación y malezas alrededor de la quebrada lo cual podría ser un indicador de la alta presencia de oxígeno en estas aguas.

*Olor.-* Se pudo percibir un olor desagradable provienen de la materia orgánica y vegetación putrefacta a los alrededores de la quebrada.

• **Parámetros Operacionales**

Los parámetros medidos in situ de cada muestreo realizado fueron los siguientes: (*Ver anexo 2 “Registro de Cadena de Custodia y parámetros de Campo”*)

**Tabla 14 Parámetros medidos en campo**

MUESTREO N°	FECHA	PH	T°	K	STD	Sali
1	20/07/17	8.05	20.0	1538	950	0.70%
2	01/08/17	7.76	23.0	1667	1180	0.83%
3	22/08/17	7.80	22.9	1657	1390	0.81%
4	01/09/17	7.96	24.1	1514	1070	0.76%
5	22/09/17	8.16	22.9	1999	1680	0.71%
6	16/10/17	8.24	22.4	1249	891	0.63%
7	27/10/17	7.04	24.9	2043	1530	0.79%
8	07/11/17	8.02	23.5	1503	840	0.76%
9	20/11/17	7.97	20.8	1601	1104	0.80%

- Los valores de pH están dentro del intervalo adecuado para la existencia de la mayor parte de la vida biológica (5 a 9) pH.
- La temperatura del agua residual está dentro del rango óptimo para el desarrollo de la actividad bacteriana (20 a 35) °C. Siendo estos valores adecuados para un proceso de tratamiento aerobio, pero inadecuados para un proceso anaerobio pues los intervalos óptimos para la DA son el mesofílico (30 a 38) °C y el termofílico (49 a 57) °C.
- La conductividad eléctrica está en relación directa con la salinidad del agua, indicando la elevada cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio).

### 4.3 FASE DE LABORATORIO

#### a. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

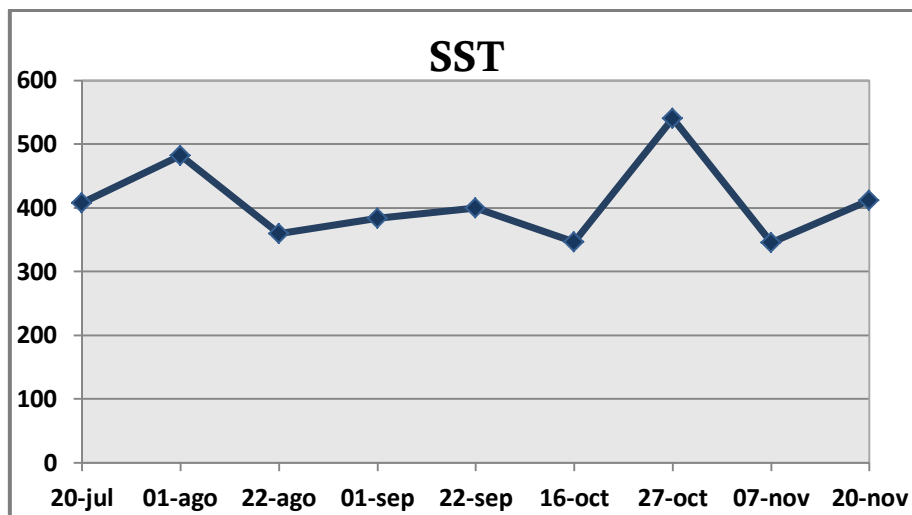
Según el informe de ensayos de análisis de agua residual alcanzado por SEDACAJ a través de la División de Calidad de Agua tal como se muestra en el *Anexo 3 Informe de Ensayos*, se obtiene los siguientes valores promedios para cada parámetro:

**Tabla 15 Parámetros obtenidos en laboratorio**

<b>ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	408.76
Aceites y Grasas	mg/L	103.29
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	409.93
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	1037.70
<b>ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	7.04E+08

#### **Sólidos Suspendidos Totales**

De la *Figura 27* se encuentra que los SST se mantienen en un rango promedio de 408.76 mg/l, siendo el valor más bajo 346 mg/l. y el más alto 540 mg/l.

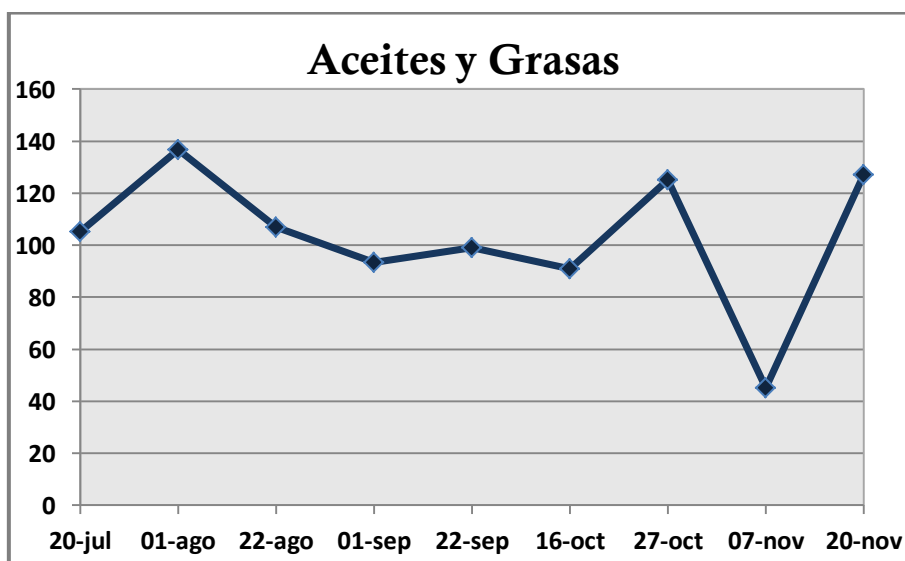


**Figura 27 Sólidos Suspensos Totales**

### Aceites y Grasas

De la **Figura 28** se encuentra que los aceites y grasas se mantienen en un rango promedio de 80 a 140 mg/l, con excepción de la muestra N°8 cuyo valor es más bajo a 45.2 mg/l., el cual podría ser causa de diversos factores externos, sin embargo el valor promedio de este parámetro es de 103.29 mg/l.

Los valores de grasas y aceites sobrepasan exageradamente el límite máximo permitido, por lo que es necesario colocar una estructura para el control de aceites y grasas pues la presencia de estas sustancias puede ocasionar graves problemas en cuanto al arrastre de sólidos, colmatación prematura, obstrucción y acumulación, razón por la cual deben ser removidas en los procesos de pretratamiento. Las grasas y aceites no removidos pueden afectar la vida biológica de los cursos receptores

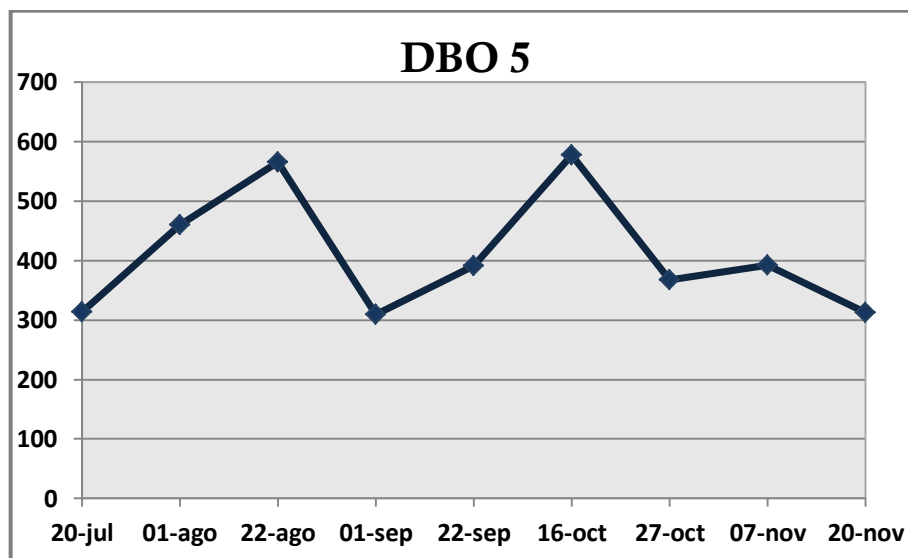


**Figura 28 Aceites y Grasas**



### **Demanda Biológica de Oxígeno**

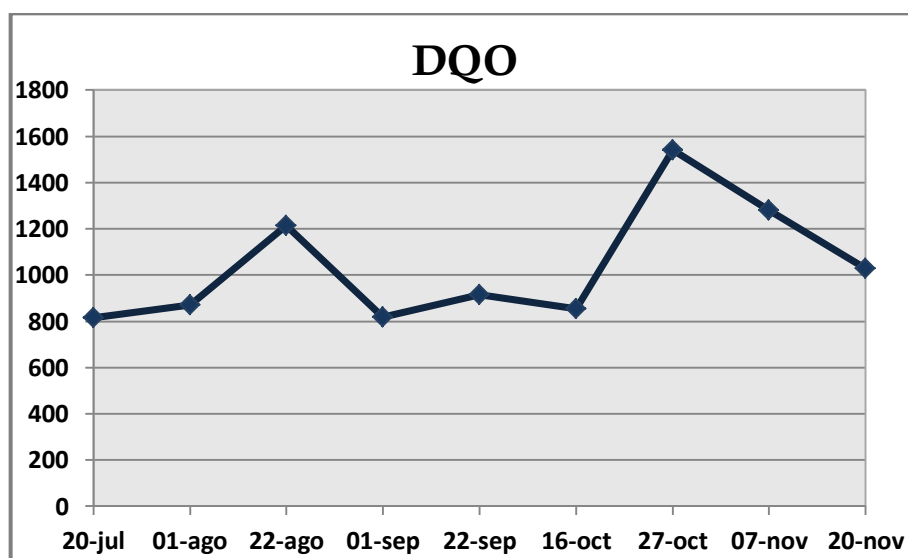
De la *Figura 29* se encuentra que los valores de DBO se mantienen en un rango promedio de 300 a 600 O<sub>2</sub>/l, dando un valor promedio de de 409.9 O<sub>2</sub>/l.



**Figura 29 Demanda Biológica de Oxígeno**

### **Demanda Química de Oxígeno**

De la *Figura 30* se encuentra que los valores del DQO se mantienen en un rango promedio de 1037.70 O<sub>2</sub>/l, siendo el valor más bajo 816 O<sub>2</sub>/l. y el más alto 1540 O<sub>2</sub>/l.



**Figura 30 Demanda Química de Oxígeno**

## Biodegradabilidad

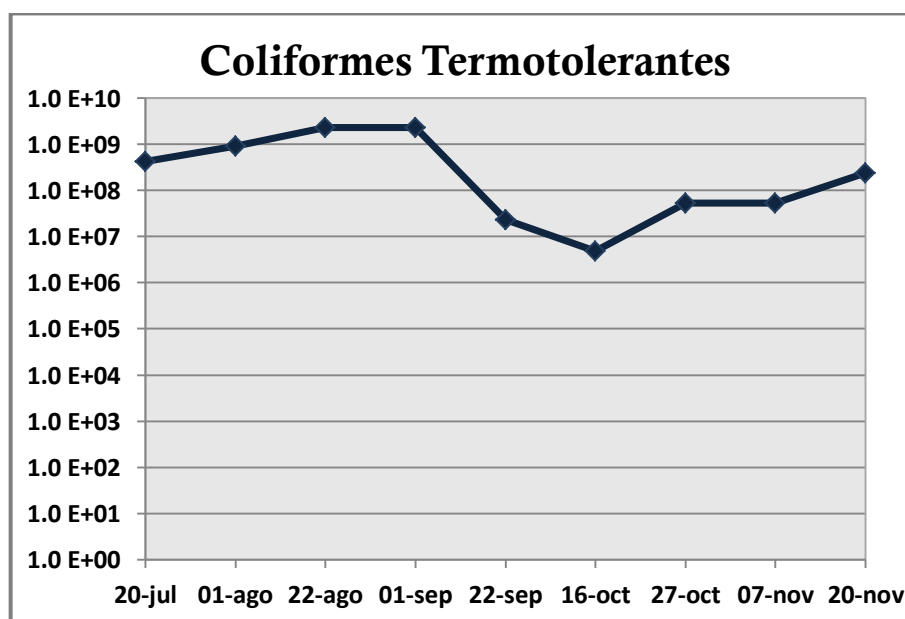
Parámetro	Unidad	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	Prom.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	314.0	460.0	566.0	309.0	390.7	577.5	368.0	392.0	312.2	409.93
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	816	870	1213	819	916.3	855	1540	1281	1029	1037.70
DBO5 / DQO	-	0.38	0.53	0.47	0.38	0.43	0.68	0.24	0.31	0.30	<b>0.40</b>

Según los ensayos realizados, la relación DBO5/DQO es 0.4 por lo que se afirma que el tipo de agua residual descargada en la Quebrada los Chilcos son aguas biodegradables.

## Coliformes Termotolerantes

De la **Figura 31** se encuentra que los valores de coliformes termotolerantes se encuentran en un rango del orden de 6 a 10 unidades logarítmicas arrojando un valor promedio de  $7.04E+08$

La carga bacteriana de diseño recomendado, Coliformes Termotolerantes (fecales) debe ser del orden de 7 unidades logarítmicas ( $1 \times 10^7$  NMP/100ml), valor común en un desagües de origen doméstico.



**Figura 31 Coliformes Termotolerantes**

#### 4.4 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

##### a. MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

- **PERIODO DE DISEÑO**

Según la norma OS-090, para este tipo de proyectos es usual elegir un periodo de vida útil de estructuras entre 20 -30 años dependiendo esto de una vida útil de estructuras, posibilidad de aplicaciones, incremento o de crecimiento poblacional. Por lo tanto se ha considerado un periodo mínimo de 20 años.

- **MODELO DE CRECIMIENTO POBLACIONAL**

Se seleccionó del modelo de crecimiento poblacional a partir de los censos históricos, de los años 1972, 1981, 1993 y 2007:

**Tabla 16 Población Censada del distrito de Cajamarca**

<b>AÑO DE CENSO</b>	<b>POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA (Urbana + Rural)</b>
1972	62,513
1981	80,931
1993	117,509
2007	188,363

Fuete: Elaboración propia - INEI

De la comparación de los modelos aplicados a la población histórica de Cajamarca se obtiene que el Método Geométrico es el que más se acerca al crecimiento histórico de la población en la ciudad de Cajamarca, con una tasa de crecimiento geométrico de **3.20 %**.

Por tanto el modelo que se aplica para proyectar la población para el ámbito del estudio utiliza esa tasa a partir de la población censada en el 2007 obteniendo al 2017 una población de **258 026** habitantes. (*Ver anexo 4 Crecimiento Poblacional - Distrito Cajamarca*)

- **DELIMITACION DE AREAS DE DRENAJE**

De acuerdo a la delimitación de las áreas de drenaje existente, se permitió el cálculo de la demanda de alcantarillado para la Ciudad de Cajamarca según áreas de contribución sanitaria correspondientes.

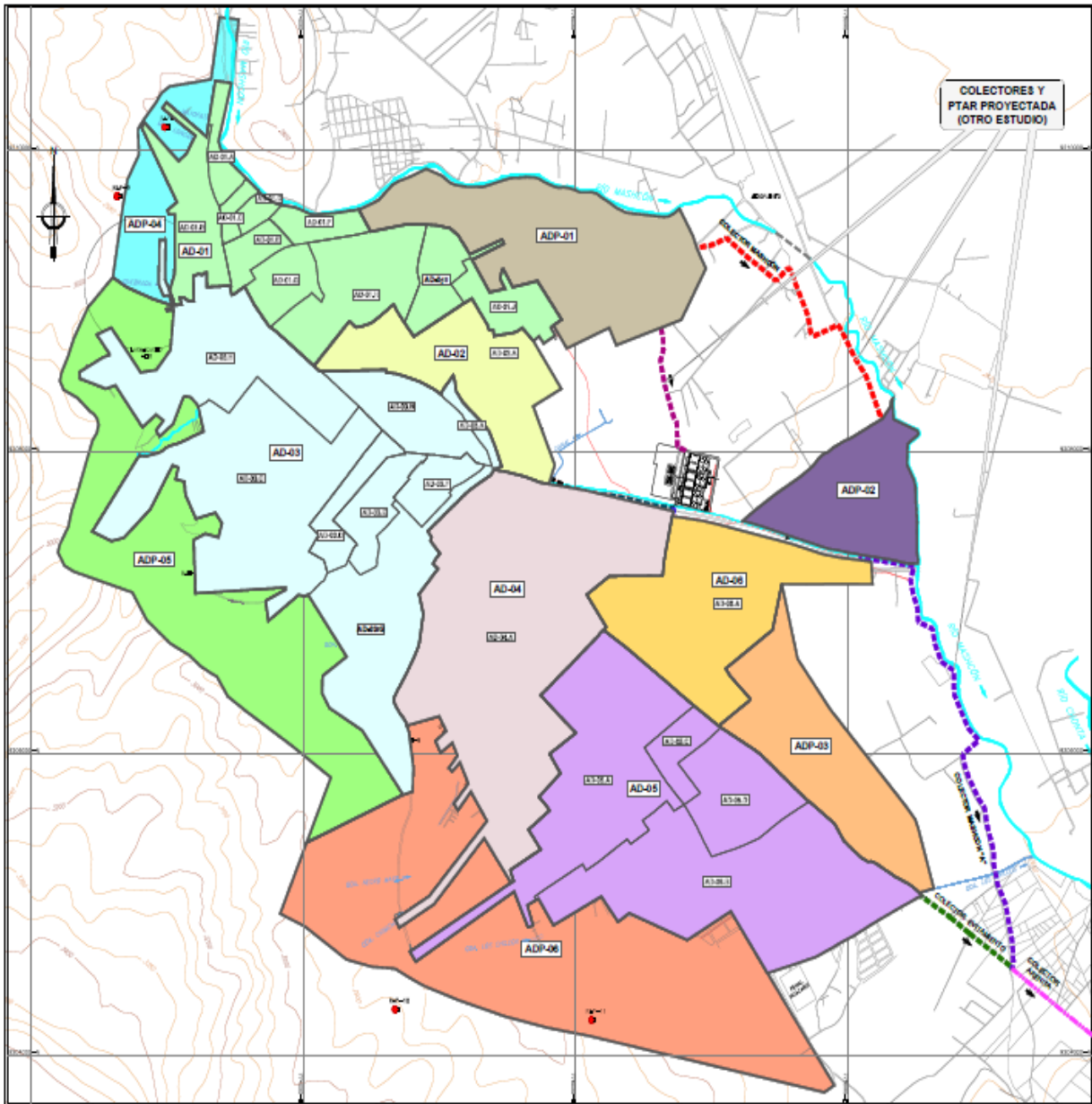


Figura 32 Áreas de drenaje ciudad de Cajamarca proyectada 2037

De la **Figura 32** y del análisis realizado se concluye que las áreas de drenaje de colaboración al colector la Victoria es el área AD-05, siendo un equivalente del 25% del área total de Cajamarca; sin embargo, considerando las áreas de expansión urbana se proyecta que para el 2037 el ámbito de influencia será un 40% del territorio y por lo tanto se consideró que su población también es equivalente al 40% de la población total de Cajamarca haciendo así un total de **103 210** habitantes según proyección al 2017.

Por lo que la población proyectada en ese sector AD5 es:

**Tabla 17 Población Proyectada AD5**

N°	Año	Población Cajamarca	Población AD5
	<b>1972</b>	<b>62,513</b>	
	<b>1981</b>	<b>80,931</b>	
	<b>1993</b>	<b>117,509</b>	
-	<b>2,007</b>	<b>188,363</b>	<b>75,345</b>
Base	2,008	194,384	<b>77,754</b>
A	2,009	200,599	<b>80,240</b>
0	2,010	207,012	<b>82,805</b>
1	2,011	213,630	<b>85,452</b>
2	2,012	220,460	<b>88,184</b>
3	2,013	227,508	<b>91,003</b>
4	2,014	234,781	<b>93,912</b>
5	2,015	242,287	<b>96,915</b>
6	2,016	250,033	<b>100,013</b>
7	2,017	258,026	<b>103,210</b>
8	2,018	266,276	<b>106,510</b>
9	2,019	274,788	<b>109,915</b>
10	2,020	283,573	<b>113,429</b>
11	2,021	292,639	<b>117,056</b>
12	2,022	301,995	<b>120,798</b>
13	2,023	311,649	<b>124,660</b>
14	2,024	321,613	<b>128,645</b>
15	2,025	331,894	<b>132,758</b>
16	2,026	342,505	<b>137,002</b>
17	2,027	353,455	<b>141,382</b>
18	2,028	364,755	<b>145,902</b>
19	2,029	376,416	<b>150,566</b>
20	2,030	388,450	<b>155,380</b>
21	2,031	400,868	<b>160,347</b>
22	2,032	413,684	<b>165,474</b>
23	2,033	426,909	<b>170,764</b>
24	2,034	440,558	<b>176,223</b>
25	2,035	454,642	<b>181,857</b>
26	2,036	469,177	<b>187,671</b>
27	2,037	484,176	<b>193,670</b>
28	2,038	499,655	<b>199,862</b>

- **DOTACIÓN**

La dotación es variable de acuerdo tipos de sistemas y al clima de cada localidad de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones como se puede observar en la tabla II.1 la dotación para la ciudad de Cajamarca se ajustaría a 220 l/hab/día.

Sin embargo según la información proporcionada por SEDACAJ en cuanto a los volúmenes facturados y teniendo en consideración el número de conexiones domiciliarias en las categorías social, doméstica, comercial, industrial y estatal, se

estima que Cajamarca presenta una dotación promedio de **120 l/hab/dia**. Valor que actualmente es considerado para efectos de diseño de proyectos de agua y saneamiento (Ver anexo 5 Aportes Percapita)

**Tabla 18 Situación de conexiones por categorías de Cajamarca**

JUL . 2017

CATEGORIA	ACTIVAS					CORTADAS					TOTALES					USUARIOS			
	A y D	Agua	Desag	T. Agua	T. Desag	A y D	Agua	Desag	T. Agu	T. Desag	A y D	Agua	Desag	T. Agua	T. Desag	Activos	Cortados	Totales	%
SOC	12	1	4	13	16	3	2	2	5	5	15	3	6	18	21	17	7	24	0.06%
DOM	26,044	1,621	1,419	27,665	27,463	2,898	375	592	3,273	3,490	28,942	1,996	2,011	30,938	30,953	29,084	3,865	32,949	76.30%
COM	8,112	150	102	8,262	8,214	516	76	23	592	539	8,628	226	125	8,854	8,753	8,364	615	8,979	20.79%
IND	761	76	1	837	762	99	11	-	110	99	860	87	1	947	861	838	110	948	2.20%
EST	227	9	10	236	237	31	4	1	35	32	258	13	11	271	269	246	36	282	0.65%
<b>TOTA</b>	<b>35,156</b>	<b>1,857</b>	<b>1,536</b>	<b>37,013</b>	<b>36,692</b>	<b>3,547</b>	<b>468</b>	<b>618</b>	<b>4,015</b>	<b>4,165</b>	<b>38,703</b>	<b>2,325</b>	<b>2,154</b>	<b>41,028</b>	<b>40,857</b>	<b>38,549</b>	<b>4,633</b>	<b>43,182</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: EPS Sedacaj – adaptación propia

**Tabla 19 Reporte de Volúmenes al mes según conexiones domiciliarias por categorías**

JUL . 2017

CATEG	Conexión	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
SOC	13		-	12	794	1	9	-	-	803
DOM	30,475	1,735	-	28,148	344,866	2,315	27,859	12	1,026	373,751
COM	5,824	225	-	5,284	142,979	529	17,552	11	360	160,891
IND	482	42	-	400	9,932	77	2,294	5	480	12,706
EST	210	11	-	176	22,882	34	8,214	-	-	31,096
<b>TOTA</b>	<b>37,004</b>	<b>2,013</b>	<b>-</b>	<b>34,020</b>	<b>521,453</b>	<b>2,956</b>	<b>55,928</b>	<b>28</b>	<b>1,866</b>	<b>579,247</b>

Fuente: EPS Sedacaj – adaptación propia

**Tabla 20 Reporte de Volúmenes al mes según conexiones domiciliarias por año**

JUL . 2017

MES	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO	DOTACION lpd
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN		
DIC-14	34,109	1,871	-	32,358	530,639	1,662	31,857	25	1,078	563,574	110.15
DIC-15	34,936	2,305	-	35,065	556,944	1,090	18,974	67	1,760	577,678	110.24
DIC-16	36,222	1,990	-	33,734	532,548	2,358	42,630	20	1,062	576,240	106.06
ENE	36,316	2,036	-	33,579	513,326	2,623	53,140	20	806	567,272	104.14
FEB	36,466	2,214	-	33,471	523,768	2,523	47,672	21	964	572,404	104.65
MAR	36,531	2,155	-	34,052	514,468	2,395	44,535	20	953	559,956	102.19
ABR	36,649	2,015	1	34,123	522,665	2,379	47,250	29	1,813	571,728	104.00
MAY	36,816	2,173	-	33,920	516,908	2,695	53,024	34	1,484	571,416	103.47
JUN	37,004	2,045	-	33,857	512,748	2,929	59,244	30	1,255	573,247	103.28
JUL	37,013	2,013	-	34,020	521,453	2,956	55,928	28	1,866	579,247	104.33

Fuente: EPS Sedacaj – adaptación propia

- **COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE CONSUMO**

De acuerdo el reglamento nacional de edificaciones los coeficientes de variación diaria y horario elegidos son los siguientes:  $k_1 = 1.3$  y  $k_2 = 1.8$

- **CÁLCULO TEÓRICO DEL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES**

**Tabla 21 Demanda de Desagüe**

N°	Año	Cobertura de Saneamiento	Población contribuyente	DEMANDA DESAGUE		
				Qp desague (lt/seg)	Qmd desague (lps) k=1.3	Qmh desague (lps) k=1.8
	<b>1972</b>					
	<b>1981</b>					
	<b>1993</b>					
-	<b>2,007</b>	86%	64,496	71.66	93	128.99
Base	2,008	86%	66,558	73.95	96	133.12
A	2,009	86%	68,686	76.32	99	137.37
0	2,010	86%	70,881	78.76	102	141.76
1	2,011	86%	73,147	81.27	106	146.29
2	2,012	86%	75,486	83.87	109	150.97
3	2,013	86%	77,899	86.55	113	155.80
4	2,014	86%	80,390	89.32	116	160.78
5	2,015	86%	82,960	92.18	120	165.92
6	2,016	86%	85,612	95.12	124	171.22
7	2,017	89%	91,857	102.06	133	183.71
8	2,018	90%	95,859	106.51	138	191.72
9	2,019	90%	98,924	109.92	143	197.85
10	2,020	90%	102,086	113.43	147	204.17
11	2,021	90%	105,350	117.06	152	210.70
12	2,022	90%	108,718	120.80	157	217.44
13	2,023	90%	112,194	124.66	162	224.39
14	2,024	90%	115,781	128.65	167	231.56
15	2,025	90%	119,482	132.76	173	238.96
16	2,026	90%	123,302	137.00	178	246.60
17	2,027	95%	134,313	149.24	194	268.63
18	2,028	95%	138,607	154.01	200	277.21
19	2,029	95%	143,038	158.93	207	286.08
20	2,030	95%	147,611	164.01	213	295.22
21	2,031	95%	152,330	169.26	220	304.66
22	2,032	95%	157,200	174.67	227	314.40
23	2,033	95%	162,225	180.25	234	324.45
24	2,034	95%	167,412	186.01	242	334.82
25	2,035	95%	172,764	191.96	250	345.53
26	2,036	100%	187,671	208.52	271	375.34
27	2,037	100%	193,670	215.19	280	387.34
28	2,038	100%	199,862	222.07	289	399.72

**Tabla 22 Distribución de caudales por Tipo de conexión**

PROYECCION DE LA DEMANDA DE DESAGUE DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA AD5																				
AÑO	POBLACION AD5	COBERTURA (%)	POBLACION SERVIDA (hab)	VIVIENDAS SERVIDAS (unidades)	CONEXIONES					CONSUMO DE ALCANTARILLADO (l/día)						DEMANDA DESAGUE			Qmh desague (lt/seg)	Qmd desague (lt/seg)
					CNX DOME	CNX COMER	CNX INDUS	CNX ESTAT	CNX SOCIAL	CONSUMO DOMESTICO	CONSUMO COMERCIAL	CONSUMO INDUSTRIAL	CONSUMO ESTATAL	CONSUMO SOCIAL	CONSUMO TOTAL	Qp desague (lt/seg)	Qp desague (lt/día)	Qp desague (m³/año)		
2,007	75,345	85.60%	64496	12899	9842	2682	284	84	8	5905254	1609046	170269	50307	4644	7739520	71.66	6191616	2259940	93.16	128.99
2,008	77,754	85.60%	66558	13312	10157	2767	293	87	8	6094014	1660479	175712	51915	4792	7986913	73.95	6389530	2332179	96.14	133.12
2,009	80,240	85.60%	68686	13737	10481	2856	302	89	8	6288857	1713569	181330	53575	4945	8242277	76.32	6593821	2406745	99.21	137.37
2,010	82,805	85.60%	70881	14176	10817	2947	312	92	9	6489907	1768351	187127	55288	5103	8505776	78.76	6804621	2483687	102.38	141.76
2,011	85,452	85.60%	73147	14629	11162	3041	322	95	9	6697384	1824884	193109	57055	5267	8777699	81.27	7022159	2563088	105.66	146.29
2,012	88,184	85.60%	75486	15097	11519	3139	332	98	9	6911507	1883227	199283	58879	5435	9058332	83.87	7246666	2645033	109.04	150.97
2,013	91,003	85.60%	77899	15580	11887	3239	343	101	9	7132465	1943433	205654	60761	5609	9347922	86.55	7478338	2729593	112.52	155.80
2,014	93,912	85.60%	80390	16078	12267	3343	354	105	10	7360476	2005561	212229	62704	5788	9646758	89.32	7717406	2816853	116.12	160.78
2,015	96,915	85.60%	82960	16592	12660	3449	365	108	10	7595792	2069679	219014	64709	5973	9955167	92.18	7964133	2906909	119.83	165.92
2,016	100,013	85.60%	85612	17122	13064	3560	377	111	10	7838632	2135848	226016	66777	6164	10273437	95.12	8218750	2999844	123.66	171.22
2,017	103,210	89.00%	91857	18371	14017	3819	404	119	11	8410450	2291655	242503	71649	6614	11022871	102.06	8818297	3218678	132.68	183.71
2,018	106,510	90.00%	95859	19172	14628	3986	422	125	12	8776883	2391499	253069	74770	6902	11503123	106.51	9202499	3358912	138.46	191.72
2,019	109,915	90.00%	98924	19785	15096	4113	435	129	12	9057452	2467948	261159	77160	7123	11870842	109.92	9496673	3466286	142.89	197.85
2,020	113,429	90.00%	102086	20417	15578	4245	449	133	12	9347020	2546849	269508	79627	7350	12250354	113.43	9800283	3577103	147.46	204.17
2,021	117,056	90.00%	105350	21070	16076	4380	464	137	13	9645850	2628273	278124	82173	7585	12642005	117.06	10113604	3691465	152.17	210.70
2,022	120,798	90.00%	108718	21744	16590	4521	478	141	13	9954238	2712302	287016	84800	7828	13046184	120.80	10436947	3809486	157.04	217.44
2,023	124,660	90.00%	112194	22439	17121	4665	494	146	13	10272450	2799007	296191	87511	8078	13463237	124.66	10770589	3931265	162.06	224.39
2,024	128,645	90.00%	115781	23156	17668	4814	509	151	14	10600879	2888496	305661	90309	8336	13893682	128.65	11114945	4056955	167.24	231.56
2,025	132,758	90.00%	119482	23896	18233	4968	526	155	14	10939757	2980833	315432	93196	8603	14337821	132.76	11470257	4186644	172.58	238.96
2,026	137,002	90.00%	123302	24660	18816	5127	543	160	15	11289513	3076133	325517	96175	8878	14796216	137.00	11836973	4320495	178.10	246.60
2,027	141,382	95.00%	134313	26863	20496	5585	591	175	16	12297689	3350838	354586	104764	9671	16117548	149.24	12894038	4706324	194.01	268.63
2,028	145,902	95.00%	138607	27721	21151	5763	610	180	17	12690848	3457965	365922	108113	9980	16632828	154.01	13306262	4856786	200.21	277.21
2,029	150,566	95.00%	143038	28608	21828	5948	629	186	17	13096567	3568514	377621	111570	10299	17164570	158.93	13731656	5012054	206.61	286.08
2,030	155,380	95.00%	147611	29522	22525	6138	649	192	18	13515263	3682599	389693	115137	10628	17713320	164.01	14170656	5172289	213.22	295.22
2,031	160,347	95.00%	152330	30466	23246	6334	670	198	18	13947320	3800325	402151	118817	10968	18279581	169.26	14623665	5337638	220.03	304.66
2,032	165,474	95.00%	157200	31440	23989	6536	692	204	19	14393225	3921824	415008	122616	11318	18863990	174.67	15091192	5508285	227.07	314.40
2,033	170,764	95.00%	162225	32445	24756	6745	714	211	19	14853359	4047200	428275	126536	11680	19467050	180.25	15573640	5684379	234.33	324.45
2,034	176,223	95.00%	167412	33482	25547	6961	737	218	20	15328246	4176596	441968	130581	12054	20089445	186.01	16071556	5866118	241.82	334.82
2,035	181,857	95.00%	172764	34553	26364	7184	760	225	21	15818268	4310115	456097	134756	12439	20731675	191.96	16585340	6053649	249.55	345.53
2,036	187,671	100.00%	187671	37534	28639	7803	826	244	23	17183138	4682011	495451	146383	13512	22520496	208.52	18016397	6575985	271.08	375.34
2,037	193,670	100.00%	193670	38734	29554	8053	852	252	23	17732462	4831689	511290	151063	13944	23240448	215.19	18592358	6786211	279.75	387.34
2,038	199,862	100.00%	199862	39972	30499	8310	879	260	24	18299365	4986157	527636	155892	14390	23983440	222.07	19186752	7003164	288.69	399.72



## b. ESTUDIOS CLIMATOLÓGICOS

La capital de Cajamarca tiene una altitud media de 2720.00 m.s.n.m. Presenta un clima tropical de montaña, con temperaturas templadas. El clima de Cajamarca es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. Las temperaturas promedio mínimas y máximas no varían mucho durante el año. El enfriamiento es fuerte sobre todo en los meses secos, en los cuales aumenta la incidencia de heladas.

Climáticamente, la región presenta dos estaciones características; una lluviosa de Diciembre a Marzo y otra seca de Abril a Noviembre, con sus respectivas etapas transicionales; sin embargo, este ciclo tiene períodos excepcionales cuando se presentan años de sequía y/o de abundantes precipitaciones, con funestas consecuencias para la agricultura, ganadería y en general, para la economía de la región.

Según la información histórica registrada por la estación Weberbauer ubicado a 7°10'03" S, 78°29'35"O se obtuvo los siguientes valores promedio mensuales: (*Ver Anexo 6 Información Meteorológica*)

**Tabla 23 Información hidrometeorológica de la estación MAP. A. Weberbauer**

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
<b>PERIODO 1978 - 2016</b>												
<b>TEMPERATURA (°C)</b>												
Max.	21.60	21.32	21.24	21.52	21.92	21.85	21.75	22.13	22.25	22.01	22.14	21.88
Min.	9.30	9.70	9.65	8.96	7.11	5.58	4.96	5.62	7.10	8.26	8.09	8.91
<b>PRECIPITACIÓN (mm)</b>												
Total	80.89	98.75	122.24	69.93	30.44	8.61	5.61	7.92	28.47	63.96	65.04	76.69
<b>PERIODO 1981- 2010</b>												
<b>HUMEDAD RELATIVA (%)</b>												
Media	70.09	71.78	71.65	71.39	68.42	64.18	61.00	60.97	63.51	66.25	64.75	68.22
<b>PERIODO 2000- 2016</b>												
<b>VELOCIDAD DE VIENTO (Km/h)</b>												
Media	2.53	2.48	2.24	2.25	2.28	2.73	2.98	3.09	2.93	2.70	2.63	2.45

Fuente: Adaptación propia – Datos SENAMHI

La media anual de temperatura máxima y mínima es 21.8°C y 7.8°C, respectivamente. La precipitación pluvial varía según los meses de enero a diciembre en un rango de 5.6 y 122.2 mm con un promedio mensual multianual de 54.9 mm. La humedad relativa es alta y fluctúa entre 61% y 72% durante el año dando un promedio anual de 66.85%. Los vientos alcanzan en promedio anual una velocidad de 2.61 km/h y la dirección nominante es SE (sur-este)

**c. DISPONIBILIDAD DE TERRENO**

El terreno destinados para la nueva PTAR HUACARIZ, se ubican en las siguientes cotas.

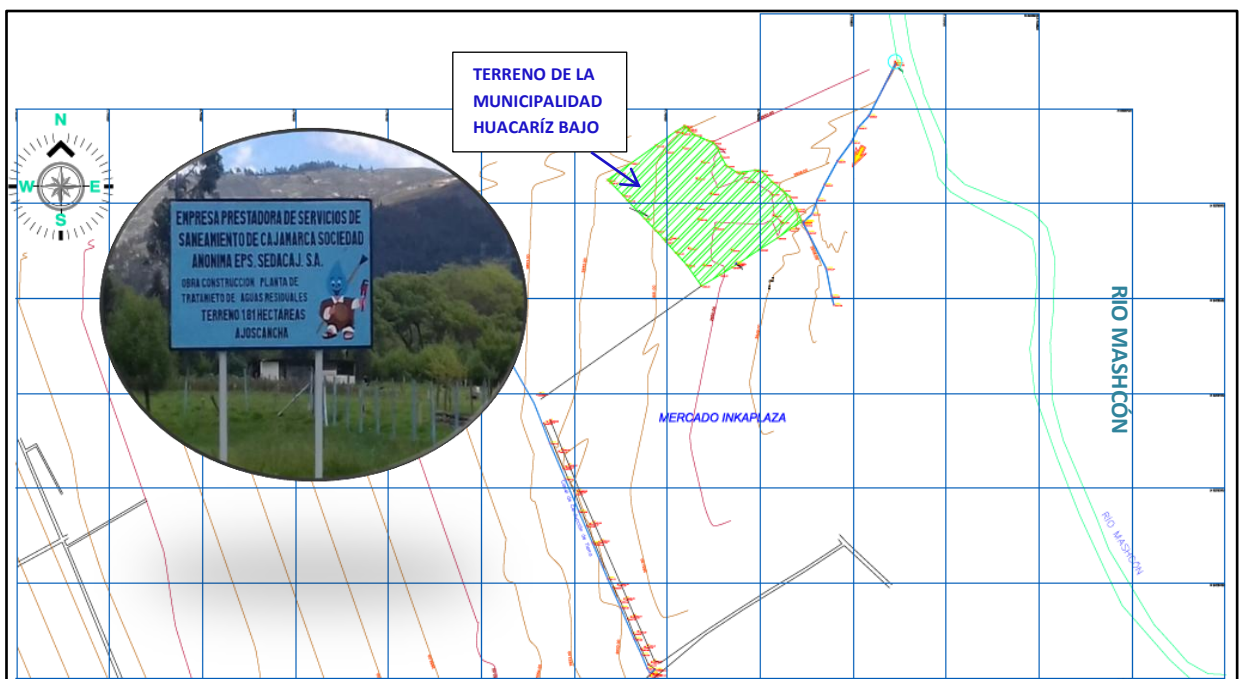
**Tabla 24 Ubicación PTAR**

DESCRIPCION	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	COTA
PTAR HUACARIZ	9206600	778450	2650.42

La cota promedio del terreno es 2650.795 m.s.n.m, la cual no permite atender el tratamiento del 100% de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca. Se estima que a lo mucho podría atender el 95% de la ciudad, por gravedad y será necesario un 5% por bombeo.

El terreno destinado para la construcción de la PTAR tiene un área de 1.8 hás. y se encuentra al norte del MERCADO INCAPLAZA, así mismo existen viviendas a pocos metros de la zona.

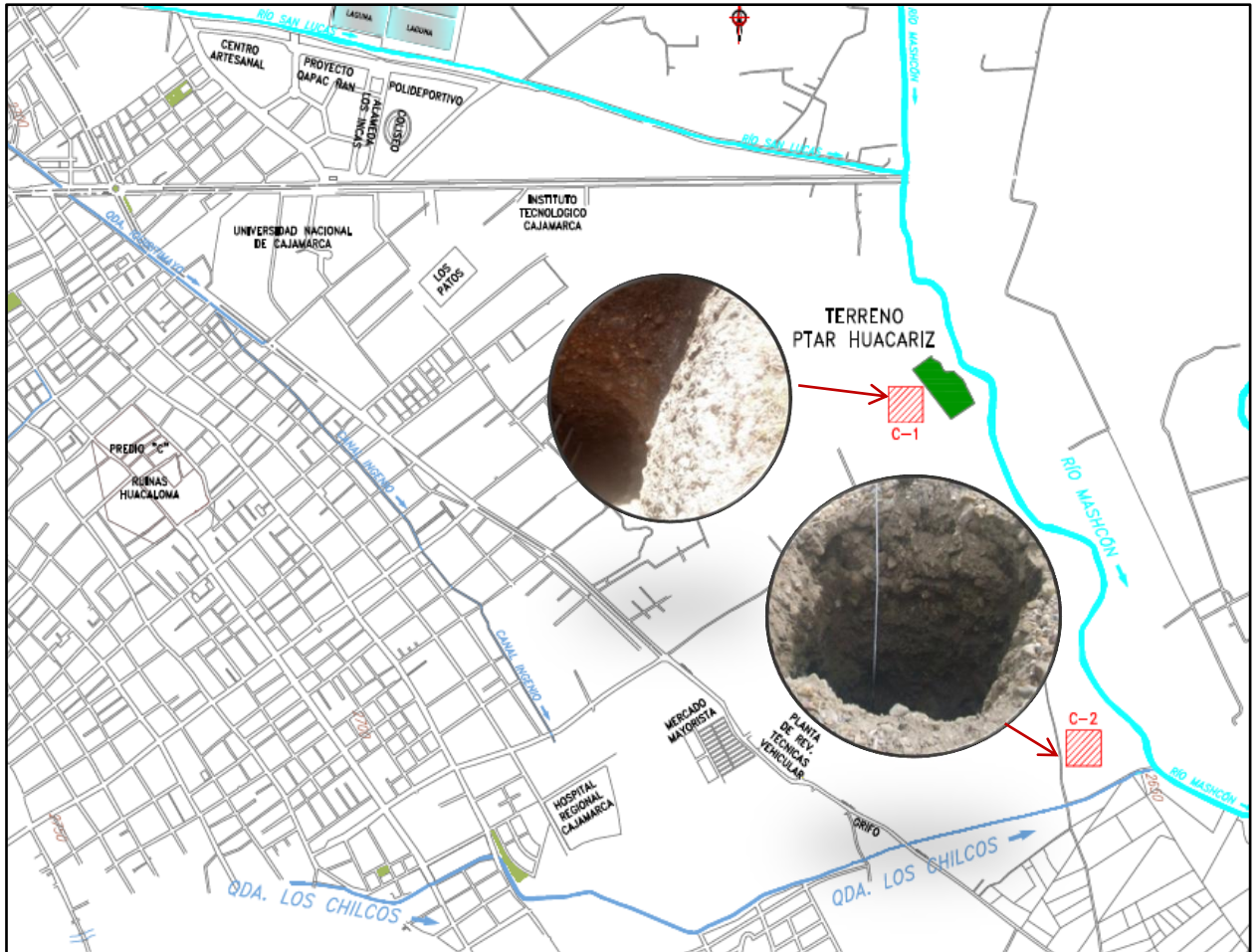
Del levantamiento topográfico realizado se determinó además del lindero del terreno, que se trata de un predio plano de forma regular, con una pendiente uniforme además no alberga la construcción de ningún tipo de edificación ni estructura. *(Ver anexo 11 Plano “Ubicación de Terreno PTAR Huacariz”)*



**Figura 33 Localización de la PTAR**

**d. ESTUDIO DE SUELOS**

Las muestras extraídas de la C1 nos indican la descripción del material predominante en el terreno destinado por Sedacaj, mientras que la C2 nos brinda información referencial del material predominante en los terrenos aledaños al río Mashcón, tal como se detalla en el *Anexo 7 Estudio de Suelos*.



**Figura 34 Ubicación de calicatas**

Los resultados de los ensayos fueron los siguientes:

**Tabla 25 Ensayo de Suelos**

RESULTADOS DE ENSAYOS	CALICATA 1		CALICATA 2	
	M1	M2	M1	M2
Límite Líquido	57.17	24	66.89	26
Límite Plástico	26.68	NP	32.56	NP
Índice de Plasticidad	30.49	NP	34.33	NP
Clasificación SUCS	CH	GM	CH	GP

Fuente: WFM Geología y Geotecnia

El distrito de Cajamarca, se encuentra ubicado en un lecho aluvial conformado en mayor porcentaje por depósitos de arcillas arenosas, arenas arcillosas, arenas limosas, y arenas mal gradadas con limo. Se ha verificado la existencia de filtraciones en algunos sectores a una profundidad promedio variable de 1.15m a 2.30m, que al parecer están asociadas a infiltraciones producto del riego permanente de áreas de cultivo, a tubería colapsadas cercanas a estos sectores, y a las acequias circundantes de la zona.

Por tanto, en la ciudad de Cajamarca el material predominante en los suelos, está clasificado como terreno tipo I, Normal. Se presenta en estado seco y saturado. El suelo en terreno aledaño al río Mashcón es un tipo de terreno normal saturado.

Según el análisis realizado, el tipo de terreno en el lugar destinada a la construcción de la PTAR está formado por gravas limosas mal graduadas, presencia en moderadas cantidades de grava de perfil sub redondeado, y elementos limo arcillosos no plásticos, por lo que el conjunto del suelos no presenta cohesión alguna, predomina grava de perfil redondeado de diámetro máximo de 2”.

Así mismo, con respecto al material predominante en los terrenos aledaños a la margen derecha del río Mashcón al norte de la quebrada Los Chilcos, los resultados nos indican que está formado por gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena de color plomo claro, estos suelos son permeables a muy permeables, de baja compresibilidad, no susceptibles al agrietamiento, muy buena manejabilidad.

En ambas calicatas realizadas a 2.5 m de profundidad no se encontró nivel freático sin embargo el terreno presentaba signos de humedad debido a filtraciones y riegos de la zona. Según el estudio de suelos realizado en el proyecto "Gestión Integral para la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos líquidos de los distritos de Cajamarca, Baños del Inca, Llacanora, Namora y Jesús en el ámbito de la cuenca del río Cajamarquino" el nivel freático en la zona se encuentra a una profundidad de 3.10m.

El suelo presenta aproximadamente 40 cm de materia orgánica, Tierra de cultivo compuesto por arcilla orgánica, ligeramente húmeda, medianamente compacta, con fragmentos aislados de grava de perfil semi angulares y materia orgánica en proceso de descomposición lo que hace que estos suelos sean productivos y por tanto sean utilizados para el sembrío por parte de los pobladores de la zona.

#### **e. IMPACTO SOCIAL**

Se aplicó la encuesta a 100 personas, 52 mujeres y 48 hombres, de los cuales la población encuestada predominante se encuentra en el rango de edad de 20 a 30 años. Del análisis de la encuesta realizadas se extraen las siguientes conclusiones: (*Ver Anexo 8 Encuestas*)

El 100% de los encuestados tienen conexión al sistema de alcantarillado, de los cuales el 72% no se encuentran completamente satisfechos con el servicio de desagüe brindado.

El 30% de los encuestados no conocen la disposición final de las aguas residuales de la red de alcantarillado, el 25% tiene el concepto equivoco de que las aguas son dispuestas en la planta de tratamiento, mientras que el 45% estuvieron de acuerdo en que las aguas son dispuestas directamente a quebrada y río de la ciudad.

El 90% se preocupa por el tratamiento de las aguas residuales de Cajamarca y el 68% contestaron que estarían dispuestos a participar de una mejora de la disposición de estas.

El 64% de los encuestados desconocen alguna tecnología que ayude al tratamiento del agua.

El 6% mostró poco interés con respecto al proyecto de tratamiento de las aguas residuales que se viene desarrollando para devolver al río Mashcón un agua descontaminada, y el 2 % respondió que no le preocupa el problema de contaminación del río en mención.

El 83% contestó que podrían estar dispuestos a contribuir con una aportación económica mensual adicional a la que actualmente hacen por el servicio de agua y desagüe, para el mantenimiento de una PTAR, de los cuales el 68% responden que el valor máximo que su hogar estaría dispuesto a pagar mensualmente para la operación y mantenimiento oscila entre S/.1 – 10, bajo el argumento de que ello implicaría la disminución de riesgos a la salud.

El otro 17% no está dispuesto a contribuir con una aportación económica para el mantenimiento de la PTAR por motivos principalmente como limitaciones de ingreso (24%), desconocimiento del tema (24%), consideran q no serán beneficiados (15%)

Es necesario resaltar que del total de encuestados el 39% pertenecen a la zona de estudio.

Al analizar las repuestas de los pobladores de la zona de estudio se pudo concluir que el 90% se preocupa por el tratamiento de las aguas residuales de Cajamarca y el 93% podrían estar dispuestos a participar de una mejora de la disposición de estas mientras que por otro lado el 5% no muestra preocupación por el problema de contaminación del río Mashcón. El 82% contestó que podrían estar dispuestos a contribuir con una aportación económica mensual adicional, para el mantenimiento de una PTAR, de los cuales el 40% responden que el valor máximo que su hogar estaría dispuesto a pagar mensualmente para la operación y mantenimiento oscila entre S/.1 – 5, bajo el argumento de que ello implicaría la disminución de riesgos a la salud y la eliminación de malos olores causados por el agua contaminada.

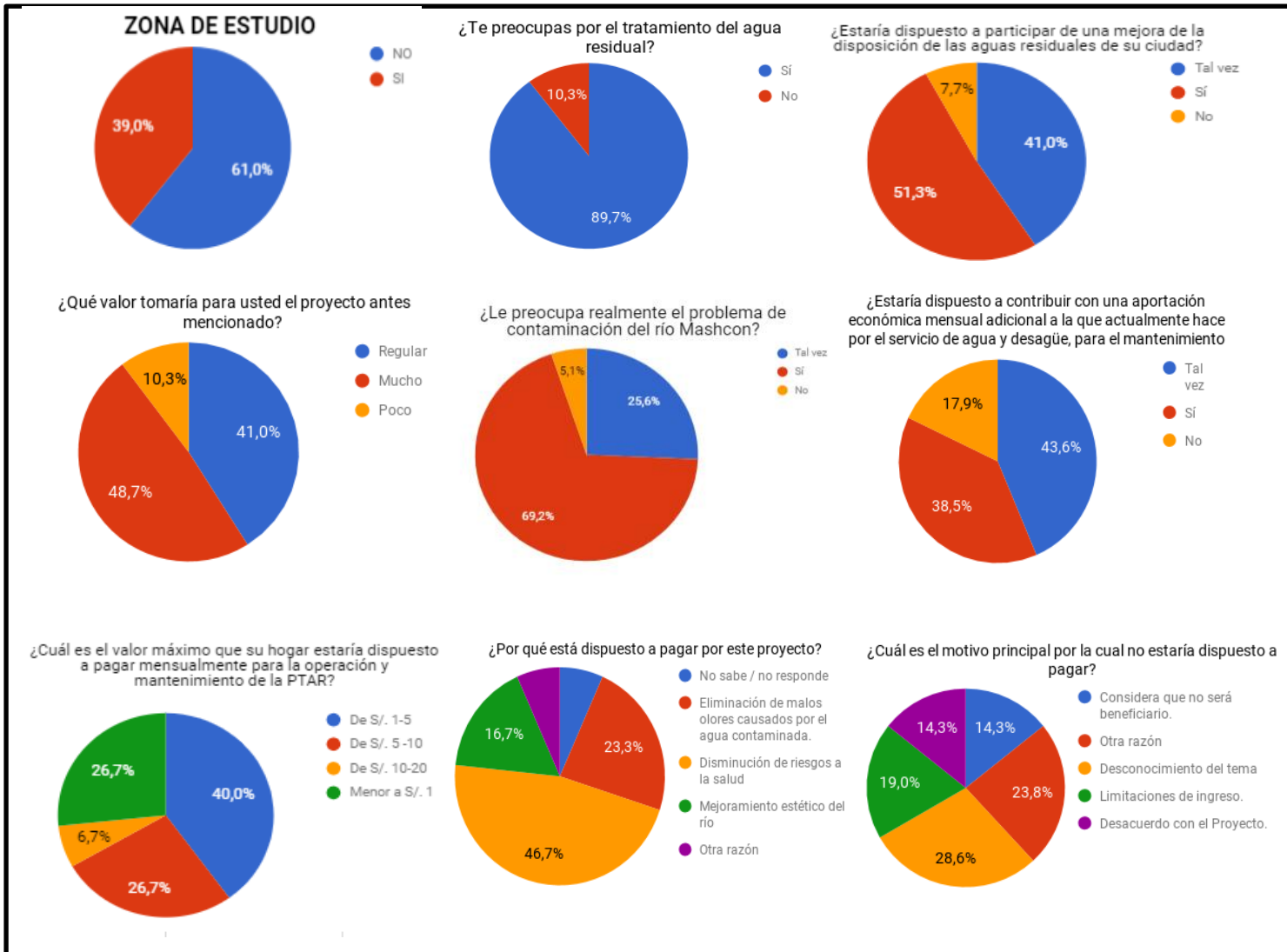


Figura 35 Análisis Estadístico de la zona de estudio

## 4.5 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MÁS ÓPTIMAS

### a. PRESELECCION DE ALTERNATIVAS

**Tabla 26 Evaluación de criterios de operación y de calidad de descarga**

Tratamiento Secundario	Operación de la Planta de Tratamiento						
	Operación			Calidad de descarga / Efluente			
	Grado mecanización	Estabilidad del proceso	Complejidad de operación	Reduccion de DQO, DBO	Reducción de patógenos	Color/Olor	Turbidez
Lodos activos	alto	alto	alto	alto	medio	bajo	medio
Filtro Percolador	medio	alto	medio	alto	bajo	bajo	medio
Biodiscos	alto	alto	medio	alto	bajo	bajo	bajo
RAFA	bajo	bajo	bajo	medio	bajo	alto	medio
Laguna aerobia	bajo	alto	bajo	medio	medio	medio	medio
Laguna anaerobia	bajo	alto	bajo	medio	medio	medio	medio
Lagunas de Maduracion	bajo	alto	bajo	bajo	medio	medio	medio
Humedales	bajo	alto	bajo	alto	medio	bajo	bajo

característica positiva
  característica intermedia
  característica negativa

*Fuente: elaboración propia – adaptado Dra Gabriela Moeller*

**Tabla 27 Evaluación de criterios de la eficiencia económica**

Tratamiento Secundario	Operación de la Planta de Tratamiento							
	Costos de Inversión			Costos de Operación				
	Requerimiento de superficie	Estructura	Mecánico	Calificación del Personal	Energía	Disposición de Residuos	Recursos Operativos	Mantenimiento preventivo
Lodos activos	bajo	medio	medio	alto	alto	alto	medio	medio
Filtro Percolador	bajo	medio	bajo	alto	medio	medio	bajo	bajo
Biodiscos	medio	alto	alto	alto	alto	medio	medio	alto
RAFA	bajo	medio	medio	alto	bajo	bajo	bajo	medio
Laguna aerobia	alto	alto	bajo	bajo	medio	medio	bajo	bajo
Laguna anaerobia	alto	alto	bajo	bajo	bajo	medio	bajo	bajo
Lagunas de Maduracion	alto	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo
Humedales	alto	alto	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo

característica positiva
  característica intermedia
  característica negativa

*Fuente: elaboración propia-- adaptado Dra Gabriela Moeller*

**Tabla 28 Evaluación de criterios de vulnerabilidad**

Tratamiento Secundario	Operación de la Planta de Tratamiento				
	Parametros Externos		Vulnerabilidad		
	Requerimiento de superficie	Tamaño de Poblacion	Estandares de vertimiento	Condiciones climaticas	Caracteristicas del Terreno
Lodos activos	bajo	alto	medio	medio	bajo
Filtro Percolador	bajo	medio	medio	medio	bajo
Biodiscos	medio	bajo	medio	alto	bajo
RAFA	bajo	bajo	bajo	medio	bajo
Laguna aerobia	alto	alto	bajo	alto	alto
Laguna anaerobia	alto	alto	medio	alto	alto
Lagunas de Maduracion	alto	alto	bajo	alto	alto
Humedales	alto	medio	bajo	alto	alto

característica positiva
  característica intermedia
  característica negativa

Se descartó la posibilidad de lagunas de estabilización, debido a la alta necesidad de área superficial y a que este tipo de alternativa es bastante sensible a cambios de temperatura, lo cual sería una gran desventaja considerando el clima de Cajamarca.

Los procesos aerobios secundarios son los considerados como alternativas al ser procesos capaces de eliminar la DBO<sub>5</sub> y los sólidos suspendidos a un nivel de aproximadamente 30 mg/l ó menos. Los procesos de tratamiento de aguas residuales propuestos son los aerobios, descartándose los procesos anaerobios debido a que el área donde se ubicará la planta se encuentra a pocos metros del mercado industrial, rodeada de viviendas, y es de conocimiento que estos procesos son susceptibles de generar malos olores, así como tener una puesta en marcha que demanda mayor tiempo que un proceso aerobio y riesgos que pueden implicar quejas de la población vecina.

Sin embargo, una configuración del sistema de tratamiento de aguas residuales que considere en primera instancia un sistema anaerobio y en segunda un sistema aerobio acarrea ventajas económicas, sobre todo en lo referente a la operación y mantenimiento, sobre una opción solamente aerobia. El sistema anaerobio removerá alrededor de un 65% de la materia orgánica del agua residual sin requerimientos de energía para aireación; el resto de materia orgánica lo terminará de remover el sistema aerobio, produciendo agua con excelente calidad, y todo ello con una menor producción de lodos de desecho y un biogás que podría ser utilizado en la misma planta.

Según la crítica de profesionales con experiencia en el tema, coincidieron en que la mejor alternativa propuesta como tratamiento secundario para las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca considerando las características de las aguas es el de lodos activados en sus variaciones de Aireación prolongada, de carga alta, Hy-Bass, así como los Filtros Percoladores al presentar características favorables a las condiciones presentadas. *(Ver Anexo 9 Encuesta de Opinión Técnica)*

Las alternativas elegidas para ser evaluadas en la matriz de decisión son:

- **Lodo activado tradicional**
- **Filtro Percolador**
- **UASB + Lodo Activado**
- **UASB + Filtro Percolador**



## b. MATRIZ DE DECISIÓN

**Tabla 29 Ponderación de los factores a evaluar**

FACTOR EVALUADO	COMENTARIOS DEL EVALUADOR	PONDERACION DEL EVALUADOR
Aplicabilidad del proceso	Se desea que el proceso seleccionado pueda operar en el intervalo de flujo dado, que sea tolerante a variaciones de flujo y que pueda tratar con eficacia el agua residual influente teniendo en cuenta las características de esta. Estos procesos contemplados en este rubro condicionan en la selección de la alternativa, sin embargo, no son una limitante para el proyecto.	5
Generación de residuos	En el municipio no se cuenta con un relleno sanitario en condiciones aceptables y el traslado de lodos a otro resultaría muy costoso. Por ello es recomendable elegir aquel proceso que genere la menor cantidad de residuos y el que genere una mejor calidad de lodo para su disposición como mejorador de suelos.	5
Aceptación por parte de la comunidad	En la comunidad se realizó una encuesta socioeconómica que refleje la aceptación de implementar un proyecto de tratamiento de aguas residuales. Al cabo de la encuesta la población estuvo de acuerdo en un 68% en apoyar su construcción, mientras que un 93% de los pobladores de la zona de estudio podrían estar dispuestos a participar de una mejora de la disposición de las aguas residuales.	15
Generación de subproductos con valor económico o de uso	Según el nivel social y económico en Cajamarca, uno de los aspectos que podría tener respuesta positiva por la población es que la planta de tratamiento, además de generar agua apta para riego, podría generar lodos (biosólidos) mejoradores de suelos, lo cual resultaría en ahorro de recursos para la compra de fertilizantes químicos.	5
Vida Útil	Se desea que la planta de tratamiento posea una vida útil lo más larga posible, con la intención de optimizar recursos (dinero y tiempo empleado para la formulación y elaboración del proyecto), que involucraría la renovación de la PTAR.	5
Requerimiento de área	Este rubro fue limitado por la disponibilidad de terreno en área, por lo que únicamente podrán considerarse plantas de tratamiento compactas. Debido a que se dispone de poca área, se debe tener cuidado que el tratamiento elegido se ajuste a lo dispuesto.	5
Requerimiento energía eléctrica	Debido a que los procesos preseleccionados requieren de energía para su funcionamiento, es necesaria su consideración dentro de la evaluación. El consumo energético de la depuradora se debe principalmente al consumo de sus equipos (bombas, motores, aireadores)	5

Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión inicial. Es importante considerar aquella tecnología que sea eficaz y eficiente en el tratamiento del agua, es decir que haga lo que tenga que hacer al menor costo posible para obtener un ahorro de recursos que podrían ser destinados a otras acciones.</li> </ul>	5	25
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación y mantenimiento. Se prefiere un sistema con bajos costos de operación y mantenimiento, ya que esto incidirá en la tarifa de la población que deberán cubrir por el servicio, y ello podría generar un problema social.</li> </ul>	5	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimiento de reactivos. Se favorecerán aquellos procesos cuyo requerimiento de reactivos sea el mínimo, pues esto puede representar un gasto fuerte al considerar que algunos reactivos son importados, y generalmente son caros y que hay que trasladarlos a la ciudad.</li> </ul>	2.5	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimiento energético. Cualquier ahorro en este sentido incidirá directamente en el costo fijo de operación del sistema y liberará recursos para otros servicios.</li> </ul>	5	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gastos administrativos y de personal. Se favorecerá el sistema que tenga menores requerimientos de personal especializado.</li> </ul>	2.5	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimiento de refacciones y material de mantenimiento. Se favorecerá el sistema con menores necesidades en estos insumos. La situación económica y social de Cajamarca y la experiencia recabada en plantas de la región, llevan a asignar un peso específico particularmente alto a este aspecto, debido a su importancia en las finanzas municipales.</li> </ul>	5	
Diseño y construcción	Se desea que el proyecto tenga como base criterios de diseño adecuados, y sobretodo que la construcción y equipamiento sea accesible a las condiciones de Cajamarca. Además que la empresa que realice el trabajo sea profesional y tenga experiencia en la construcción de PTAR.	7.5	
Operación y Mantenimiento	Este factor condiciona la buena operación de la planta por lo que se desea que la operación sea simple, flexible y confiable, además de que una persona con poca capacitación pueda hacer la función de operador. Se deben encontrar centros de repuestos y servicios cerca de la población por cualquier descompostura del equipo que pudiera ocurrir.	12.5	
Entorno e impacto ambiental	Es importante elegir aquel sistema de tratamiento de agua residual que cuide los aspectos de generación de ruido, malos olores y animales dañinos, así como considerar minimizar los eventuales impactos ambientales negativos. Además, se requiere un esfuerzo adicional para que la planta sea atractiva a la vista y se integre al entorno del sitio.	10	

**Tabla 30 Criterios de calificación aplicada a los procesos seleccionados**

CRITERIOS GENERALES	COMENTARIOS DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN			
		LODOS ACTIVADOS	FILTROS PERCOLADORES	UASB + FILTROS PERCOLADORES	UASB + LODOS ACTIVADOS
Aplicabilidad del proceso	El reactor UASB es más sensible a variaciones en el caudal que el proceso de lodos activados. En este sentido, el filtro percolador como pos-tratamiento, al ser un proceso de biomasa fija, permite soportar las variaciones de caudal. Todos los procesos cumplen con las condiciones de descarga. Sin embargo, con el proceso de lodos activados correctamente operado se obtiene una mayor calidad que el FP y UASB+FP	5	4	3	3
Generación de Residuos	La generación de residuos para la planta de lodos activados es casi del doble a la generada por los Filtros Percoladores. El reactor UASB reduce en gran porcentaje la producción de lodos.	2	3	4	4
Aceptación por parte de la comunidad	Los procesos de tratamiento seleccionados manejan los olores que en buena cuenta es el factor más negativo para aceptar una PTAR, además de seleccionar tratamientos con menor impacto en las tarifas que es otro tema de vital importancia para la aceptación de la comunidad. Aunque se realice tratamiento de olores en todos los procesos, el tratamiento que produce menos olores e insectos es el de los lodos activados.	3	3	1	1
Generación de sub-productos con valor de reúso	Los lodos de ambos procesos de tratamiento podrían ser utilizados como mejoradores de suelos siempre y cuando cumplan con la normatividad vigente a este respecto. El lodo aerobio será producido en mayor cantidad. El UASB produce gas metano, que puede ser utilizado como fuente de energía para el alumbrado de la planta o para calentar el propio reactor y favorecer la que eficiencia del proceso de digestión anaerobia.	3	3	5	5
Vida útil	El tratamiento de lodos activos puede ampliarse sin necesidad de obra civil, mediante el proceso de HyBass o similar que consiste en la introducción de unos pequeños elementos (carrier), con los que se amplía la superficie de tratamiento, por lo que se considera como el de mayor vida útil.	5	3	3	4
Requerimiento de área	Según la experiencia, el sistema de filtros percoladores requiere 2.4 veces más área que los lodos activados y este a su vez 2.5 veces más que los UASB. Además los lodos activados pueden aumentar su área con el sistema	5	1	1	3

CRITERIOS GENERALES	COMENTARIOS DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN			
		LODOS ACTIVADOS	FILTROS PERCOLADORES	UASB + FILTROS PERCOLADORES	UASB + LODOS ACTIVADOS
	Hy-Bass o similar sin necesidad de realizar Obra Civil. Un sistema de lodos de mezcla completa requiere menor espacio que el de aireación extendida.				
Requerimiento de Energía eléctrica	El sistema de lodos activados consume un poco más de energía debido a que incluye soplantes o aireadores superficiales que aportan oxígeno para el tratamiento biológico, sin embargo con el sistema de variación de lodos activados de mezcla completa este consumo es aceptable	3	4	4	3
Costo	<i>Inversión:</i> La diferencia de costo de inversión entre el reactor UASB+FP y el lodo activado es del 15 % a favor del segundo sistema mencionado	4	3	1	2
	<i>Operación y mantenimiento:</i> La experiencia muestran que el costo de operación y mantenimiento del sistema de lodos activados es mayor al costo de la tecnología UASB+FP.	3	4	4	2
Diseño y construcción	<i>Criterios de diseño:</i> Los criterios de diseño son confiables aunque por experiencia acumulada en su aplicación.	5	3	3	3
	<i>Experiencia del contratista:</i> la empresa SEDACAJ S.A., tiene capacidad técnica, ya que cuenta con capital humano compuesto por técnicos y funcionarios capacitados para realizar el proyecto	3	3	3	3
	<i>Tecnología ampliamente probada:</i> Todos los procesos de tratamiento han sido aplicados en el ámbito mundial, el lodo activado extensamente con alrededor de 20 años. En el caso del reactor UASB, lo ha sido principalmente en el tercer mundo, Latinoamérica.	5	3	3	3
	<i>Complejidad en la construcción y equipamiento:</i> La construcción y equipamiento del sistema de lodos activados es más complejo debido principalmente al equipo involucrado.	3	5	5	3
Operación y mantenimiento	<i>Flexibilidad de operación:</i> Los UASB soporta hasta 10 veces más que el sistema aerobio las altas cargas orgánicas y puede estar sin alimentación de agua residual sin que afecte sensiblemente su capacidad de tratamiento. La variación lodos activados mezcla completa es una alternativa de solución.	5	3	5	5

CRITERIOS GENERALES	COMENTARIOS DE EVALUACIÓN	CALIFICACIÓN			
		LODOS ACTIVADOS	FILTROS PERCOLADORES	UASB + FILTROS PERCOLADORES	UASB + LODOS ACTIVADOS
	<i>Confiabilidad del proceso:</i> Se considera que el sistema aerobio proporciona una mejor calidad de agua además en forma constante.	5	3	3	5
	<i>Complejidad de operación del proceso:</i> El proceso de lodos activados es mucho más complejo de operar. En los UASB la extracción de lodos es por presión de los mismos lodos y gases, facilitando su manejo.	1	3	3	3
	<i>Requerimiento del personal:</i> Se considera que para operar el sistema UASB se requiere de un operador por día y un vigilante, mientras que para operar el sistema de lodos activados se necesita un operador por turno de 12 horas con una mayor capacitación y un vigilante.	3	5	5	3
	<i>Disponibilidad de repuestos y centros de servicio:</i> El sistema de lodos activados posee mayor equipamiento que el reactor UASB	1	3	3	1
Entorno e impacto ambiental	<i>Influencia de la temperatura:</i> Las variaciones de temperatura en la zona permanecen en un intervalo adecuado para el funcionamiento de procesos biológicos. Sin embargo es necesario considerar que los UASB son sensibles al cambio de temperatura brusco.	5	3	1	1
	<i>Producción de ruido:</i> Por los equipos involucrados en el sistema de lodo activado hay mayor producción de ruido que en el sistema UASB+FP.	3	5	5	3
	<i>Contaminación visual:</i> Todos los sistemas pueden contar con un diseño arquitectónico agradable e integrado al entorno.	3	3	3	3
	<i>Producción de malos olores:</i> La oxidación aerobia de la materia orgánica favorece la no-proliferación de malos olores, por el contrario los procesos anaerobios tienden a formar H <sub>2</sub> S	5	3	1	1
	<i>Huella de carbono:</i> De acuerdo con resultados de otros estudios, el proceso UASB+FP presenta menor impacto en generación de gases de efecto invernadero que el sistema de lodos activados. El metano producido por los UASB es un gas de efecto invernadero.	3	5	1	1
	<i>Animales dañinos:</i> Los procesos no favorecen la formación de estos	3	3	3	3
<b>CALIFICACIÓN CON CRITERIOS GENERALES</b>		<b>1<sup>ro</sup></b>	<b>2<sup>ro</sup></b>	<b>3<sup>do</sup></b>	<b>4<sup>do</sup></b>
		<b>70.33</b>	<b>65.58</b>	<b>54.92</b>	<b>52.00</b>

**Tabla 31 Proceso Evaluado: LODOS ACTIVADOS**

	A	B	C	D	E
Item	%	Proceso Evaluado: <b>RUBROS EVALUADOS</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> 0= no aplica 1= deficiente 3=adecuado 5=muy bueno	<b>C/5</b> (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	<b>D*A</b>
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	5	1	5
2	5	GENERACIÓN DE RESIDUOS	2	0.4	2
3	15	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	3	0.6	9
4	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	3	0.6	3
5	5	VIDA ÚTIL	5	1	5
6	5	REQUERIMIENTO DE ÁREA	5	1	5
7	5	REQUERIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA	3	0.6	3
8	25	COSTO			
8.1		Inversión	4		
8.2		Operación y mantenimiento	3		
8.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotararlo en la casilla 7.3 D		0.7	17.5
9	7.5	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
9.1		Criterios de diseño	5		
9.2		Experiencia del contratista	3		
9.3		Tecnología ampliamente probada	5		
9.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	3		
9.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotararlo en la casilla 8.5D		0.8	6
10	12.5	OPERACIÓN			
10.1		Flexibilidad de operación	5		
10.2		Confiabilidad del proceso	5		
10.3		Complejidad de operación del proceso	1		
10.4		Requerimiento de personal	3		
10.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	1		
10.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotararlo en la casilla 9.6D		0.6	7.5
11	10	ENTORNO			
11.1		Influencia de la temperatura	5		
11.2		Producción de ruido	3		
11.3		Contaminación visual	3		
11.4		Producción de malos olores	5		
11.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	3		
11.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
11.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6 y dividir el total entre 30. El resultado anotararlo en la casilla 10.7D		0.73	7.33
12	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			<b>70.33</b>

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de la guía selección de alternativas (NOYOLA, y otros, 2013)

**Tabla 32 Proceso Evaluado: FILTROS PERCOLADORES**

	A	B	C	D	E
Item	%	Proceso Evaluado: <b>FILTROS PERCOLADORES</b> RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3=adecuado 5=muy bueno	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	4	0.8	4
2	5	GENERACIÓN DE RESIDUOS	3	0.6	3
3	15	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	3	0.6	9
4	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	3	0.6	3
5	5	VIDA ÚTIL	3	0.6	3
6	5	REQUERIMIENTO DE ÁREA	1	0.2	1
7	5	REQUERIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA	4	0.8	4
8	25	COSTO			
8.1		Inversión	3		
8.2		Operación y mantenimiento	4		
8.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D		0.7	17.5
9	7.5	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
9.1		Criterios de diseño	3		
9.2		Experiencia del contratista	3		
9.3		Tecnología ampliamente probada	3		
9.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	5		
9.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D		0.7	5.25
10	12.5	OPERACIÓN			
10.1		Flexibilidad de operación	3		
10.2		Confiabilidad del proceso	3		
10.3		Complejidad de operación del proceso	3		
10.4		Requerimiento de personal	5		
10.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	3		
10.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D		0.68	8.5
11	10	ENTORNO			
11.1		Influencia de la temperatura	3		
11.2		Producción de ruido	5		
11.3		Contaminación visual	3		
11.4		Producción de malos olores	3		
11.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	5		
11.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
11.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6 y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D		0.73	7.33
12	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			65.58

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de la guía selección de alternativas (NOYOLA, y otros, 2013)

**Tabla 33 Proceso Evaluado: UASB+FILTRO PERCOLADOR**

	A	B	C	D	E
Item	%	Proceso Evaluado: <b>UASB + FILTRO PERCOLADOR</b> RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3=adecuado 5=muy bueno	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0.6	3
2	5	GENERACIÓN DE RESIDUOS	4	0.8	4
3	15	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	1	0.2	3
4	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	5
5	5	VIDA ÚTIL	3	0.6	3
6	5	REQUERIMIENTO DE ÁREA	1	0.2	1
7	5	REQUERIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA	4	0.8	4
8	25	COSTO			
8.1		Inversión	1		
8.2		Operación y mantenimiento	4		
8.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D		0.5	12.5
9	7.5	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
9.1		Criterios de diseño	3		
9.2		Experiencia del contratista	3		
9.3		Tecnología ampliamente probada	3		
9.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	5		
9.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D		0.7	5.25
10	12.5	OPERACIÓN			
10.1		Flexibilidad de operación	5		
10.2		Confiabilidad del proceso	3		
10.3		Complejidad de operación del proceso	3		
10.4		Requerimiento de personal	5		
10.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	3		
10.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D		0.76	9.5
11	10	ENTORNO			
11.1		Influencia de la temperatura	1		
11.2		Producción de ruido	5		
11.3		Contaminación visual	3		
11.4		Producción de malos olores	1		
11.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	1		
11.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
11.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6 y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D		0.47	4.67
12	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			54.92

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de la guía selección de alternativas (NOYOLA, y otros, 2013)



**Tabla 34 Proceso Evaluado: UASB + LODOS ACTIVADOS**

	A	B	C	D	E
Item	%	Proceso Evaluado: <b>UASB + LODOS ACTIVADOS</b> RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3=adecuado 5=muy bueno	C/5 (excepto en renglones 7.3, 8.5, 9.6 y 10.7)	D*A
1	5	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0.6	3
2	5	GENERACIÓN DE RESIDUOS	4	0.8	4
3	15	ACEPTACIÓN POR PARTE DE LA COMUNIDAD	1	0.2	3
4	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	5
5	5	VIDA ÚTIL	4	0.8	4
6	5	REQUERIMIENTO DE ÁREA	3	0.6	3
7	5	REQUERIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA	3	0.6	3
8	25	COSTO			
8.1		Inversión	2		
8.2		Operación y mantenimiento	2		
8.3		Sumar las casillas 7.1 y 7.2 y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3 D		0.4	10
9	7.5	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN			
9.1		Criterios de diseño	3		
9.2		Experiencia del contratista	3		
9.3		Tecnología ampliamente probada	3		
9.4		Complejidad en la construcción y equipamiento	3		
9.5		Sumar las casillas 8.1C, 8.2C, 8.3C y 8.4C y dividir el total entre 20. El resultado anotarlo en la casilla 8.5D		0.6	4.5
10	12.5	OPERACIÓN			
10.1		Flexibilidad de operación	5		
10.2		Confiabilidad del proceso	5		
10.3		Complejidad de operación del proceso	3		
10.4		Requerimiento de personal	3		
10.5		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio	1		
10.6		Sumar las casillas 9.1C, 9.2C, 9.3C, 9.4C y 9.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 9.6D		0.68	8.5
11	10	ENTORNO			
11.1		Influencia de la temperatura	1		
11.2		Producción de ruido	3		
11.3		Contaminación visual	3		
11.4		Producción de malos olores	1		
11.5		Generación de gases de efecto invernadero (huella de carbono)	1		
11.6		Condiciones para la reproducción de animales dañinos	3		
11.7		Sumar las casillas 10.1C, 10.2C, 10.3C, 10.4C y 10.5C y 10.6 y dividir el total entre 30. El resultado anotarlo en la casilla 10.7D		0.40	4.00
12	100	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 11E			<b>52.00</b>

Fuente: Elaboración propia – Adaptado de la guía selección de alternativas (NOYOLA, y otros, 2013)

- Se encuentra que los procesos de tratamiento con mayores méritos, son los lodos activados y los filtros percoladores, por sobre los procesos combinados mencionados.
- Considerando que los procesos UASB son sensibles a los cambios de temperatura y los filtros de percolación no son la mejor elección para la ciudad de Cajamarca ya que funcionan mejor en pequeñas y medianas ciudades, es que la tecnología que se recomienda integre las alternativas de solución de PTAR, es la de lodos activados.
- La escasez de área para situar la planta es uno de los grandes y más importantes condicionantes, por lo que se elige el tratamiento de lodos activados como el mejor para las condiciones de superficie disponible, ya que este es de fácil ampliación a través de los carriers (sistema de Hy- Bass o similar), con el que se puede ampliar la superficie de tratamiento sin necesidad de Obras Civiles adicionales.

### **c. DEFINICIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS A UTILIZAR**

En la línea de agua, el proceso consta de:

- Una línea de pretratamiento con cribas y desarenador-desengrasador
- Un sedimentador primario
- Un tanque de homogeneización.
- Medición y regulación de caudal al resto del tratamiento.
- Tratamiento biológico. Lodos activados de mezcla completa
- Decantación secundaria.
- Canal de cloración.
- Medida de caudal de agua tratada.
- Vertido del agua tratada al cauce receptor.

En la línea de fangos, el proceso consta de:

- Extracción y bombeo de fangos biológicos en exceso
- Espesamiento por gravedad de los fangos en exceso
- Acondicionamiento de los fangos espesados
- Deshidratación de fangos
- Almacenamiento de fangos deshidratados

### **- Pre-tratamiento**

El agua residual llega al sistema mediante tubería a una estructura de pre tratamiento el cual está formado por desbaste y desarenado-desengrasado.

Rejas: El pre-tratamiento estará formado por un sistema de rejas, previo de dos canales, regulados mediante compuertas manuales y equipadas con reja de limpieza manual. En dicha estructura existirá un vertedero de demasías para el desfogue de excedencias, mediante el cual se deriva un gasto considerable de agua que no está sujeta a tratamiento cuando las condiciones lo requieran. Los residuos sólidos removidos se colocarán en un depósito provisional para luego en ser dispuestos definitivamente en el relleno sanitario de la ciudad con cierta frecuencia.

Desarenado-desengrasado: Se propone un desarenador de flujo horizontal, formado por dos canales rectangulares en donde circula el agua a una velocidad controlada. Además cuenta con dos compuertas a la entrada de cada canal, a fin de facilitar la limpieza de las arenas y otros materiales pesados que se acumulan en el fondo del desarenador de forma manual utilizando herramientas como palas y baldes, sin dejar fuera de servicio a la planta. En este sistema las arenas decantarán por la acción de la gravedad y las grasas emulsionarán por la acción del aire y serán retiradas desde puente superior.

### **- Decantador Primario**

El diseño del proceso primario se realizará mediante decantadores ya que estos equipos presentan elevada capacidad hidráulica, consiguiendo la reducción de los sólidos suspendidos y la materia orgánica asociada a estos sólidos. Los lodos formados en el proceso se almacenarán en su fondo para su digestión. Debido a la proximidad de las viviendas, es necesario prever su cubrición.

### **- Tanque de Homogenización y mezclado**

Está constituido por un tanque aireado donde se efectúa el mezclado del agua proveniente del decantador primario. El sistema de preaireación lo componen: una motobomba, una bomba y turbinas mecánicas

### **- Reactor biológico de lodo activo de mezcla completa**

El lodo activado es un proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentarán en un tanque

de sedimentación, lugar del cual serán recirculados nuevamente al tanque aireador o reactor. Es importante indicar que la mezcla o agitación se efectuará por medios mecánicos superficiales o sopladores sumergidos.

El sistema de mezcla completa basa su funcionamiento hidráulico en un modelo en el que se supone un régimen ideal de mezcla completa. Es decir, todos los puntos del reactor tienen el mismo grado de mezcla, y que su balance hidráulico se basa en la continuidad de flujo. En este sistema el agua residual proveniente del tanque de homogenización y el lodo activado reciclado serán introducidos por diferentes puntos del tanque de aireación.

La principal ventaja de este tipo de tratamiento es lo económico de sus costos de instalación y operación, lo que da un mejor ratio de costo por m<sup>3</sup> de efluente procesado. Además, por ser un sistema técnicamente eficiente, es sencillo de mantener y permite aplicar una serie de procedimientos alternativos en caso falle alguno de los componentes de la planta

#### **- Decantación secundaria**

El agua a la salida del reactor se conducirá al decantador secundario, cuya función es separar los sólidos arrastrados por el agua residual del efluente tratado. Los lodos separados en el clarificador se conducirán a los espesadores para permanecer el tiempo suficiente y garantizar así su espesado y estabilización.

#### **- Cloración**

Para asegurar una calidad adecuada del efluente de salida, se considera necesario disponer de un mecanismo de cloración que permita la desinfección del efluente y unas concentraciones en microorganismos patógenos congruentes a los valores máximos permitidos por el DS para el uso el riego. Esta cloración se realiza en una arqueta con forma de laberinto para favorecer la mezcla y evitar zonas muertas, donde se debe garantizar un tiempo de retención de 15 minutos. Se contará con una cámara de contacto de cloro y un dosificador de cloro

#### **- Tratamiento de lodos**

En los decantadores primarios, y decantadores secundarios, se va a llevar a cabo el espesado y digestión de los lodos primarios y secundarios (se impulsarán a los tanques) que se generarán en el proceso de tratamiento.

Como parte de los componentes de la PTAR, se dispondrá de un espesador de fangos y centrifugas para su deshidratación y secado.

#### **- Tratamiento de olores**

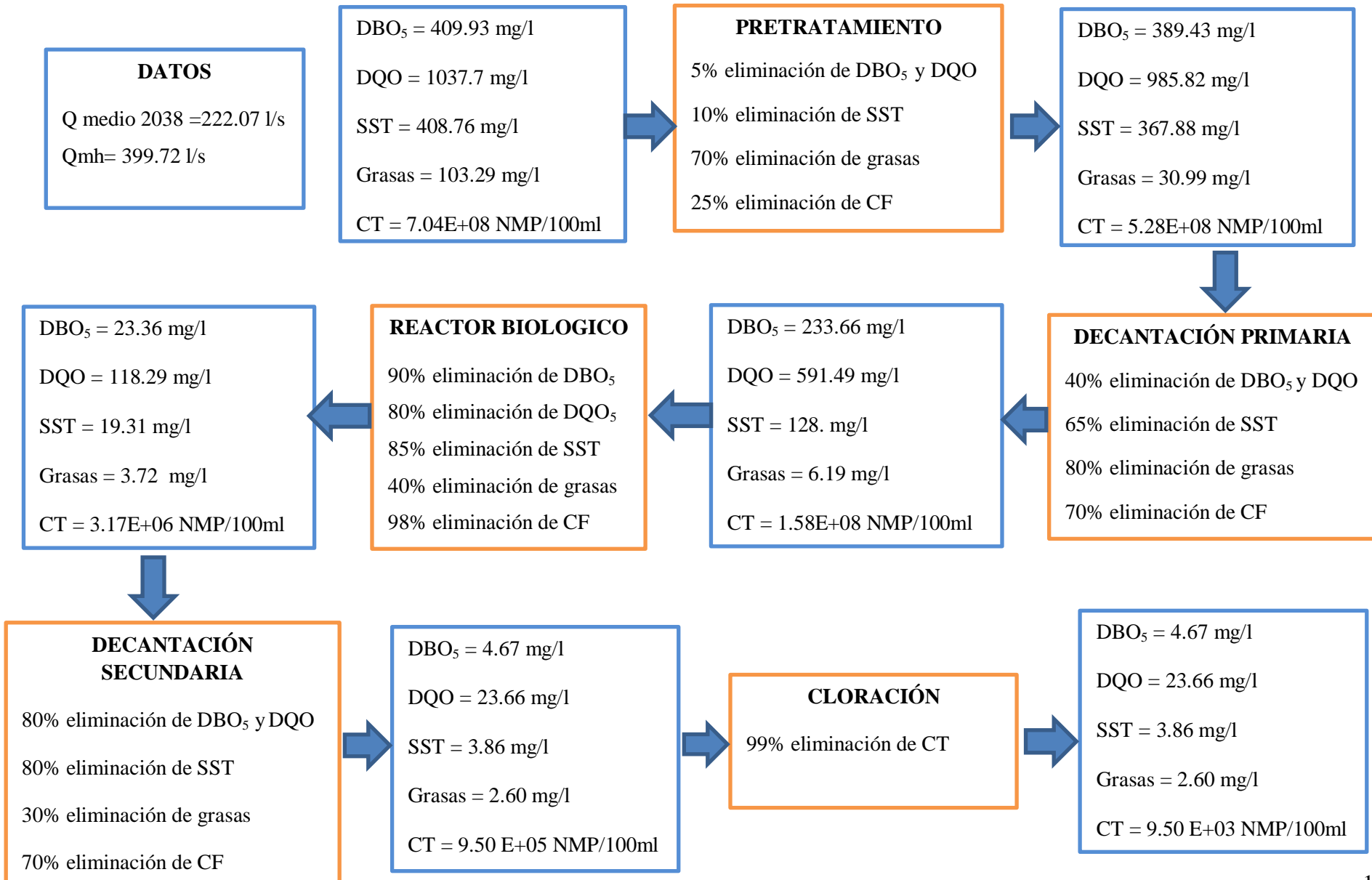
Todo el material retenido en las estructuras de pre-tratamiento y el material flotante de procedente de los demás procesos de tratamiento como natas, espumas y otros, deberán ser depositados en los contenedores previstos para la PTAR. En función de la capacidad y número de contenedores de residuos sólidos, tasa de descomposición de materia orgánica y nivel de producción de olores, se definirá el ciclo de recolección y disposición final de estos residuos sólidos. La frecuencia de recolección de los residuos deberá coordinarse con el servicio municipal de recolección de residuos sólidos.

Si por alguna eventualidad, se presentará problemas de malos olores y moscas entre ciclos de recolección de los residuos sólidos, se deberá proceder a cubrir dichos residuos con una capa de cal viva. En el caso de los residuos provenientes de los concentradores de grasas, podrá ser estabilizado mediante la adición de cemento, el cual los deshidratará y hará manejable para su disposición final.

Adicionalmente se podrá disponer de un contenedor para depositar los residuos, que debido a sus características y una vez almacenados, no presentan problemas de olores, tales como: residuos provenientes del mantenimiento de espacios verdes, desechos de oficina, limpieza de vías de acceso y diques, etc.

La distribución de las diferentes estructuras se puede observar en el anexo *11 Planos*.  
“*Diagrama de Distribución de estructuras de la PTAR*”

**Figura 36 Reducción de cargas contaminantes según el tren de tratamiento**



En función al caudal estimado se hace una proyección de las cargas contaminantes de DQO, DBO5, SST, considerando los 20 años del periodo de vida de la PTAR tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 35 Parámetros de cargas contaminantes**

<b>Año</b>	<b>Población (hab)</b>	<b>Q promedio (l/s)</b>	<b>Q desagüe (l/día)</b>	<b>DQO (kg/día)</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (kg/día)</b>	<b>SST (kg/día)</b>
2017	91,857	102.06	8818297	9150.75	3614.91	3604.53
2018	95,859	106.51	9202499	9549.43	3772.41	3761.57
2019	98,924	109.92	9496673	9854.70	3893.00	3881.82
2020	102,086	113.43	9800283	10169.75	4017.46	4005.92
2021	105,350	117.06	10113604	10494.89	4145.90	4133.99
2022	108,718	120.80	10436947	10830.42	4278.45	4266.16
2023	112,194	124.66	10770589	11176.64	4415.22	4402.54
2024	115,781	128.65	11114945	11533.98	4556.39	4543.30
2025	119,482	132.76	11470257	11902.69	4702.04	4688.53
2026	123,302	137.00	11836973	12283.23	4852.37	4838.43
2027	134,313	149.24	12894038	13380.14	5285.70	5270.51
2028	138,607	154.01	13306262	13807.91	5454.68	5439.01
2029	143,038	158.93	13731656	14249.34	5629.06	5612.89
2030	147,611	164.01	14170656	14704.89	5809.02	5792.33
2031	152,330	169.26	14623665	15174.98	5994.73	5977.50
2032	157,200	174.67	15091192	15660.13	6186.38	6168.61
2033	162,225	180.25	15573640	16160.77	6384.15	6365.81
2034	167,412	186.01	16071556	16677.45	6588.27	6569.34
2035	172,764	191.96	16585340	17210.61	6798.88	6779.35
2036	187,671	208.52	18016397	18695.61	7385.52	7364.30
2037	193,670	215.19	18592358	19293.29	7621.63	7599.73
2038	199,862	222.07	19186752	19910.09	7865.29	7842.69

## CAPITULO V

### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La propuesta de tratamiento para las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca es la de un sistema de lodos activados de mezcla completa, conformado por un pretratamiento con tamiz y desarenador-desengrasador, un sedimentador primario, un tanque de homogenización, un tratamiento biológico consistente en un tanque de aireación de mezcla completa, un decantador secundario y un canal de cloración. Y en la línea de fangos el proceso consta de extracción y bombeo de fangos biológicos en exceso, espesamiento por gravedad de los fangos en exceso, acondicionamiento de los fangos espesados, deshidratación de fangos y almacenamiento de estos.
- La zona de estudio corresponde a la parte sur de la ciudad de Cajamarca con un área de 340.6 has. conformada por los barrios de San Martín y Huacaríz, Área de Drenaje AD5 según la división de áreas de drenaje por la EPS Sedacaj S.A, cuyas aguas residuales son descargadas a través del Colector “La Victoria” a la Quebrada “Los Chilcos”
- La caracterización física, química y bacteriológica de aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca, ha permitido determinar que su composición corresponde a la de un agua biodegradable y de origen doméstico. Los valores promedio de los parámetros que se han evaluado durante los meses de julio a noviembre son: T (22.7C°), pH (7.89), DBO5 (409.93 mg/l), DQO (1037.70 mg/l), SST (408.76 mg/l), Aceites y Grasas (103.29 mg/l) y Coliformes Termotolerantes (7.04E+08 NMP/100ml) .
- En cuanto al clima, la ciudad de Cajamarca en general presentan temperaturas y humedades muy variables, por su parte la media anual de temperatura máxima y mínima es 21.8°C y 7.8°C, respectivamente, con precipitación de 54.9 mm promedio anual y vientos de 2.61 km/h predominante en la dirección SE; topográficamente el área destinada para la construcción de la PTAR presenta un área de 1.8 hás. ubicado en una cota promedio de 2650.795 m.s.n.m lo cual



permite atender el tratamiento de las aguas residuales de la zona en estudio en un 95% por gravedad; los resultados de los ensayos de suelos muestran que los terrenos son aptos para cultivo y que el emplazamiento donde se construirá la planta ofrecen condiciones competentes para la ejecución de estructuras al ser suelos de tipo GM según la clasificación SUCS. En cuanto al impacto social se debe considerar que una parte importante de la población, 80% está de acuerdo con la construcción de una PTAR.

- La selección de la tecnología de depuración de aguas residuales apropiada para la parte sur de la ciudad de Cajamarca fue escogida en función de las características del agua residual, parámetros ambientales, características de la zona y del suelo; por ello se evaluó a través de una matriz de decisión la alternativa más adecuada en cuanto a tratamiento secundario obteniendo los siguientes resultados: Sistema de Lodos Activados 70.33 puntos, filtros percoladores 65.58 puntos, un sistema combinado de UASB+Lodos Activados 54.92 puntos y un sistema combinado de UASB+Filtro Percolador 52.00 puntos; siendo la alternativa de lodos activados de mezcla completa la elegida al presentar mayor puntaje.
- Con la información recolectada se determinaron las bases del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca, determinando condiciones actuales y futuras considerando un horizonte de diseño de 20 años. Entre ellas se tienen:
  - Población servida por el sistema:  $P_{2018}=79,883$ ,  $P_{2028}=109,427$ ,  $P_{2038}=149,897$  habitantes.
  - Caudales medios de contribución sanitaria:  $Q_{m2018}=106.51$  l/s,  $Q_{m2028}=154.01$  l/s,  $Q_{m2038}=222.07$  l/s.
  - Caudales máximo horarios:  $Q_{mh2018}=191.72$  l/s,  $Q_{mh2028}=277.21$  l/s,  $Q_{mh2038}=399.72$  l/s.
  - Aporte per cápita de aguas residuales domésticas al año 2017 es: 120 lpd
  - Aporte per cápita de DBO y sólidos en suspensión al año 2017 es:  $DBO_{2018}=35.02$  gr/(hab.día), y  $SST_{2018}=34.92$  gr/(hab.día)
  - Masa de descarga de contaminantes, tales como DBO y sólidos totales suspendidos (kg/día):  $DBO_{2018}=3772$ ,  $DBO_{2028}=5454$ ,  $DBO_{2038}=7865$  y  $SST_{2018}=3761$ ,  $SST_{2028}=5439$ ,  $SST_{2038}=7842$ .

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es fundamental realizar una construcción de una planta de tratamiento que permita tratar las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca y así evitar los vertimientos directos e indirectos al Rio Mashcón, y en consecuencia problemas de olores, enfermedades y otros.
- Considerar proyectos de mejora del sistema de alcantarillado de la ciudad de Cajamarca, el cual sea de tipo separativo con las aguas pluviales ya que estas pueden causar el colapso de tuberías y de la planta de tratamiento.
- Hacer programas de concientización a la población, sobre la importancia que tienen los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas al minimizar el daño y efecto que éstas aguas tienen en el medio ambiente, en los cuerpos receptores y en la salud de las poblaciones aledañas.
- Las autoridades deben supervisar que todas las instituciones públicas y privadas, cumplan la legislación y normatividad ambiental vigente como son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos permisibles (LMP) para la descarga final de los efluentes de las aguas residuales.
- Es necesario un trabajo en coordinación con la empresa Hidrandina para la derivación de la red local del servicio público de energía eléctrica hacia las instalaciones de la PTAR propuesta.
- Complementar este trabajo de investigación con criterios de diseño en el aspecto estructural, mecánico, eléctrico y arquitectónico para poder elaborar un diseño final de una planta de tratamiento de lodos activados de mezcla completa en la zona de Huacaríz.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALA CAJAMARCA. 2017. Evaluación de resultados del quinto monitoreo participativo de la calidad del agua superficial de la Cuenca Crisnejas-Sub cuenca Cajamarquino. 2017.
- ALIANZA POR EL AGUA. 2014. Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas. s.l. : Ideasmares, 2014.
- APHA, American Public Health Association, AWWA, American Water Works Association y WPCF, Water Pollution Control Federation. 1992. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid : Diaz de Santos, 1992.
- BERNAL, D.P., y otros. 2015. Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Cali-Colombia : s.n., 2015.
- BRAILE, P.M y CAVALCANTI, J.E. 1999. Manual de tratamiento de aguas residuales industriales. Brasil : CETESB, 1999.
- CAMARGO, Jaime. 2010. Parametros Fisico Quimicos para la Caracterización de los Residuos Liquidos. 2010.
- CARRIÓN, G. 2008. Manual técnico de difusión sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales. Lima : s.n., 2008.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA. 2003. Características Aguas Residuales. Salamanca : s.n., 2003.
- CONIL, P., JIMENEZ, M. y DEL VALLE, V. 1996. Tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales domésticas con reactores UASB y filtros percoladores en el antiplano de Guatemala. Bucaramanga Colombia : s.n., 1996.
- CRISYT (Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. 2014. Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno). Lima : s.n., 2014.
- CRITES, Ron y TCHOBANOGLOUS, George. 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. 2000.

EPA. 2000. Tricking Filters. 2000.

GARCÍA SERRANO, Joan y CORZO HERNÁNDEZ, Angélica. 2008. Depuración con Humedales Construidos. Catalunya-España : s.n., 2008.

GRADY, Leslie et al. 1999. Biological Wastewater Treatment. New York : s.n., 1999.

MÉNDEZ NOVELO, R.I., y otros. 2012. Digestión anaerobia de efluentes de fosas sépticas. México : s.n., 2012.

MENÉNDEZ GUTIERREZ, Carlos y PÉREZ OLMO, Jesús M. 2007. Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales. s.l. : Editorial Universitaria, 2007.

METCALF y EDDY, Inc. 1995. Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización. Madrid : s.n., 1995.

METCALF y EDDY, INC. 1995. Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización. Madrid : s.n., 1995.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2009. Manual para Municipios Ecoeficientes. Lima : ENOTRIA S.A., 2009.

MORGAN SAGASTUME, Juan Manuel, LÓPEZ HERNÁNDEZ, Jorge y NOYOLA ROBLES, Adalberto. 2013. MATRIZ DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA RELACIONADA CON EL TRATAMIENTO. México D.F. : s.n., 2013.

MORGAN SAGASTUME, Juan Manuel, REVAH MOISEEV, Moises y NOYOLA ROBLES, Adalberto. MALOS OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: SU CONTROL. Mexico : Ciudad Universitaria Coyoacan, México D.F., México.

MVCS, Oficina de Medio Ambiente -. 2013. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales. Lima : s.n., 2013.

Norma OS-090. 2015. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. 2015.

NOYOLA, Adalberto, MORGAN SAGASTUME, Juan Manuel y GÜERECA, Leonor Patricia. 2013. Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. México : s.n., 2013.

OAKLEY, Stewart. 2005. Lagunas de estabilización en Honduras. Manual de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento - Monitoreo y Sostenibilidad. Universidad Estatal de California. EE.UU : s.n., 2005.

OEFA. 2014. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. 2014.

RAMALHO, RUBENS SETTE. 1996. Tratamiento de Aguas Residuales. España - Barcelona : Editorial Revertê, S.A, 1996.

República de Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. 2000. REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS-2000. Bogotá : s.n., 2000.

ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO. 2008. Tratamiento de Aguas Residuales-Teoría y Principios de Diseño. Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008.

SAINZ SASTRE, Juan Antonio. 2005. Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias de depuración de aguas residuales. Madrid : Fundación EOI, 2005.

SPELLMAN, Frank. 2003. Handbook of water & wastewater treatment plant operations. United States of America : Lewis Publishers, 2003.

SRINIVIAS, T. 2008. Environmental Biotechnology. New Delhi : New Age International, 2008.

SUNASS. 2015. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de las Aguas Residuales en el Ámbito Operacional de las Entidades prestadoras de Servicio de Saneamiento. Lima - Perú : s.n., 2015.

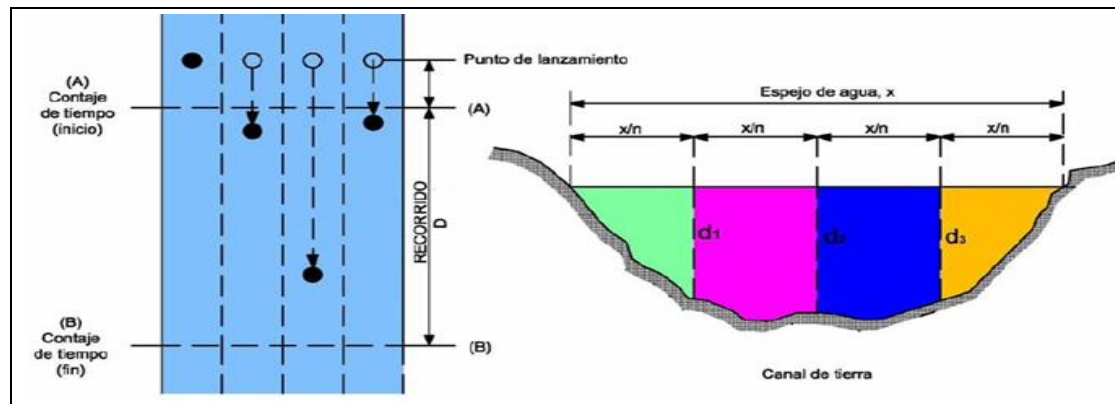
UBILLUS BORJA, Miguel A. 2017. Tratamiento de Aguas residuales. Lima - Perú : Larama Ingenieros, 2017.

WHESLEY, Ederfelder. 2008. Industrial Water Quality. New York : Fourth Edition, 2008.

# **ANEXOS**

# **ANEXO1: AFOROS**

## MEDICIONES DE CAUDAL



**Formulas :**

$$d_{prom} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_x}{x}$$

$$A = d_{prom} * X$$

$$t_{prom} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_x}{x}$$

$$V = 0.8 * \frac{D}{t_{prom}}$$

$$Q = V * A$$

**Donde:**

d: tirante

V: velocidad

t: tiempo

A: area

D: recorrido

Q: caudal

X: ancho del canal

### PRIMER AFORO

FECHA : 20/07/2017

HORA : 09:00

X = 1.30 m

D = 3.00 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+0	0.12	1	4.51
0+10	0.11	2	4.55
0+20	0.10	3	4.49
0+30	0.11	4	4.56
0+40	0.09	5	4.63
0+50	0.13	6	4.58
0+60	0.14	7	4.40
0+70	0.17	8	4.58
0+80	0.16	9	4.60
0+90	0.15	10	4.71
0+100	0.13	$\bar{t}_{prom}$	4.56
0+110	0.08		
0+120	0.13	V (m/s)=	0.53
0+130	0.05	A (m2)=	0.16
$d_{prom}$	0.12	Q (m3/s)=	81.60

### SEGUNDO AFORO

FECHA : 01/08/2017

HORA : 04:15

X = 1.45 m

D = 4.00 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+10	0.18	1	8.40
0+20	0.17	2	8.38
0+30	0.15	3	8.41
0+40	0.17	4	8.45
0+50	0.14	5	8.37
0+60	0.18	6	8.43
0+70	0.17	7	8.35
0+80	0.15	8	8.42
0+90	0.16	9	8.44
0+100	0.13	10	8.36
0+110	0.08	$\bar{t}_{prom}$	8.40
0+120	0.10		
0+130	0.06	V (m/s)=	0.38
0+145	0.07	A (m2)=	0.20
$d_{prom}$	0.14	Q (m3/s)=	75.35

### TERCER AFORO

FECHA : 22/08/2017

HORA : 08:45

X = 1.20 m

D = 3.50 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+0	0.08	1	6.15
0+10	0.10	2	6.17
0+20	0.07	3	6.40
0+30	0.12	4	6.32
0+40	0.15	5	6.39
0+50	0.16	6	6.50
0+60	0.19	7	6.02
0+70	0.17	8	6.80
0+80	0.16	9	6.55
0+90	0.18	10	6.10
0+100	0.14	$\bar{t}_{prom}$	6.34
0+110	0.11		
0+120	0.13	V (m/s)=	0.44
		A (m2)=	0.16
$d_{prom}$	0.14	Q (m3/s)=	71.75



**CUARTO AFORO**

FECHA : 01/09/2017

HORA : 09:00

X = 1.40 m

D = 4.00 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+10	0.12	1	9.01
0+20	0.14	2	8.70
0+30	0.07	3	8.95
0+40	0.09	4	9.10
0+50	0.15	5	8.77
0+60	0.19	6	8.95
0+70	0.18	7	9.24
0+80	0.22	8	9.17
0+90	0.16	9	8.73
0+100	0.18	10	8.62
0+110	0.14	t <sub>prom</sub>	8.92
0+120	0.13		
0+130	0.17	V (m/s)=	0.36
0+140	0.10	A (m2)=	0.20
d <sub>prom</sub>	0.15	Q (m3/s)=	73.15

**QUINTO AFORO**

FECHA : 22/09/2017

HORA : 09:15

X = 1.35 m

D = 3.00 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+0	0.00	1	4.31
0+10	0.12	2	4.35
0+20	0.10	3	4.54
0+30	0.09	4	3.81
0+40	0.06	5	4.42
0+50	0.10	6	4.23
0+60	0.15	7	4.81
0+70	0.18	8	4.26
0+80	0.17	9	4.30
0+90	0.15	10	4.40
0+100	0.16	t <sub>prom</sub>	4.34
0+110	0.15		
0+120	0.14	V (m/s)=	0.55
0+135	0.14	A (m2)=	0.16
d <sub>prom</sub>	0.12	Q (m3/s)=	91.12

**SEXTO AFORO**

FECHA : 16/10/2017

HORA : 08:30

X = 1.50 m

D = 4.00 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+10	0.20	1	8.25
0+20	0.19	2	8.17
0+30	0.17	3	8.20
0+40	0.16	4	8.06
0+50	0.17	5	7.78
0+60	0.17	6	7.42
0+70	0.22	7	8.22
0+80	0.20	8	8.44
0+90	0.19	9	8.67
0+100	0.16	10	8.40
0+110	0.16	t <sub>prom</sub>	8.16
0+120	0.14		
0+150	0.14	V (m/s)=	0.39
		A (m2)=	0.26
d <sub>prom</sub>	0.17	Q (m3/s)=	102.70

**SEPTIMO AFORO**

FECHA : 27/10/2017

HORA : 08:30

X = 1.30 m

D = 3.00 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+0	0.10	1	4.21
0+10	0.08	2	4.01
0+20	0.12	3	4.09
0+30	0.15	4	4.67
0+40	0.18	5	4.54
0+50	0.20	6	4.10
0+60	0.19	7	4.39
0+70	0.21	8	4.17
0+80	0.17	9	4.85
0+90	0.14	10	4.30
0+100	0.08	t <sub>prom</sub>	4.33
0+110	0.14		
0+120	0.15	V (m/s)=	0.55
0+130	0.07	A (m2)=	0.18
d <sub>prom</sub>	0.14	Q (m3/s)=	101.84

**OCTAVO AFORO**

FECHA : 07/11/2017

HORA : 10:30

X = 1.40 m

D = 3.50 m

Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+10	0.14	1	5.90
0+20	0.17	2	5.84
0+30	0.15	3	5.37
0+40	0.10	4	6.02
0+50	0.15	5	5.97
0+60	0.18	6	6.10
0+70	0.20	7	5.56
0+80	0.17	8	5.88
0+90	0.16	9	5.98
0+100	0.18	10	5.70
0+110	0.11	t <sub>prom</sub>	5.83
0+120	0.13		
0+130	0.09	V (m/s)=	0.48
0+140	0.10	A (m2)=	0.20
d <sub>prom</sub>	0.15	Q (m3/s)=	97.46

**NOVENO AFORO**

FECHA : 20/11/2017

HORA : 09:15

X = 1.35 m

D = 3.00 m




Prog.	Tirante "d" (m)	N° Flotador	Tiempo "t" (s)
0+0	0.00	1	4.50
0+10	0.12	2	4.67
0+20	0.10	3	4.25
0+30	0.09	4	4.83
0+40	0.06	5	4.49
0+50	0.10	6	4.64
0+60	0.15	7	4.10
0+70	0.18	8	4.88
0+80	0.17	9	4.90
0+90	0.15	10	4.79
0+100	0.16	t <sub>prom</sub>	4.61
0+110	0.15		
0+120	0.14	V (m/s)=	0.52
0+135	0.14	A (m2)=	0.16
d <sub>prom</sub>	0.12	Q (m3/s)=	85.94

# **ANEXO2: REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA Y PARAMETROS DE CAMPO**

## REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Punto de Muestreo: QUEBRADA LOS CHILCOS													
Muestra N°	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de muestra	Tipo de matriz	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parametros a ser medidos					Observaciones
								AyG	DBO	DQO	SST	CTT	
M-1	20/07/17	08:40 a.m.	S	AR	P, V	1000 ml	-	X	X	X	X		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de muestra</p> <p>S = Simple (Una toma en un punto)</p> <p>C = Compuesta (Varias tomas en el mismo punto)</p> <p>I = Integrada (Varias tomas en distintos puntos)</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de Matriz</p> <p>AN = Aguas Naturales</p> <p>AR = Agua Residual</p> <p>AUCH = Uso y Consumo Humano</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de Recipiente</p> <p>V = Vidrio: 250, 500, 1000 ml.</p> <p>P = Plástico: 500, 1000 ml</p> <p>B = Bolsa</p> </div> </div>													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de preservante</p> <p>1 = HNO3 (Para llevar el pHs2)</p> <p>2 = H2SO4 (Para llevar el pHs2)</p> <p>3 = NaOH (Para remover Cloro)</p> </div> </div>													

**Fecha y Hora de entrega al medio de transporte** Jueves 20 de julio - 09:20:00 a.m.

Operador del muestreo			Custodia de la Muestra			Recepción en laboratorio				
Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Hora	Fecha	Firma
Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Marco Tulio Narro Centurion	Sedacaj	10:45 a.m.	20/07/17	









# REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Punto de Muestreo: QUEBRADA LOS CHILCOS																			
Muestra N°	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de muestra	Tipo de matriz	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetros a ser medidos					Observaciones						
								AyG	DBO	DQO	SST	CTT							
M-3	22/08/17	08:15 a.m.	S	AR	P, V	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	X	X	X	X	X							
Tipo de muestra										Tipo de Recipiente			Tipo de preservante						
S = Simple (Una toma en un punto)										V = Vidrio: 250, 500, 1000 ml.			1 = HNO <sub>3</sub> (Para llevar el pH <sub>52</sub> )						
C = Compuesta (varias tomas en el mismo punto)										P = Plástico: 500, 1000 ml			2 = H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Para llevar el pH <sub>52</sub> )						
I = Integrada (Varias tomas en distintos puntos)										B = Bolsa			3 = NaOH (Para remover Cloro)						
Tipo de matriz																			
AN = Aguas Naturales																			
AR = Agua Residual																			
AUCH = Uso y Consumo Humano																			

**Hora de entrega al medio de transporte** Martes 22 de Agosto - 09:10:00 a.m.

Custodia de la Muestra				Recepción en laboratorio			
Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Nombre y Apellidos	Institución	Firma
Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC	Marco Tulio Narro Centurion	Sedacaj	


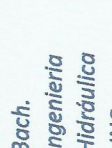


# REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Punto de Muestreo: **QUEBRADA LOS CHILCOS**

Muestra N°	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de muestra	Tipo de matriz	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos perservación	Parámetros a ser medidos					Observaciones
								AyG	DBO	DQO	SST	CTT	
M-4	01/09/17	08:40 a.m.	S	AR	P, V	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	X	X	X	X	X	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p><b>Tipo de muestra</b></p> <p>S = Simple (Una toma en un punto)                      C = Compuesta (varias tomas en el mismo punto)                      I = Integrada (varias tomas en distintos puntos)</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><b>Tipo de matriz</b></p> <p>AN = Aguas Naturales                      AR = Agua Residual                      AUCH = Uso y Consumo Humano</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><b>Tipo de Recipiente</b></p> <p>V = Vidrio: 250, 500, 1000 ml.                      P = Plástico: 500, 1000 ml                      B = Bolsa</p> </div> </div>													
<p><b>Tipo de preservante</b></p> <p>1 = HNO<sub>3</sub> (Para llevar el pH52)                      2 = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Para llevar el pH52)                      3 = NaOH (Para remover Cloro)</p>													

**Hora de entrega al medio de transporte** **Viernes 01 de Septiembre - 09:30:00 a.m.**

Operador del muestreo			Custodia de la Muestra			Recepción en laboratorio		
Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Hora
Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Marco Tulio Narro Centurion	Sedacaj	11:20 a.m.
								01/09/2017





## REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Punto de Muestreo: **QUEBRADA LOS CHILCOS**

Muestra N°	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de muestra	Tipo de matriz	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetros a ser medidos					Observaciones
								AyG	DBO	DQO	SST	CTT	
M-5	22/09/17	09:00 a.m.	S	AR	P, V	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	X	X	X	X	X	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de muestra</p> <p>S = Simple (Una toma en un punto)</p> <p>C = Compuesta (varias tomas en el mismo punto)</p> <p>I = Integrada (varias tomas en distintos puntos)</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de matriz</p> <p>AN = Aguas Naturales</p> <p>AR = Agua Residual</p> <p>AUCH = Uso y Consumo Humano</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de Recipiente</p> <p>V = Vidrio: 250, 500, 1000 ml.</p> <p>P = Plástico: 500, 1000 ml</p> <p>B = Bolsa</p> </div> </div>													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de muestra</p> <p>S = Simple (Una toma en un punto)</p> <p>C = Compuesta (varias tomas en el mismo punto)</p> <p>I = Integrada (varias tomas en distintos puntos)</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de matriz</p> <p>AN = Aguas Naturales</p> <p>AR = Agua Residual</p> <p>AUCH = Uso y Consumo Humano</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Tipo de Recipiente</p> <p>V = Vidrio: 250, 500, 1000 ml.</p> <p>P = Plástico: 500, 1000 ml</p> <p>B = Bolsa</p> </div> </div>													

**Hora de entrega al medio de transporte** **Viernes 22 de Septiembre - 09:30:00 a.m.**



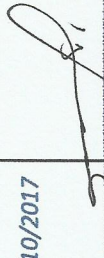
Operador del muestreo			Custodia de la Muestra			Recepción en laboratorio		
Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Hora
Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Marco Tulio Narro Centurion	Sedacaj	10:20 a.m.
								22/09/2017



# REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Punto de Muestreo: QUEBRADA LOS CHILCOS												
Muestra N°	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de muestra	Tipo de matriz	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetros a ser medidos				Observaciones
								AyG	DBO	DQO	SST	
M-6	16/10/17	08:00 a.m.	S	AR	P, V	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	X	X	X	X	
Tipo de muestra				Tipo de Matriz				Tipo de Recipiente				
S = Simple (Una toma en un punto) C = Compuesta (varias tomas en el mismo punto) I = Integrada (Varias tomas en distintos puntos)				AN = Aguas Naturales AR = Agua Residual AUCH = Uso y Consumo Humano				V = Vidrio: 250, 500, 1000 ml. P = Plástico: 500, 1000 ml. B = Bolsa				
								Tipo de preservante 1 = HNO <sub>3</sub> (Para llevar el pH52) 2 = H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Para llevar el pH52) 3 = NaOH (Para remover Cloro)				

**Hora de entrega al medio de transporte**      **Lunes 16 de Octubre - 8:40:00 a.m.**

Operador del muestreo			Custodia de la Muestra			Recepción en laboratorio		
Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma
Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Marco Tulio Narro Centurion	Sedacaj	













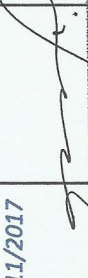
## REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

Punto de Muestreo: **QUEBRADA LOS CHILCOS**

Muestra N°	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de muestra	Tipo de matriz	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos perservación	Parámetros a ser medidos					Observaciones
								AVG	DBO	DQO	SST	CTT	
M-9	20/11/17	09:00 a.m.	S	AR	P, V	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	X	X	X	X	X	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p><b>Tipo de muestra</b></p> <p>S = Simple (Una toma en un punto)</p> <p>C = Compuesta (varias tomas en el mismo punto)</p> <p>I = Integrada (Varias tomas en distintos puntos)</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><b>Tipo de matriz</b></p> <p>AN = Aguas Naturales</p> <p>AR = Agua Residual</p> <p>AUCH = Uso y Consumo Humano</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p><b>Tipo de Recipiente</b></p> <p>V = Vidrio: 250, 500, 1000 ml.</p> <p>P = Plástico: 500, 1000 ml</p> <p>B = Bolsa</p> </div> </div>													
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p><b>Tipo de preservante</b></p> <p>1 = HNO<sub>3</sub> (Para llevar el pHs2)</p> <p>2 = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Para llevar el pHs2)</p> <p>3 = NaOH (Para remover Cloro)</p> </div> </div>													

**Hora de entrega al medio de transporte**

Lunes 20 de Noviembre - 09:30:00 a.m.

Operador del muestreo			Custodia de la Muestra			Recepción en laboratorio				
Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Firma	Nombre y Apellidos	Institución	Hora	Fecha	Firma
Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Vivien Cortez Gálvez	Bach. Ingeniería Hidráulica UNC		Marco Tulio Narro Centurion	Sedacaj	09:50 a.m.	20/11/2017	

## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
jueves, 20 de julio de 2017	08:40 a.m.	8.05	20 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
950 ppm	1538 $\mu\text{s}/\text{cm}$	0.70%	81.60 l/s
<b>Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :</b>		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada seca, presencia de aves carroñeras a lo largo de la quebrada	
<b>Características del agua residual :</b>		Color marron claro, olor desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista.	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

\_\_\_\_\_  
Vivien Lizbeth Cortez Galvez  
Responsable del monitoreo

\_\_\_\_\_  
Juan Carlos Flores Cerna  
Supervisor del monitoreo

## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
martes, 01 de agosto de 2017	04:00 p.m.	7.76	23 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
1180 ppm	1667 $\mu\text{s/cm}$	0.83%	75.35 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada seca	
Características del agua residual :		Color marron claro, olor muy desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista. Presencia	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

\_\_\_\_\_  
Vivien Lizbeth Cortez Galvez  
Responsable del monitoreo

\_\_\_\_\_  
Juan Carlos Flores Cerna  
Supervisor del monitoreo

## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
martes, 22 de agosto de 2017	08:15 a.m.	7.8	22.9 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
1390 ppm	1657 $\mu\text{s}/\text{cm}$	0.81%	71.75 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada seca, presencia de aves carroñeras a lo largo de la quebrada, desvio del agua hacia los canales de riego.	
Características del agua residual :		Color gris, olor desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista.	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

\_\_\_\_\_  
Vivien Lizbeth Cortez Galvez

\_\_\_\_\_  
Juan Carlos Flores Cerna



## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
viernes, 01 de septiembre de 2017	08:40 a.m.	7.96	24.1 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
1070 ppm	1514 µs/cm	0.76%	73.15 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada seca aguas arriba del punto de descarga de aguas residuales, desvio del agua hacia los canales de riego.	
Características del agua residual :		Color marron oscuro, olor muy desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista.	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

\_\_\_\_\_  
Vivien Lizbeth Cortez Galvez

\_\_\_\_\_  
Juan Carlos Flores Cerna

## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
viernes, 22 de septiembre de 2017	09:00 a.m.	8.16	22.9 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
1680 ppm	1999 $\mu\text{s/cm}$	0.71%	91.12 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada seca aguas arribadel punto de descarga de aguas residuales, presencia de aves carroñeras a lo largo de la quebrada.	
Características del agua residual :		Color marron oscuro, olor muy desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista.	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

\_\_\_\_\_  
 Vivien Lizbeth Cortez Galvez  
 Responsable del monitoreo

\_\_\_\_\_  
 Juan Carlos Flores Cerna  
 Supervisor del monitoreo



## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
lunes, 16 de octubre de 2017	08:00 a.m.	8.24	22.4 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
891 ppm	1249 µs/cm	0.63%	102.70 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada seca aguas arribadel punto de descarga de aguas residuales, presencia de aves carroñeras a lo largo de la quebrada.	
Características del agua residual :		Color marron oscuro, olor muy desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista.	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
viernes, 27 de octubre de 2017	08:10 a.m.	7.04	24.9 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
1530 ppm	2043 $\mu$ s/cm	0.79%	101.84 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada seca aguas arribadel punto de descarga de aguas residuales. Presencia de vegetacion en los bordes y dentro de la quegrada.	
Características del agua residual :		Color marron oscuro, olor muy desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista.	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
martes, 07 de noviembre de 2017	10:30 a.m.	8.02	23.5 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
840 ppm	1503 µs/cm	0.76%	97.46 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada cargada aguas arriba del punto de descarga de aguas residuales, desvio de las aguas de la quebrada hacia canales de derivacion para riego. Bastante vegetación en los bordes de la quebrada.	
Características del agua residual :		Color marron oscuro, olor muy desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista. Presencia de lodos acumulados en los bordes de la Quebrada	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

## REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

<b>Denominación del punto de monitoreo : PM - PTAR HUACARIZ</b>	
<b>Ubicación del punto de monitoreo : Quebrada los Chilcos</b>	<b>Coordenadas : N 9205080 , E 778554</b>
<b>Detalles del Punto : Ultimo buzón de la red de alcantarillado - Colector la Victoria</b>	
<b>Procedencia de las Aguas : Aguas residuales parte sur de la ciudad de Cajamarca</b>	

Fecha	Hora	p H	Temperatura
lunes, 20 de noviembre de 2017	09:00 a.m.	7.97	20.8 °C
TDS	Conductividad	Salinidad	Caudal afluyente (*)
1104 ppm	1601 µs/cm	0.80%	85.94 l/s
Eventuales Observaciones al punto de Monitoreo :		Ultimo buzón de la red de alcantarillado, descargando aguas residuales sin previo tratamiento a la quebrada los Chicos. Quebrada cargada aguas arriba del punto de descarga de aguas residuales, desvio de las aguas de la quebrada hacia canales de derivacion para riego. Bastante vegetación en los bordes de la quebrada	
Características del agua residual :		Color marron oscuro, olor muy desagradable, se observa la presencia de desechos sólidos de gran tamaño que atraviesan el canal, siendo estos detectados a simple vista. Presencia de lodos acumulados en los bordes de la Quebrada	

(\*)Caudal afluyente en el momento de monitoreo

# **ANEXO 3: INFORME DE ENSAYOS**



# EPS Sedacaj S.A.

EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO  
DE CAJAMARCA - SOCIEDAD ANONIMA

## CONSTANCIA

La EPS SEDACAJ S.A. – Cajamarca, a través de la División de Calidad de Agua, en coordinación con el Msc Ing. Juan Carlos Flores Cerna docente de la UNC, dan constancia a los resultados de análisis de muestras de aguas residuales tomadas en el lugar denominado Quebrada Los Chilcos, en la ciudad de Cajamarca, las cuales fueron extraídas del Bz4015, buzón que descarga las aguas provenientes del colector Victoria el cual inicia su recorrido en el Jirón La República con la Vía de Evitamiento.

Las muestras fueron alcanzadas por la **Srta. Vivien Lizbeth Cortez Gálvez** identificada con DNI N°47214588, bachiller de la EAP de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Nacional de Cajamarca, la misma que realizó el muestreo y tomó los datos in situ; los resultados de los ensayos por parte de la EPS SEDACAJ S.A se muestran en el informe brindado a la interesada.

Cajamarca 07 Diciembre del 2017



.....  
Ing. Marco Narro Centurión  
CONTROL DE CALIDAD  
EPS SEDACAJ S.A.

.....  
Msc. Ing. Juan Carlos Flores Cerna  
DOCENTE UNC

.....

Vivien Lizbeth Cortez Gálvez  
TESISTA





# EPS Sedacaj S.A.

EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO  
DE CAJAMARCA - SOCIEDAD ANONIMA

## INFORME DE ENSAYOS

**Proyecto** : "Caracterización de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona de Huacariz"  
**Ubicación** : Distrito Cajamarca, Provincia Cajamarca, Departamento Cajamarca  
**Solicitante** : Bach. Vivien Lizbeth Cortez Gálvez  
**Fecha** : 07 Diciembre 2017

### DATOS DE LA MUESTRA

**Tipo de Muestreo** : Puntual  
**Ensayos Realizados** : Fisicoquímicos y Microbiológicos  
**Estado de la Muestra** : Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación  
**Responsable de la toma de Muestra** : Tesista Vivien Cortez Gálvez  
**Procedencia de la muestra** : Quebrada Los Chilcos

### DATOS DE CONTROL DE ENSAYOS

#### Métodos de ensayo

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo
Solidos Totales Suspendidos	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Solids. Total Suspended Solids Dried
Aceites y Grasas	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Numeración de Coliformes Termotolerantes (NMP)	NMP/100 ml	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Biochemical Fecal Coliform Procedure

**Nota:** Los métodos de ensayo están acreditados por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL - DA  
Los parámetros de campo fueron proporcionados por el interesado



**Inge Marco Norro Contreras**  
CONTROL DE CALIDAD  
EPS SEDACAJ S. A.





# EPS Sedacaj S.A.

EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO  
DE CAJAMARCA - SOCIEDAD ANONIMA

## INFORME DE ENSAYOS

DATOS GENERALES										
Código Muestra	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05	M-06	M-07	M-08	M-09	
Matriz de Agua	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica
Localización de la Muestra	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos	Quebrada Los Chilcos
Fecha de Muestreo	20/7/2017	1/8/2017	22/8/2017	1/9/2017	22/9/2017	16/10/2017	27/10/2017	7/11/2017	20/11/2017	
Hora de Muestreo	8:40 a.m.	16:00 p.m.	8:15 a.m.	8:40 a.m.	9:00 a.m.	10:00 a.m.	8:10 a.m.	10:30 a.m.	9:00 a.m.	
DATOS DE CAMPO										
Parámetro	Unidad	Resultados								
Temperatura (T)	°C	20,00	23,00	22,90	24,10	22,90	22,40	24,90	23,50	20,80
Potencial de Hidrógeno (Ph)	Ph	8,05	7,76	7,80	7,96	8,16	8,24	7,04	8,02	7,97
ENSAYOS FISICOQUÍMICOS										
Parámetro	Unidad	Resultados								
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	408,0	482,0	360,0	384,0	400,0	347,0	540,0	346,0	411,8
Aceites y Grasas	mg/L	105,2	136,6	107,0	93,4	99,0	91,0	125,2	45,2	127,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	314,0	460,0	566,0	309,0	390,7	577,5	368,0	392,0	312,2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	816,0	870,0	1213,0	819,0	916,3	855,0	1540,0	1281,0	1029,0
ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS										
Parámetro	Unidad	Resultados								
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	4,30E+08	9,30E+08	2,30E+09	2,30E+09	2,30E+07	4,90E+06	5,40E+07	5,40E+07	2,40E+08



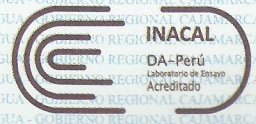
Inge Marco Harro Costurián  
CONTROL DE CALIDAD  
EPS SEDACAJ S. A.





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1117777

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ**  
 N° RUC/DNI: **47214588**  
 Dirección: **Jr. Progreso E-7 Urb. Cajamarca**  
 Región/Provincia/Distrito: **Cajamarca/Cajamarca**  
 Persona de contacto: **-** Correo electrónico: **vivien.a125@hotmail.com**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **07.11.17** Hora: **10:30**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **01 Muestra** N° Frascos x muestra: **05**  
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **Proyecto de Tesis: "Caracterización de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona de Huacariz".**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 835** Cadena de Custodia: **CC - 777 - 17**  
 N° Orden de Trabajo: **1117777**  
 Fecha y Hora de Recepción: **07.11.17** 12:20 Inicio de Ensayo: **07.11.17** 15:00  
 Fecha Término de Ensayo: **14.11.17** 14:50 Reporte Resultado: **14.11.17** 16:00

### (\*) DATOS DE CAMPO

Parámetro de Campo	Unidad	M - 02	Fecha y Hora
(*) Temperatura (T)	°C	23.5	
(*) Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	8.02	

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
*Juan V. Díaz Saenz*  
 Blgo. Juan V. Díaz Saenz  
 RESPONSABLE  
**Cajamarca, 27 de Noviembre de 2017.**





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL

ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA

CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017751

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Turbidity. Nephelometric Method
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510. B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Conductivity. Laboratory Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540.A D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

### OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1,8, 1,0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Cajamarca, 07 de Noviembre de 2017.

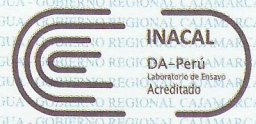
# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1117777

ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS			
Código Cliente	M - 02				
Código Laboratorio	1117777-01				
Matriz de Agua	RESIDUAL				
Descripción	Doméstica				
Localización de la Muestra	Quebrada Los Chilcos				

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	392
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	1281
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	346
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	45.2
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	54x10 <sup>6</sup>

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540.A,D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Solids. Total Suspendidos Solids Dried at 103-105°C
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM); Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

### OBSERVACIONES

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado  
 (\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5-10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original, Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

*Mariano de la Cruz Sarmiento*

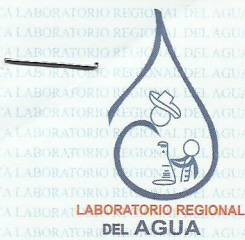
Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

*Enver Zulueta*

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
Analista Responsable de Biología  
CBP: 9778

Cajamarca, 27 de Noviembre de 2017.

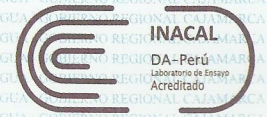




# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017751

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ**  
N° RUC/DNI **47214588**  
Dirección **Jr. Progreso E-7 Urb. Cajamarca**  
Región/Provincia/Distrito **Cajamarca/Cajamarca**  
Persona de contacto **-** Correo electrónico **vivien.a125@hotmail.com**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **27.10.17** Hora: **08:10**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de Muestra **01 Muestra** N° Frascos x muestra **05**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
Procedencia de la Muestra: **Proyecto de Tesis: "Caracterización de las aguas residuales de la parte sur de la ciudad de Cajamarca y propuesta de tratamiento en la zona de Huacariz".**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 835** Cadena de Custodia **CC - 751 - 17**  
N° Orden de Trabajo **1017751**  
Fecha y Hora de Recepción **27.10.17** **09:25** Inicio de Ensayo **27.10.17** **10:00**  
Fecha Término de Ensayo **03.11.17** **09:30** Reporte Resultado **03.11.17** **12:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

*Diaz Saenz*  
**Bigo. Juan Y. Díaz Saenz**  
RESPONSABLE

**Cajamarca, 07 de Noviembre de 2017.**





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017751

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS		
Código Cliente	M - 01				
Código Laboratorio	1017751-01				
Matriz de Agua	Residual				
Descripción	Doméstica				
Localización de la Muestra	Quebrada Los Chilcos				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Turbidez	NTU	0.09	626		
° pH a 25°C	pH	NA	7.04		
Conductividad a 25°C	µS cm	NA	2043		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	368		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	1540		
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	540		
(*)Aceites y Grasas	mg/L	2.5	9.00		

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	54x10 <sup>6</sup>		

*[Signature]*  
Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento

Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

*[Signature]*  
Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz

Analista Responsable de Biología  
CBP: 9778



Cajamarca, 07 de Noviembre de 2017.



# **ANEXO 4: CRECIMIENTO POBLACIONAL**

# HOJA DE INGRESO DE DATOS

## CRECIMIENTO POBLACIONAL

### I.- INFORMACION GENERAL

<b>1.1</b>	<b>Empresa de Servicio de Saneamiento</b>		SEDACAJ SA
<b>1.2</b>	<b>Localidad</b>		CAJAMARCA
<b>1.3</b>	<b>Ubicación de la Localidad</b>		
	Departamento		CAJAMARCA
	Provincia		CAJAMARCA
	Distrito		CAJAMARCA
	m.s.n.m.		2,750
<b>1.4</b>	<b>Clima</b>		
	Temperatura Promedio (°C)		13.00
	Precipitación Anual (mm/año)		795.00
<b>1.5</b>	<b>Población</b>		
	Población según Censo:	1,972 :	62,513.00
		1,981 :	80,931.00
		1,993 :	117,509.00
		2,007 :	188,363.00
	Tasa de crecimiento demográfico de la ciudad (%):		3.43%
	(Según último censo)		
	No de Habitantes por vivienda		5.00
	No. de Viviendas		37,673
<b>1.6</b>	<b>Urbanismo</b>		
	Plan de Desarrollo Urbano (SI/ NO)		SI
	Años de vigencia		20
	Extensión territorial (Km2):		18.00
<b>1.7</b>	<b>Servicios Existentes</b>		
	Salud (N° de establecimientos de salud)		46.00
	Energía eléctrica ( N° de conexiones)		86.6%
	Internet ( N° de conexiones)		11.4%
	Telefonía Fija ( N° de conexiones)		39.2%
	Telefonía Movil ( N° de conexiones)		90.1%
	Cable( N° de conexiones)		13.1%
	Estación de Radios Locales		47.00
	Estación de Televisión local		18.00
	Ag. de Transporte Aéreos		2.00
	Ag. de Transporte Terrestre		178.00
	Centros Educativos		642.00
	Centros de Educacion Superior Universitario		5.00
	Centro Policiales		4.00

Cuarteles de la fuerza armada  
Agua Potable (N° de conexiones)  
Alcantarillado ( N° de conexiones)

0.00
41,028.00
40,857.00





## 2.0. METODO GEOMETRICO

CENSO (Año)	POBLACION (Habitantes)
1,972	62,513
1,981	80,931
1,993	117,509
2,007	188,363

Ecuación :  $P_f = P_o ( 1 + r ) ^ t$

Combinaciones con dos censos :

1,972	1,981	=== >	r =	2.91%
1,972	1,993	=== >	r =	3.05%
1,972	2,007	=== >	r =	3.20%
1,981	1,993	=== >	r =	3.16%
1,981	2,007	=== >	r =	3.30%
1,993	2,007	=== >	r =	3.43%

Combinaciones con tres censos :

1,972	1,981	1,993	=== >	r1 =	3.05%
1,972	1,981	2,007	=== >	r2 =	3.20%
1,972	1,993	2,007	=== >	r3 =	3.20%
1,981	1,993	2,007	=== >	r4 =	3.30%

Combinación con cuatro censos :

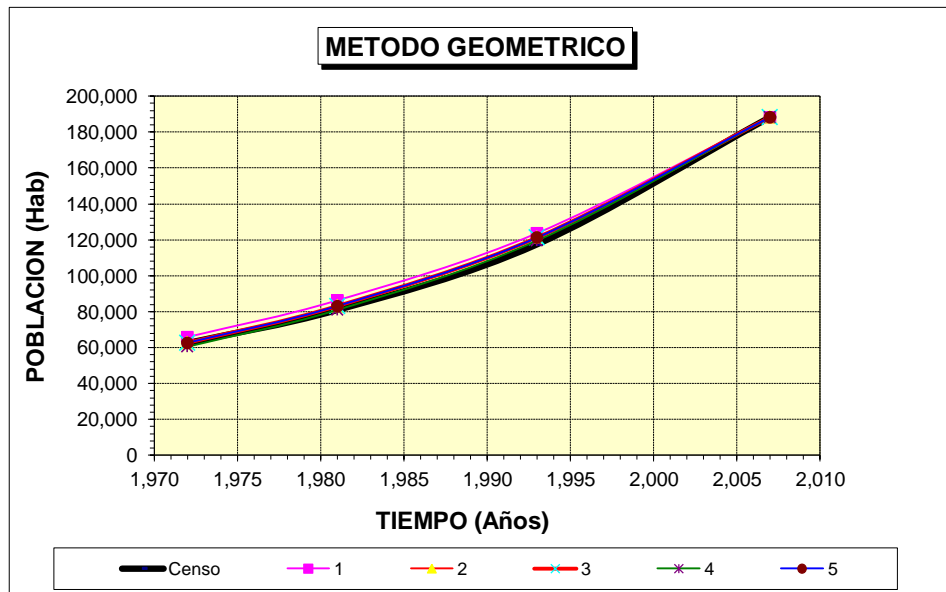
1,972	1,981	1,993	2,007	=== >	r5 =	3.20%
-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

Comportamiento histórico de las ecuaciones :

Curva	Tasa de Crecimiento	1,972	1,981	1,993	2,007	Sumatoria	Diferencia
Censo		62,513	80,931	117,509	188,363	449,316	---
1	3.16%	65,843	86,277	123,709	188,363	464,192	14,876
2	3.30%	62,611	83,110	121,243	188,363	455,327	6,011
3	3.43%	62,620	83,120	121,251	188,363	455,354	6,038
4	3.05%	60,466	80,986	119,565	188,363	449,380	64
5	3.20%	62,652	83,151	121,275	188,363	455,441	6,125

Curva seleccionada:

Po =	188,363 habitantes
r =	3.20%



### 3.0. METODO PARABOLICO

CENSO (Año)	POBLACION (Habitantes)
1972	62513
1981	80931
1993	117509
2007	188363

Ecuación :  $P_f = A + B \cdot t + C \cdot t^2$

Combinaciones con tres censos :

1972	1981	1993	=== >	A1 =	188,363.00
				B1 =	4,956.21
				C1 =	47.70
1972	1981	2007	=== >	A2 =	188,363.00
				B2 =	5,681.27
				C2 =	59.59
1972	1993	2007	=== >	A3 =	188,363.00
				B3 =	6,037.86
				C3 =	69.78
1981	1993	2007	=== >	A4 =	188,363.00
				B4 =	6,144.83
				C4 =	77.42

Mínimos cuadrados :

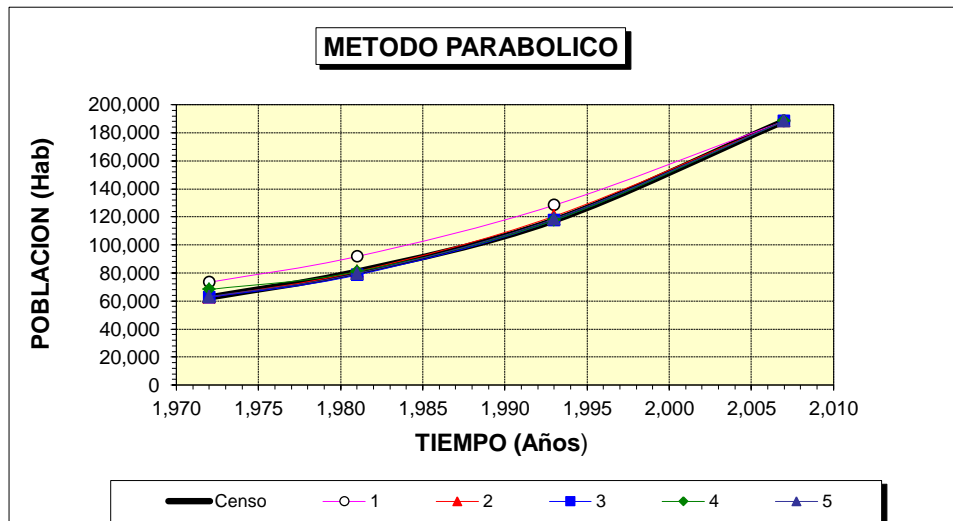
1972	1981	1993	2007	=== >	A5 =	188,363.00
					B5 =	5,923.94
					C5 =	66.98

Comportamiento histórico de las ecuaciones :

Curva	1,972	1,981	1,993	2,007	Sumator.	Diferenc.
Censo	62,513	80,931	117,509	188,363	449,316	---
1	73,329	91,747	128,325	188,363	481,764	32,448
2	62,513	80,931	120,504	188,363	452,311	2,995
3	62,513	78,546	117,509	188,363	446,931	2,385
4	68,129	80,931	117,509	188,363	454,932	5,616
5	63,070	79,616	118,555	188,363	449,604	288

Curva seleccionada:

A =	188,363.00
B =	5,923.94
C =	66.98



#### 4.0. CURVA EXPONENCIAL MODIFICADA

CENSO (Año)	POBLACION (Habitantes)
1,972	62,513
1,981	80,931
1,993	117,509
2,007	188,363

Ecuación :  $Pf = A + B.t$

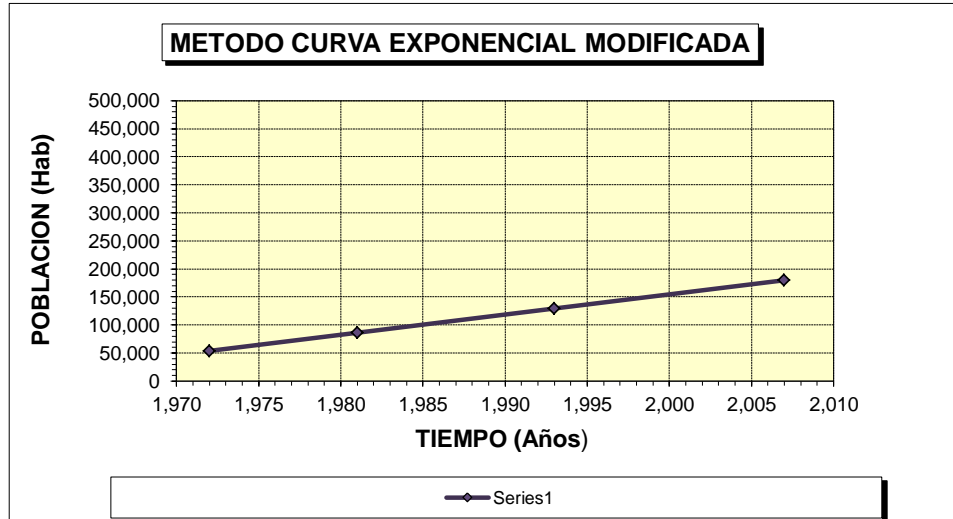
Mínimos cuadrados :

1,972      1,981      1,993      2,007      === >

A5 =	179,847.68
B5 =	3,601.00

Comportamiento histórico de las ecuaciones :

Curva	1,972	1,981	1,993	2,007	Sumator.	Diferenc.
Censo	62,513	80,931	117,509	188,363	449,316	---
1	53,812	86,221	129,433	179,847	449,313	3



## 5.0 SELECCION DEL MODELO DE CRECIMIENTO POBLACIONAL Y CAUDALES DE DISEÑO

Cálculo de la población futura tomando como referencia el crecimiento vegetativo del País:

Tasa de crecimiento de la ciudad = **3.43%** actual

DOTACION

120 lps

Nº	Año	Censo	Arimético	Geométrico	Parabólico	Exponen.	Población	Tasa de crecimiento	Cobertura de Saneamiento	DEMANDA DESAGUE		
						Modifi.	AD5			Qp desague (lt/seg)	Qmd desague (lps) k=1.3	Qmh desague (lps) k=1.8
	<b>1972</b>	<b>62,513</b>										
	<b>1981</b>	<b>80,931</b>										
	<b>1993</b>	<b>117,509</b>										
-	<b>2,007</b>	<b>188,363</b>	<b>188,363</b>	<b>188,363</b>	<b>188,363</b>	<b>188,363</b>	<b>75,345</b>		<b>86%</b>	71.66	93	128.99
Base	2,008	194,819	196,342	194,384	194,353	183,448	77,754	3.10%	86%	73.95	96	133.12
A	2,009	201,497	204,322	200,599	200,478	187,049	80,240	3.10%	86%	76.32	99	137.37
0	2,010	208,404	212,302	207,012	206,737	190,650	82,805	3.10%	86%	78.76	102	141.76
1	2,011	215,548	220,281	213,630	213,130	194,251	85,452	3.10%	86%	81.27	106	146.29
2	2,012	222,937	228,261	220,460	219,657	197,852	88,184	3.10%	86%	83.87	109	150.97
3	2,013	230,579	236,241	227,508	226,317	201,453	91,003	3.10%	86%	86.55	113	155.80
4	2,014	238,483	244,220	234,781	233,112	205,054	93,912	3.10%	86%	89.32	116	160.78
5	2,015	246,658	252,200	242,287	240,040	208,655	96,915	3.10%	86%	92.18	120	165.92
6	2,016	255,113	260,180	250,033	247,103	212,256	100,013	3.10%	86%	95.12	124	171.22
7	2,017	263,857	268,160	258,026	254,299	215,857	103,210	3.10%	89%	102.06	133	183.71
8	2,018	272,902	276,139	266,276	261,630	219,458	106,510	3.10%	90%	106.51	138	191.72
9	2,019	282,257	284,119	274,788	269,094	223,059	109,915	3.10%	90%	109.92	143	197.85
10	2,020	291,932	292,099	283,573	276,693	226,660	113,429	3.10%	90%	113.43	147	204.17
11	2,021	301,939	300,078	292,639	284,425	230,261	117,056	3.10%	90%	117.06	152	210.70
12	2,022	312,289	308,058	301,995	292,291	233,862	120,798	3.10%	90%	120.80	157	217.44
13	2,023	322,994	316,038	311,649	300,291	237,463	124,660	3.10%	90%	124.66	162	224.39
14	2,024	334,066	324,017	321,613	308,426	241,064	128,645	3.10%	90%	128.65	167	231.56
15	2,025	345,517	331,997	331,894	316,694	244,665	132,758	3.10%	90%	132.76	173	238.96
16	2,026	357,361	339,977	342,505	325,096	248,266	137,002	3.10%	90%	137.00	178	246.60
17	2,027	369,610	347,957	353,455	333,632	251,867	141,382	3.10%	95%	149.24	194	268.63
18	2,028	382,280	355,936	364,755	342,302	255,468	145,902	3.10%	95%	154.01	200	277.21
19	2,029	395,384	363,916	376,416	351,106	259,069	150,566	3.10%	95%	158.93	207	286.08
20	2,030	408,937	371,896	388,450	360,043	262,670	155,380	3.10%	95%	164.01	213	295.22
21	2,031	422,955	379,875	400,868	369,115	266,271	160,347	3.10%	95%	169.26	220	304.66
22	2,032	437,453	387,855	413,684	378,321	269,872	165,474	3.10%	95%	174.67	227	314.40
23	2,033	452,448	395,835	426,909	387,661	273,473	170,764	3.10%	95%	180.25	234	324.45
24	2,034	467,958	403,814	440,558	397,134	277,074	176,223	3.10%	95%	186.01	242	334.82
25	2,035	483,999	411,794	454,642	406,742	280,675	181,857	3.10%	95%	191.96	250	345.53
26	2,036	500,589	419,774	469,177	416,484	284,276	187,671	3.10%	100%	208.52	271	375.34
27	2,037	517,749	427,754	484,176	426,359	287,877	193,670	3.10%	100%	215.19	280	387.34
28	2,038	535,496	435,733	499,655	436,369	291,478	199,862	3.10%	100%	222.07	289	399.72
29	2,039	553,852	443,713	515,629	446,512	295,079	206,252	3.10%	100%	229.17	298	412.50
30	2,040	572,838	451,693	532,114	456,789	298,680	212,846	3.10%	100%	236.50	307	425.69
31	2,041	592,474	459,672	549,125	467,201	302,281	219,650	3.10%	100%	244.06	317	439.30
32	2,042	612,783	467,652	566,681	477,746	305,882	226,672	3.10%	100%	251.86	327	453.34

# **ANEXO 5: APORTES PERCAPITA DE CAUDALES**

CUADRO N° 01

SITUACION DE CONEXIONES POR CATEGORIAS DE CAJAMARCA

JUL . 2017

CATEGORIA	ACTIVAS					CORTADAS					TOTALES					USUARIOS			
	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	Activos	Cortados	Totales	%
SOC	12	1	4	13	16	3	2	2	5	5	15	3	6	18	21	17	7	24	0.06%
DOM	26,044	1,621	1,419	27,665	27,463	2,898	375	592	3,273	3,490	28,942	1,996	2,011	30,938	30,953	29,084	3,865	32,949	76.30%
COM	8,112	150	102	8,262	8,214	516	76	23	592	539	8,628	226	125	8,854	8,753	8,364	615	8,979	20.79%
IND	761	76	1	837	762	99	11	-	110	99	860	87	1	947	861	838	110	948	2.20%
EST	227	9	10	236	237	31	4	1	35	32	258	13	11	271	269	246	36	282	0.65%
<b>TOTAL</b>	<b>35,156</b>	<b>1,857</b>	<b>1,536</b>	<b>37,013</b>	<b>36,692</b>	<b>3,547</b>	<b>468</b>	<b>618</b>	<b>4,015</b>	<b>4,165</b>	<b>38,703</b>	<b>2,325</b>	<b>2,154</b>	<b>41,028</b>	<b>40,857</b>	<b>38,549</b>	<b>4,633</b>	<b>43,182</b>	<b>100.0%</b>

SITUACION DE CONEXIONES POR TIPO DE CAJAMARCA

AÑO 2017

Mes	ACTIVAS					CORTADAS					TOTALES					USUARIOS		
	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	Activos	Cortados	Totales
DIC.13	31,304	1,497	1,353	32,801	32,657	3,345	481	676	3,826	4,021	34,649	1,978	2,029	36,627	36,678	34,154	4,502	38,656
DIC.14	32,464	1,645	1,449	34,109	33,913	3,418	501	678	3,919	4,096	35,882	2,146	2,127	38,028	38,009	35,558	4,597	40,155
DIC.15	33,319	1,617	1,423	34,936	34,742	3,496	480	685	3,976	4,181	36,815	2,097	2,108	38,912	38,923	36,359	4,661	41,020
DIC.16	34,393	1,829	1,481	36,222	35,874	3,537	471	670	4,008	4,207	37,930	2,300	2,151	40,230	40,081	37,703	4,678	42,381
ENE	34,484	1,832	1,479	36,316	35,963	3,563	471	666	4,034	4,229	38,047	2,303	2,145	40,350	40,192	37,795	4,700	42,495
FEB	34,604	1,862	1,495	36,466	36,099	3,528	468	654	3,996	4,182	38,132	2,330	2,149	40,462	40,281	37,961	4,650	42,611
MAR	34,655	1,876	1,498	36,531	36,153	3,580	477	654	4,057	4,234	38,235	2,353	2,152	40,588	40,387	38,029	4,711	42,740
ABR	34,809	1,840	1,517	36,649	36,326	3,558	480	630	4,038	4,188	38,367	2,320	2,147	40,687	40,514	38,166	4,668	42,834
MAY	34,957	1,859	1,521	36,816	36,478	3,544	475	621	4,019	4,165	38,501	2,334	2,142	40,835	40,643	38,337	4,640	42,977
JUN	35,127	1,877	1,529	37,004	36,656	3,476	467	617	3,943	4,093	38,603	2,344	2,146	40,947	40,749	38,533	4,560	43,093
JUL	35,156	1,857	1,536	37,013	36,692	3,547	468	618	4,015	4,165	38,703	2,325	2,154	41,028	40,857	38,549	4,633	43,182
AGO																		
SEP																		
OCT																		
NOV																		
DIC																		



## CUADRO N° 02

## USUARIOS (CONEXIONES CATASTRADAS) POR CATEGORIAS Y TIPO DE SERVICIO

## CAJAMARCA

JUL. 2017

CATEG	ACTIVAS					CORTADAS					TOTALES					USUARIOS		
	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	Activos	Cortados	Totales
SOC	12	1	4	13	16	3	2	2	5	5	15	3	6	18	21	17	7	24
DOM	26,044	1,621	1,419	27,665	27,463	2,898	375	592	3,273	3,490	28,942	1,996	2,011	30,938	30,953	29,084	3,865	32,949
COM	8,112	150	102	8,262	8,214	516	76	23	592	539	8,628	226	125	8,854	8,753	8,364	615	8,979
IND	761	76	1	837	762	99	11	-	110	99	860	87	1	947	861	838	110	948
EST	227	9	10	236	237	31	4	1	35	32	258	13	11	271	269	246	36	282
<b>TOTAL</b>	<b>35,156</b>	<b>1,857</b>	<b>1,536</b>	<b>37,013</b>	<b>36,692</b>	<b>3,547</b>	<b>468</b>	<b>618</b>	<b>4,015</b>	<b>4,165</b>	<b>38,703</b>	<b>2,325</b>	<b>2,154</b>	<b>41,028</b>	<b>40,857</b>	<b>38,549</b>	<b>4,633</b>	<b>43,182</b>

## SAN MIGUEL

CATEG	ACTIVAS					CORTADAS					TOTALES					USUARIOS		
	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	Activos	Cortados	Totales
SOC	3	-	-	3	3	-	-	-	-	-	3	-	-	3	3	3	-	3
DOM	1,077	162	7	1,239	1,084	108	25	6	133	114	1,185	187	13	1,372	1,198	1,246	139	1,385
COM	99	5	1	104	100	2	2	-	4	2	101	7	1	108	102	105	4	109
IND	1	3	-	4	1	2	-	-	2	2	3	3	-	6	3	4	2	6
EST	30	-	-	30	30	3	1	-	4	3	33	1	-	34	33	30	4	34
<b>TOTAL</b>	<b>1,210</b>	<b>170</b>	<b>8</b>	<b>1,380</b>	<b>1,218</b>	<b>115</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>143</b>	<b>121</b>	<b>1,325</b>	<b>198</b>	<b>14</b>	<b>1,523</b>	<b>1,339</b>	<b>1,388</b>	<b>149</b>	<b>1,537</b>

## CONTUMAZA

CATEG	ACTIVAS					CORTADAS					TOTALES					USUARIOS		
	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	Activos	Cortados	Totales
SOC	1	1	-	2	1	-	-	-	-	-	1	1	-	2	1	2	-	2
DOM	859	76	28	935	887	50	10	11	60	61	909	86	39	995	948	963	71	1,034
COM	104	7	-	111	104	1	1	-	2	1	105	8	-	113	105	111	2	113
IND	2	-	-	2	2	-	-	-	-	-	2	-	-	2	2	2	-	2
EST	7	2	-	9	7	1	1	-	2	1	8	3	-	11	8	9	2	11
<b>TOTAL</b>	<b>973</b>	<b>86</b>	<b>28</b>	<b>1,059</b>	<b>1,001</b>	<b>52</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>64</b>	<b>63</b>	<b>1,025</b>	<b>98</b>	<b>39</b>	<b>1,123</b>	<b>1,064</b>	<b>1,087</b>	<b>75</b>	<b>1,162</b>

## EPS SEDACAJ S.A.

CATEG	ACTIVAS					CORTADAS					TOTALES					USUARIOS		
	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	A y D	Agua	Desag.	T. Agua	T. Desag.	Activos	Cortados	Totales
SOC	16	2	4	18	20	3	2	2	5	5	19	4	6	23	25	22	7	29
DOM	27,980	1,859	1,454	29,839	29,434	3,056	410	609	3,466	3,665	31,036	2,269	2,063	33,305	33,099	31,293	4,075	35,368
COM	8,315	162	103	8,477	8,418	519	79	23	598	542	8,834	241	126	9,075	8,960	8,580	621	9,201
IND	764	79	1	843	765	101	11	-	112	101	865	90	1	955	866	844	112	956
EST	264	11	10	275	274	35	6	1	41	36	299	17	11	316	310	285	42	327
<b>TOTAL</b>	<b>37,339</b>	<b>2,113</b>	<b>1,572</b>	<b>39,452</b>	<b>38,911</b>	<b>3,714</b>	<b>508</b>	<b>635</b>	<b>4,222</b>	<b>4,349</b>	<b>41,053</b>	<b>2,621</b>	<b>2,207</b>	<b>43,674</b>	<b>43,260</b>	<b>41,024</b>	<b>4,857</b>	<b>45,881</b>

CUADRO N° 03  
REPORTE DE CONEXIONES Y USUARIOS

CAJAMARCA

AÑO 2017

MES	ACTIVAS				CORTADAS				TOTALES		USUARIOS		
	Conex. Agua		Servic. Desagüe		Conex. Agua		Servic. Desagüe		AGUA	DESAGÜE	Activos	Cortados	Totales
	Conex.	%	Servic.	%	Conex.	%	Servic.	%	Total	Total			
DIC.13	31,580	90.0%	31,701	89.7%	3,519	10.0%	3,656	10.3%	35,099	35,357	32,897	4,082	36,979
DIC.14	34,109	90.0%	33,913	89.2%	3,919	10.3%	4,096	10.8%	38,028	38,009	35,558	4,597	40,155
DIC.15	34,936	90.0%	34,742	89.3%	3,976	10.2%	4,181	10.7%	38,912	38,923	36,359	4,661	41,020
DIC.16	36,222	90.0%	35,874	89.5%	4,008	10.0%	4,207	10.5%	40,230	40,081	37,703	4,678	42,381
ENE	36,316	90.0%	35,963	89.5%	4,034	10.0%	4,229	10.5%	40,350	40,192	37,795	4,700	42,495
FEB	36,466	90.0%	36,099	89.6%	3,996	9.9%	4,182	10.4%	40,462	40,281	37,961	4,650	42,611
MAR	36,531	90.0%	36,153	89.5%	4,057	10.0%	4,234	10.5%	40,588	40,387	38,029	4,711	42,740
ABR	36,649	90.0%	36,326	89.7%	4,038	9.9%	4,188	10.3%	40,687	40,514	38,166	4,668	42,834
MAY	36,816	90.0%	36,478	89.8%	4,019	9.8%	4,165	10.2%	40,835	40,643	38,337	4,640	42,977
JUN	37,004	90.0%	36,656	90.0%	3,943	9.6%	4,093	10.0%	40,947	40,749	38,533	4,560	43,093
JUL	37,013	90.0%	36,692	89.8%	4,015	9.8%	4,165	10.2%	41,028	40,857	38,549	4,633	43,182
AGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SAN MIGUEL

MES	ACTIVAS				CORTADAS				TOTALES		USUARIOS		
	Conex. Agua		Servic. Desagüe		Conex. Agua		Servic. Desagüe		AGUA	DESAGÜE	Activos	Cortados	Totales
	Conex.	%	Servic.	%	Conex.	%	Servic.	%	Total	Total			
DIC.13	1,066	93.3%	951	94.6%	76	6.7%	54	5.4%	1,142	1,005	1,069	79	1,148
DIC.14	1,261	91.8%	1,103	92.1%	113	8.2%	94	7.9%	1,374	1,197	1,266	118	1,384
DIC.15	1,317	90.1%	1,150	90.5%	145	9.9%	121	9.5%	1,462	1,271	1,323	152	1,475
DIC.16	1,363	90.7%	1,205	91.1%	140	9.3%	117	8.9%	1,503	1,322	1,371	146	1,517
ENE	1,362	90.5%	1,205	91.0%	143	9.5%	119	9.0%	1,505	1,324	1,370	150	1,520
FEB	1,364	90.6%	1,205	91.0%	141	9.4%	119	9.0%	1,505	1,324	1,372	148	1,520
MAR	1,363	90.5%	1,203	90.9%	143	9.5%	121	9.1%	1,506	1,324	1,371	150	1,521
ABR	1,366	90.5%	1,204	90.7%	144	9.5%	123	9.3%	1,510	1,327	1,374	151	1,525
MAY	1,370	90.5%	1,207	90.8%	143	9.5%	122	9.2%	1,513	1,329	1,378	150	1,528
JUN	1,378	90.5%	1,216	90.8%	145	9.5%	123	9.2%	1,523	1,339	1,386	151	1,537
JUL	1,378	90.6%	1,218	91.0%	143	9.4%	121	9.0%	1,521	1,339	1,388	149	1,537
AGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CONTUMAZA

MES	ACTIVAS				CORTADAS				TOTALES		USUARIOS		
	Conex. Agua		Servic. Desagüe		Conex. Agua		Servic. Desagüe		AGUA	DESAGÜE	Activos	Cortados	Totales
	Conex.	%	Servic.	%	Conex.	%	Servic.	%	Total	Total			
DIC.13	882	93.3%	823	92.9%	63	6.7%	63	7.1%	945	886	927	73	1,000
DIC.14	1,006	94.2%	945	93.8%	62	5.8%	63	6.3%	1,068	1,008	1,032	74	1,106
DIC.15	1,026	93.4%	974	93.1%	72	6.6%	72	6.9%	1,098	1,046	1,052	85	1,137
DIC.16	1,054	94.4%	996	94.1%	62	5.6%	63	5.9%	1,116	1,059	1,082	74	1,156
ENE	1,052	94.3%	994	93.9%	64	5.7%	65	6.1%	1,116	1,059	1,080	76	1,156
FEB	1,052	94.3%	993	93.9%	64	5.7%	65	6.1%	1,116	1,058	1,080	76	1,156
MAR	1,052	94.3%	993	93.9%	64	5.7%	65	6.1%	1,116	1,058	1,080	76	1,156
ABR	1,055	94.4%	997	94.1%	63	5.6%	63	5.9%	1,118	1,060	1,084	74	1,158
MAY	1,056	94.4%	998	94.1%	63	5.6%	63	5.9%	1,119	1,061	1,085	74	1,159
JUN	1,056	94.4%	998	94.1%	63	5.6%	63	5.9%	1,119	1,061	1,085	74	1,159
JUL	1,059	94.3%	1,001	94.1%	64	5.7%	63	5.9%	1,123	1,064	1,087	75	1,162
AGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EPS SEDACAJ S.A.

MES	ACTIVAS				CORTADAS				TOTALES		USUARIOS		
	Conex. Agua		Servic. Desagüe		Conex. Agua		Servic. Desagüe		AGUA	DESAGÜE	Activos	Cortados	Totales
	Conex.	%	Servic.	%	Conex.	%	Servic.	%	Total	Total			
DIC.13	33,528	90.2%	33,475	89.9%	3,658	9.8%	3,773	10.1%	37,186	37,248	34,893	4,234	39,127
DIC.14	36,376	89.9%	35,961	89.4%	4,094	10.1%	4,253	10.6%	40,470	40,214	37,856	4,789	42,645
DIC.15	37,279	89.9%	36,866	89.4%	4,193	10.1%	4,374	10.6%	41,472	41,240	38,734	4,898	43,632
DIC.16	38,639	90.0%	38,075	89.7%	4,210	9.8%	4,387	10.3%	42,849	42,462	40,156	4,898	45,054
ENE	38,730	90.0%	38,162	89.6%	4,241	9.9%	4,413	10.4%	42,971	42,575	40,245	4,926	45,171
FEB	38,882	90.0%	38,297	89.8%	4,201	9.8%	4,366	10.2%	43,083	42,663	40,413	4,874	45,287
MAR	38,946	90.0%	38,349	89.7%	4,264	9.9%	4,420	10.3%	43,210	42,769	40,480	4,937	45,417
ABR	39,070	90.0%	38,527	89.8%	4,245	9.8%	4,374	10.2%	43,315	42,901	40,624	4,893	45,517
MAY	39,242	90.0%	38,683	89.9%	4,225	9.7%	4,350	10.1%	43,467	43,033	40,800	4,864	45,664
JUN	39,438	90.0%	38,870	90.1%	4,151	9.5%	4,279	9.9%	43,589	43,149	41,004	4,785	45,789
JUL	39,450	90.0%	38,911	89.9%	4,222	9.7%	4,349	10.1%	43,672	43,260	41,024	4,857	45,881
AGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## CUADRO N° 4 REPORTE DE VOLUMENES MES

### CAJAMARCA

JUL . 2017

CATEG	Conexión	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
SOC	13		-	12	794	1	9	-	-	803
DOM	30,475	1,735	-	28,148	344,866	2,315	27,859	12	1,026	373,751
COM	5,824	225	-	5,284	142,979	529	17,552	11	360	160,891
IND	482	42	-	400	9,932	77	2,294	5	480	12,706
EST	210	11	-	176	22,882	34	8,214	-	-	31,096
<b>TOTAL</b>	<b>37,004</b>	<b>2,013</b>	<b>-</b>	<b>34,020</b>	<b>521,453</b>	<b>2,956</b>	<b>55,928</b>	<b>28</b>	<b>1,866</b>	<b>579,247</b>

### SAN MIGUEL

CATEG	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
SOC	3	1	-	3	51	-	-	-	-	51
DOM	1,235	168	-	1,209	11,791	26	224	-	-	12,015
COM	105	5	-	105	2,742	-	-	-	-	2,742
IND	5	3	-	4	1	1	18	-	-	19
EST	30	3	-	28	994	2	16	-	-	1,010
<b>TOTAL</b>	<b>1,378</b>	<b>180</b>	<b>-</b>	<b>1,349</b>	<b>15,579</b>	<b>29</b>	<b>258</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>15,837</b>

### CONTUMAZA

CATEG	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
SOC	2	-	-	2	21	-	-	-	-	21
DOM	932	108	-	929	7,838	2	12	-	-	7,850
COM	112	11	-	110	2,320	2	28	-	-	2,348
IND	2	1	-	2	16	-	-	-	-	16
EST	8	1	-	8	711	-	-	-	-	711
<b>TOTAL</b>	<b>1,056</b>	<b>121</b>	<b>-</b>	<b>1,051</b>	<b>10,906</b>	<b>4</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>10,946</b>

### EPS SEDACAJ S.A.

CATEG	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
SOC	18	1	-	17	866	1	9	-	-	875
DOM	32,642	2,011	-	30,286	364,495	2,343	28,095	12	1,026	393,616
COM	6,041	241	-	5,499	148,041	531	17,580	11	360	165,981
IND	489	46	-	406	9,949	78	2,312	5	480	12,741
EST	248	15	-	212	24,587	36	8,230	-	-	32,817
<b>TOTAL</b>	<b>39,438</b>	<b>2,314</b>	<b>-</b>	<b>36,420</b>	<b>547,938</b>	<b>2,989</b>	<b>56,226</b>	<b>28</b>	<b>1,866</b>	<b>606,030</b>

**CUADRO N° 5  
RESUMEN DE VOLUMENES**

**JUL . 2017**

**CAJAMARCA**

MES	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
DIC -14	34,109	1,871	-	32,358	530,639	1,662	31,857	25	1,078	563,574
DIC -15	34,936	2,305	-	35,065	556,944	1,090	18,974	67	1,760	577,678
DIC -16	36,222	1,990	-	33,734	532,548	2,358	42,630	20	1,062	576,240
ENE	36,316	2,036	-	33,579	513,326	2,623	53,140	20	806	567,272
FEB	36,466	2,214	-	33,471	523,768	2,523	47,672	21	964	572,404
MAR	36,531	2,155	-	34,052	514,468	2,395	44,535	20	953	559,956
ABR	36,649	2,015	1	34,123	522,665	2,379	47,250	29	1,813	571,728
MAY	36,816	2,173	-	33,920	516,908	2,695	53,024	34	1,484	571,416
JUN	37,004	2,045	-	33,857	512,748	2,929	59,244	30	1,255	573,247
JUL	37,013	2,013	-	34,020	521,453	2,956	55,928	28	1,866	579,247
<b>TOTAL</b>					<b>3,625,336</b>		<b>360,793</b>		<b>964</b>	<b>3,995,270</b>

**SAN MIGUEL**

MES	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
DIC -14	1,261	195	-	1,233	13,832	17	106	-	-	13,938
DIC -15	1,317	207	-	1,313	13,529	1	52	-	-	13,581
DIC -16	1,363	181	-	1,359	15,156	-	-	-	-	15,156
ENE	1,362	194	-	1,361	13,542	-	-	-	-	13,542
FEB	1,364	212	-	1,361	13,173	1	5	-	-	13,178
MAR	1,363	235	-	1,361	12,942	-	-	-	-	12,942
ABR	1,366	235	1	1,361	12,519	-	-	-	-	12,519
MAY	1,370	231	-	1,365	13,913	1	12	-	-	13,925
JUN	1,378	218	-	1,369	14,526	-	-	-	-	14,526
JUL	1,378	180	-	1,349	15,579	29	258	-	-	15,837
AGO										
SEP										
OCT										
NOV										
DIC										
<b>TOTAL</b>					<b>96,194</b>		<b>275</b>		<b>-</b>	<b>96,469</b>

**CONTUMAZA**

MES	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
DIC -14	906	135	-	875	8,667	11	225	20	400	9,292
DIC -15	1,020	104	-	1,012	9,117	7	76	2	19	9,212
DIC -16	1,051	96	-	1,051	9,992	-	-	-	-	9,992
ENE	1,054	113	-	1,049	8,386	3	69	-	-	8,455
FEB	1,052	128	-	1,050	8,302	2	27	-	-	8,329
MAR	1,052	212	-	1,046	6,348	6	45	-	-	6,393
ABR	1,052	188	-	1,043	7,939	9	85	-	-	8,024
MAY	1,055	161	-	1,044	11,338	10	51	1	19	11,408
JUN	1,056	154	-	1,055	9,661	1	-	-	-	9,661
JUL	1,056	121	-	1,051	10,906	4	40	-	-	10,946
AGO										
SEP										
OCT										
NOV										
DIC										
<b>TOTAL</b>					<b>62,880</b>		<b>317</b>		<b>-</b>	<b>63,216</b>

**EPS SEDACAJ S.A.**

MES	Conexión Und.	CONSUMO CERO (0)		VOLUMEN LEIDO		VOLUMEN PROMEDIO		VOLUMEN ASIGNADO		VOLUMEN TOTAL FACTURADO
		Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	Nro USUARIOS	VOLUMEN	
DIC -14	36,276	2,201	-	34,466	553,138		32,188	45	1,478	586,804
DIC -15	37,273	2,616	-	37,390	579,590		19,102	69	1,779	600,471
DIC -16	38,636	2,267	-	36,144	557,696		42,630	20	1,062	601,388
ENE	38,732	2,343	-	35,989	535,254	2,626	53,209	20	806	589,269
FEB	38,882	2,554	-	35,882	545,243	2,526	47,704	21	964	593,911
MAR	38,946	2,602	-	36,459	533,758	2,401	44,580	20	953	579,291
ABR	39,067	2,438	2	36,527	543,123	2,388	47,335	29	1,813	592,271
MAY	39,241	2,565	-	36,329	542,159	2,706	53,087	35	1,503	596,749
JUN	39,438	2,417	-	36,281	536,935	2,930	59,244	30	1,255	597,434
JUL	39,447	2,314	-	36,420	547,938	2,989	56,226	28	1,866	606,030
AGO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SEP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OCT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NOV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>					<b>3,784,410</b>		<b>361,385</b>		<b>964</b>	<b>4,154,955</b>

**Promedio 346,246**

**ANEXO 6:  
INFORMACIÓN  
METEREOLÓGICA**



**ESTACIÓN METEOROLÓGICA AGRÍCOLA PRINCIPAL  
"AUGUSTO WEBERBAUER"**

**UBICACIÓN POLÍTICA**

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA  
PROVINCIA: CAJAMARCA  
DISTRITO: CAJAMARCA

**UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

LATITUD: 7° 10' 03" Sur  
LONGITUD: 78° 29' 35" Oeste  
ALTITUD: 2536 m.

**PRECIPITACION TOTAL (mm)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1978	12.7	34.4	48.5	37.0	65.6	3.9	4.4	3.8	23.8	24.4	54.0	44.8
1979	84.1	81.6	159.7	37.1	16.3	1.8	7.5	15.7	33.6	24.4	26.3	46.6
1980	34.9	42.4	65.0	29.3	6.9	15.1	3.2	5.6	2.3	130.4	111.0	106.7
1981	78.2	186.5	105.7	33.7	14.7	6.6	7.2	12.7	22.0	111.9	45.6	111.3
1982	71.7	102.9	75.7	88.7	38.2	7.8	2.1	6.6	43.9	124.8	67.3	87.4
1983	116.6	75.4	151.6	105.7	31.1	10.1	9.6	2.7	19.2	86.9	28.1	118.4
1984	24.7	233.6	123.8	80.0	69.5	25.1	23.4	18.7	36.7	68.6	97.6	104.1
1985	24.6	42.4	37.2	41.9	53.0	0.4	4.8	18.3	37.3	50.0	23.9	40.3
1986	84.4	47.7	96.8	120.2	16.2	0.6	1.2	14.6	1.2	43.6	66.2	51.8
1987	98.2	95.2	39.2	52.2	11.1	4.0	10.8	12.3	39.5	37.2	74.3	60.5
1988	109.7	105.5	44.8	95.6	10.6	5.4	0.0	32.9	69.4	65.2	63.4	73.6
1989	87.0	158.8	113.5	85.4	18.8	16.7	3.2	5.9	53.5	106.6	47.1	2.7
1990	101.8	68.5	58.3	27.4	39.5	24.6	0.8	7.1	20.1	87.6	99.1	72.3
1991	43.8	90.0	133.7	55.2	17.9	0.7	0.4	0.3	10.2	28.2	55.1	71.9
1992	52.6	31.8	66.6	46.5	18.9	21.2	4.6	10.0	40.8	64.0	32.0	34.1
1993	61.0	112.2	245.0	102.9	30.2	1.9	3.3	2.9	51.4	106.3	71.4	84.1
1994	116.9	103.1	170.2	144.9	35.3	3.3	0.0	0.2	11.9	27.2	89.8	122.6
1995	44.7	108.3	75.7	49.7	20.6	1.7	13.2	10.8	11.5	51.8	50.5	76.4
1996	65.2	124.0	120.1	50.4	13.7	0.8	0.5	15.8	13.9	76.2	68.8	34.1
1997	63.8	152.9	26.5	40.4	17.0	15.4	0.2	0.0	27.4	50.8	119.9	129.4
1998	103.0	116.5	257.0	83.9	19.6	4.8	1.3	4.7	17.8	79.6	29.1	47.9
1999	94.8	242.7	69.5	65.0	53.7	22.8	22.1	1.2	81.4	21.7	77.0	68.8
2000	46.0	162.3	126.3	77.3	40.5	15.6	2.1	13.4	56.6	9.9	44.5	122.3
2001	191.2	100.8	230.2	57.2	48.1	2.3	13.9	0.0	34.4	46.2	93.4	90.9
2002	27.0	60.0	133.1	77.2	23.0	8.8	10.7	3.4	14.6	90.3	99.9	86.1
2003	51.1	61.4	103.6	42.1	30.7	22.3	1.8	10.6	14.8	46.0	63.8	80.7
2004	36.1	102.0	56.9	44.5	42.4	2.1	13.8	29.4	19.0	63.4	92.6	123.7
2005	84.9	53.7	136.6	54.0	7.2	4.5	0.6	3.5	31.2	92.3	30.0	87.8
2006	83.2	101.6	199.3	77.6	7.7	23.9	1.8	6.1	33.6	12.7	60.4	81.7
2007	95.4	17.5	182.4	111.5	29.0	1.4	10.7	6.4	11.6	118.9	97.6	68.8
2008	80.2	133.3	118.4	99.1	22.7	15.4	2.3	11.7	34.7	96.5	72.0	S/D
2009	180.7	74.6	110.5	78.8	42.2	17.9	12.3	3.9	11.8	78.5	109.4	74.2
2010	49.5	112.9	154.0	88.4	31.6	8.6	2.6	1.3	28.9	43.4	52.5	70.8
2011	76.6	73.3	125.2	102.0	16.7	0.4	8.3	0.0	47.1	31.5	24.4	109.7
2012	154.2	134.7	126.4	72.8	51.5	0.8	0.0	2.5	19.1	83.3	120.3	58.3
2013	S/D	98.0	213.6	73.8	65.6	7.5	5.7	8.9	3.7	110.7	17.0	51.9
2014	75.7	68.0	143.2	78.8	26.9	5.0	2.0	3.9	27.7	26.5	45.7	114.9
2015	184.7	55.4	202.2	63.0	75.8	3.0	4.4	0.1	27.8	16.8	99.6	39.5
2016	82.9	85.3	121.3	56.2	7.0	1.6	2.1	1.1	25.1	60.0	16.1	63.1
<b>Promedio</b>	<b>80.9</b>	<b>98.7</b>	<b>122.2</b>	<b>69.9</b>	<b>30.4</b>	<b>8.6</b>	<b>5.6</b>	<b>7.9</b>	<b>28.5</b>	<b>64.0</b>	<b>65.0</b>	<b>76.7</b>

**TEMPERATURA MAXIMA (°C)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1978	22.0	23.0	22.1	21.6	21.3	21.3	21.1	21.1	21.7	22.5	22.3	22.3
1979	22.1	20.6	20.1	21.2	21.9	22.1	21.6	22.6	22.2	23.2	23.2	22.6
1980	22.4	22.5	21.5	22.0	23.0	22.5	22.0	22.2	23.2	20.9	20.8	21.0
1981	21.0	20.4	20.6	21.8	22.3	22.6	21.7	22.2	22.4	21.7	21.9	22.1
1982	21.7	22.2	21.5	21.5	22.2	22.2	22.0	22.0	22.1	21.1	21.5	21.6
1983	22.5	22.4	21.8	21.7	22.4	22.7	22.9	22.7	22.3	21.8	23.1	21.0
1984	20.9	19.8	20.7	21.0	20.6	20.5	20.4	21.6	21.9	21.6	21.3	21.4
1985	20.8	20.9	22.6	21.7	21.8	22.1	21.2	21.8	22.3	22.6	22.9	22.6
1986	22.1	21.6	21.8	21.5	22.1	22.1	21.6	22.0	22.8	22.9	22.6	22.5
1987	21.9	21.9	22.7	22.2	22.7	23.7	23.0	23.0	23.2	23.3	22.4	22.8
1988	21.7	22.1	21.6	21.5	22.1	22.7	22.4	22.9	22.2	22.1	21.8	21.4
1989	21.0	20.2	20.5	21.0	21.7	21.2	21.8	22.1	21.6	21.3	23.1	23.8
1990	21.9	22.0	22.1	22.3	22.4	21.4	22.1	22.8	23.3	21.9	21.8	22.3
1991	21.9	22.0	21.7	22.0	22.5	23.8	23.3	22.6	23.2	22.2	22.9	23.2
1992	22.7	23.0	22.9	22.4	23.4	22.4	21.6	22.6	21.9	21.7	22.9	23.5
1993	22.0	21.1	20.1	20.9	21.9	22.0	22.2	22.0	21.7	21.1	21.3	21.2
1994	20.8	20.8	20.8	20.8	21.2	20.7	21.2	21.3	22.3	22.4	21.7	21.4
1995	22.2	21.1	20.9	21.9	21.9	22.4	21.7	22.8	21.9	22.1	21.8	21.8
1996	20.4	20.5	20.6	20.7	21.5	22.1	21.8	21.3	22.1	21.8	22.5	22.2
1997	21.6	20.3	22.2	21.9	22.4	22.7	22.3	22.0	23.0	23.2	21.7	21.7
1998	22.0	22.3	21.7	22.6	22.9	21.8	21.9	22.0	22.8	22.0	22.3	22.6
1999	21.2	19.6	20.7	20.6	20.5	20.8	20.3	21.8	21.3	21.4	21.9	20.8
2000	21.4	19.7	20.2	20.6	21.0	21.2	21.1	21.5	21.7	22.4	22.7	20.8
2001	19.7	20.4	20.1	20.9	21.5	21.2	21.5	22.2	22.1	22.7	21.4	22.1
2002	21.9	21.1	21.3	21.0	21.5	21.4	21.3	22.2	22.9	21.4	21.2	21.9
2003	21.6	21.7	20.9	21.9	21.8	21.9	21.5	22.4	22.9	23.1	22.6	21.4
2004	22.5	21.1	21.7	22.1	22.8	21.3	20.9	21.8	21.6	21.9	21.8	21.4
2005	21.7	22.1	21.3	21.8	22.1	22.5	22.3	22.3	22.4	21.1	22.2	21.3
2006	21.4	21.1	20.8	21.2	21.9	20.8	21.7	21.8	21.7	22.1	21.9	21.7
2007	22.1	21.1	20.8	21.0	21.6	21.3	21.6	21.4	20.9	21.3	20.8	20.9
2008	20.4	20.3	19.9	20.6	21.3	21.3	20.9	21.6	21.7	21.0	21.7	S/D
2009	20.6	20.7	20.7	21.0	21.7	21.7	20.9	22.1	22.3	22.2	21.8	21.8
2010	21.9	22.4	22.4	22.8	22.1	21.5	22.8	22.7	22.3	22.0	22.0	20.7
2011	21.1	20.8	20.2	20.9	21.7	21.7	21.2	22.2	21.2	21.4	22.4	21.0
2012	20.9	20.6	21.3	21.2	21.3	21.6	22.0	22.2	22.0	21.2	21.6	22.1
2013	22.1	21.8	21.1	22.2	21.9	21.1	21.4	22.0	23.1	21.8	22.7	22.0
2014	22.1	22.5	20.9	21.8	21.6	22.3	22.3	21.5	21.8	22.4	22.4	21.8
2015	20.8	21.7	21.2	21.2	21.3	21.6	22.3	23.0	23.1	22.8	22.7	22.9
2016	23.7	22.3	22.5	22.2	23.3	22.0	22.3	22.7	22.8	22.9	23.8	21.8
Promedio	21.6	21.3	21.2	21.5	21.9	21.9	21.8	22.1	22.2	22.0	22.1	21.9

**TEMPERATURA MINIMA (°C)**

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1978	8.0	8.5	7.0	8.4	6.6	3.4	4.6	3.9	7.0	5.5	8.4	8.3
1979	7.9	10.3	10.3	8.0	6.2	3.8	5.2	6.2	7.6	6.5	7.4	6.1
1980	9.1	7.8	9.5	8.2	6.3	5.7	5.3	5.2	7.3	9.8	9.1	7.8
1981	7.7	10.8	8.5	9.2	7.1	5.5	3.8	5.1	5.7	8.3	8.3	8.8
1982	8.0	7.7	8.7	7.7	6.7	5.3	4.6	4.8	6.8	8.6	7.9	9.8
1983	10.5	8.6	10.0	9.4	8.4	5.6	4.7	4.8	7.3	8.3	7.9	8.9
1984	6.6	10.2	10.0	8.9	7.0	6.1	4.2	5.3	6.3	7.6	5.5	8.4
1985	8.2	8.5	7.9	7.5	6.4	5.7	4.0	5.8	7.3	6.2	5.4	8.5
1986	9.6	8.3	8.1	9.8	6.8	3.9	4.3	7.8	6.6	7.1	7.9	9.0
1987	11.3	10.2	8.1	8.4	6.0	5.5	6.3	5.7	8.0	7.6	9.3	9.6
1988	10.5	10.5	9.1	9.1	6.8	4.3	3.2	4.2	7.0	7.8	8.7	8.0
1989	9.2	9.8	8.7	9.0	4.9	5.5	3.3	5.3	7.6	8.6	6.4	5.3
1990	9.6	8.3	9.2	9.0	6.9	7.4	5.0	5.3	7.2	9.3	9.6	7.3
1991	8.2	9.2	10.2	8.1	6.6	5.0	2.7	5.6	6.2	7.5	6.7	7.6
1992	9.7	9.2	9.4	9.3	6.4	6.2	4.3	5.3	7.4	8.0	8.2	7.5
1993	9.1	9.1	9.9	10.2	7.9	5.2	4.7	5.7	7.3	8.8	7.9	10.9
1994	10.3	10.5	9.5	9.4	7.9	5.8	5.4	5.2	6.9	7.3	8.0	9.1
1995	8.8	9.5	9.8	8.1	6.8	5.4	6.1	6.0	6.9	8.2	9.0	8.6
1996	9.0	9.3	10.3	8.9	6.9	5.5	5.0	5.7	7.4	9.0	5.9	8.5
1997	7.9	10.4	7.1	8.3	7.3	5.0	6.4	7.2	8.2	9.5	10.1	11.7
1998	11.6	11.4	12.2	11.3	7.2	5.7	4.7	5.8	6.9	9.2	6.9	6.8
1999	8.8	10.2	9.1	9.2	7.3	6.6	4.9	4.6	7.7	6.8	7.7	9.4
2000	7.7	9.2	9.4	9.0	7.6	6.3	4.9	5.3	7.8	6.3	4.6	8.7
2001	10.2	10.4	10.6	8.4	7.5	5.3	5.5	5.0	7.0	9.1	9.5	8.9
2002	8.3	10.6	10.6	8.9	7.2	5.4	6.2	5.9	6.8	9.2	10.0	10.8
2003	10.0	9.6	9.1	8.9	7.5	5.8	4.6	5.4	6.7	8.1	9.1	9.3
2004	7.0	10.3	9.6	8.0	7.1	5.7	6.3	5.8	7.0	9.1	9.3	9.7
2005	8.5	10.5	10.7	9.3	5.2	5.2	3.8	5.1	7.1	9.1	6.2	8.9
2006	9.2	11.1	10.8	8.1	5.7	6.8	4.7	6.5	7.2	7.9	8.8	10.4
2007	11.0	8.6	10.5	9.0	7.7	4.8	5.3	5.8	5.8	8.0	9.9	7.6
2008	10.1	9.8	9.4	9.1	7.2	5.3	4.9	6.2	7.6	9.2	8.9	S/D
2009	10.3	10.1	10.5	10.0	7.6	5.9	6.5	6.6	7.4	9.3	8.9	10.4
2010	10.1	10.5	11.0	9.5	8.0	6.5	5.7	5.3	7.6	7.3	7.5	9.5
2011	9.1	8.5	8.5	9.4	6.6	6.1	5.9	6.0	7.0	7.8	9.2	9.8
2012	10.7	9.3	9.9	9.3	7.2	5.0	4.8	5.4	6.6	9.5	10.2	9.0
2013	9.8	9.8	10.9	9.1	8.7	6.2	5.3	6.1	6.1	9.8	7.4	9.2
2014	9.6	10.5	10.6	8.5	9.2	5.6	5.8	5.9	7.6	8.7	8.8	10.4

2015	10.7	9.5	11.0	9.9	9.3	7.4	5.8	5.9	7.6	9.5	9.1	10.4
2016	10.5	11.8	10.6	9.8	7.7	6.2	5.0	6.3	7.6	8.4	6.1	9.7
Promedio	9.3	9.7	9.6	9.0	7.1	5.6	5.0	5.6	7.1	8.3	8.1	8.9

### HUMEDAD RELATIVA (%)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1981	77.8	85.0	81.9	79.7	73.7	67.8	66.4	67.4	67.4	79.1	75.0	79.7
1982	75.1	76.7	80.6	77.4	76.8	70.6	66.6	65.1	71.0	77.5	77.1	79.8
1983	80.2	77.4	81.2	81.9	78.4	72.0	67.6	66.3	69.0	73.4	70.4	76.1
1984	72.8	82.9	79.5	79.8	80.0	78.3	71.7	69.6	70.9	72.9	62.8	77.7
1985	77.5	75.3	73.6	78.1	74.0	60.8	59.5	65.2	69.5	67.7	58.8	70.8
1986	75.2	72.3	72.3	79.0	74.3	65.5	62.2	64.8	63.8	66.4	68.2	72.5
1987	76.9	75.6	72.8	74.9	68.4	63.6	63.3	62.1	65.8	64.7	68.4	70.8
1988	75.4	78.5	72.0	78.6	73.3	63.1	59.7	57.6	65.4	70.1	72.7	70.2
1989	75.5	78.7	76.1	76.4	67.3	68.1	57.4	62.1	67.4	73.5	60.7	58.3
1990	69.2	69.9	69.1	71.6	66.1	65.5	57.8	56.7	59.1	70.2	70.2	64.0
1991	67.6	69.7	74.2	72.5	70.3	62.5	54.9	54.5	57.6	62.0	61.2	63.4
1992	65.5	63.3	67.0	69.9	66.3	60.9	56.3	57.8	61.6	65.4	61.7	57.2
1993	64.2	67.6	69.7	71.6	68.0	58.3	56.9	54.2	64.7	67.9	65.3	71.8
1994	74.2	71.1	72.5	73.6	68.6	57.3	52.0	52.1	60.0	59.0	62.4	68.3
1995	64.8	63.7	63.8	61.6	59.1	58.8	60.0	58.2	59.6	60.2	67.5	65.2
1996	68.6	71.3	73.7	70.4	66.5	60.9	52.4	55.8	59.8	72.4	59.5	66.0
1997	70.0	78.3	68.0	69.8	66.2	60.7	58.2	57.6	62.7	65.8	71.3	70.8
1998	71.6	72.8	78.3	73.1	65.4	61.1	57.1	59.8	59.3	65.2	59.9	57.2
1999	62.5	71.1	67.4	68.5	67.5	64.6	55.8	55.0	64.9	60.4	61.2	67.8
2000	61.9	64.1	63.9	65.3	64.0	61.7	58.2	59.3	60.6	56.7	53.1	71.2
2001	77.9	73.8	78.5	69.3	68.1	62.3	65.7	63.5	68.8	67.2	70.7	69.9
2002	71.1	76.5	75.7	73.5	69.7	68.9	70.5	68.5	67.6	70.2	71.1	71.5
2003	70.4	69.8	72.1	71.2	69.7	67.8	67.9	66.0	60.2	67.6	67.9	71.6
2004	68.0	73.7	74.1	71.3	70.4	69.0	64.4	64.5	63.9	62.8	60.2	59.5
2005	61.2	63.1	64.7	64.6	59.9	62.0	61.0	62.7	63.5	63.0	56.1	60.4
2006	65.3	66.3	64.3	59.8	57.8	58.9	57.6	60.5	60.3	59.0	62.1	63.4
2007	64.2	64.6	63.1	63.6	64.2	62.6	63.9	62.3	60.7	60.7	64.3	63.5
2008	67.1	66.0	64.3	63.4	65.0	63.7	59.5	58.8	58.7	60.3	57.9	
2009	62.7	71.6	71.9	69.1	67.4	64.6	63.6	62.5	60.9	67.3	65.5	70.5
2010	68.4	62.7	63.3	62.2	66.3	63.4	61.8	58.7	60.6	58.8	59.4	69.2
Promedio	70.1	71.8	71.7	71.4	68.4	64.2	61.0	61.0	63.5	66.2	64.8	68.2

### DIRECCIÓN DE VIENTO

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2000	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	NE	S	S
2001	S	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	S	S	S
2002	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	S	SE	S
2003	S	SE	S	SE	SE	SE	SE	NE	NE	S	S	S
2004	S	S	SE	SE	SE	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2006	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	SE	S/D	S/D	S/D
2007	S	S	S	SE	SE	SE	NE	SE	SE	S	S	S
2008	S	S	S	SE	E	E	SE	SE	E	S	SE	S/D
2009	S	SE	SE	SE	SE	E	E	E	E	SE	S	S
2010	SE	E	SE	E	SE	SE	SE	SE	SE	S	S	S
2011	S	S	S	S	S	E	E	SE	E	S	S	S
2012	S	S	E	E	S	E	E	E	E	E	E	S
2013	E	S/D	S/D	S/D	E	E	N	E	N	E	E	E
2014	S/D	S/D	S/D	S/D	E	E	E	E	S/D	S/D	S/D	E
2015	E	SE	SE	SE	SE	E	E	NE	E	SE	SE	SE
2016	E	SE	SE	E	E	E	E	E	E	S	S	SE

### VELOCIDAD DE VIENTO (Km/h)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2000	3.7	2.4	2.5	2.4	2.2	2.5	3.0	3.5	2.6	3.7	3.6	2.5
2001	2.2	2.7	2.0	2.5	2.1	3.1	2.8	4.3	2.7	3.2	2.7	3.0
2002	3.3	2.8	2.3	2.2	2.9	3.2	3.0	4.1	3.5	2.8	3.0	3.1
2003	2.8	2.5	2.1	2.5	2.6	2.6	3.5	3.8	3.5	3.1	2.6	3.3
2004	3.1	2.4	2.6	2.4	2.5	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2005	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2006	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	2.6	S/D	S/D	S/D
2007	2.4	3.1	2.1	2.6	2.4	3.5	3.0	2.8	3.9	2.8	2.6	3.1
2008	2.7	2.5	2.5	2.3	2.5	2.3	2.9	2.9	2.8	2.7	2.9	
2009	2.2	2.7	2.6	2.8	2.6	2.7	3.1	3.3	3.3	2.9	2.8	2.7
2010	2.7	2.9	2.7	2.5	2.6	2.8	2.9	2.7	2.8	2.5	2.6	1.5
2011	1.6	1.4	1.6	1.7	2.4	2.4	2.5	1.8	2.4	2.8	2.4	2.0
2012	2.2	2.3	2.1	1.8	1.9	2.2	2.8	2.5	2.7	1.5	1.3	2.3
2013	2.2	S/D	S/D	S/D	1.8	2.3	3.2	2.1	2.9	2.2	2.5	2.0

2014	S/D	S/D	S/D	S/D	1.6	2.6	3.3	2.4	S/D	S/D	S/D	2.0
2015	1.9	2.7	1.8	1.8	2.2	3.3	2.6	3.4	2.9	2.4	2.3	2.0
2016	2.4	1.8	2.2	1.7	1.9	2.7	3.1	3.7	2.4	2.5	2.9	2.4
Promedio	2.5	2.5	2.2	2.2	2.3	2.7	3.0	3.1	2.9	2.7	2.6	2.5

# **ANEXO 7: ESTUDIO DE SUELOS**





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

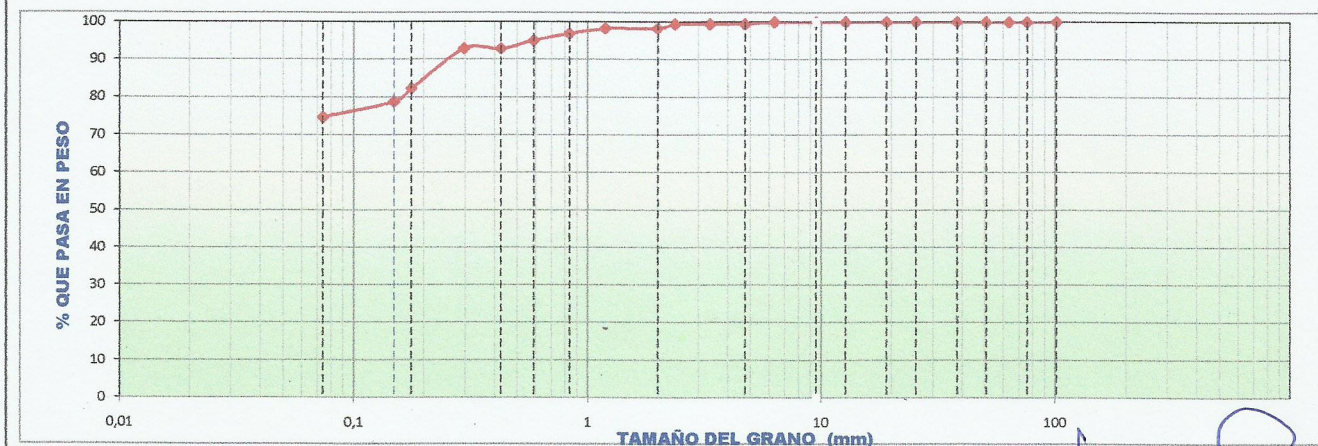
Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
 Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC. 10266305856

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)

<b>TESIS</b>	: "CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA		
<b>CALICATA</b>	: N°1- M- 1 - PROFUNDIDAD(m): 0,40 -1,20	COORDENADAS UTM: N. 9206462 E.778618	
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ		
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018	PTAR - HUACARIZ	

MALLAS SERIE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES			
4"	101,6						Numero de la Tara	S/N	
3"	76,200						Peso de la Tara	12,3	
2 1/2"	63,500						Tara + Suelo Humedo	488,8	
2"	50,800						Tara + Suelo Seco	368,2	
1 1/2"	38,100						Peso del agua	120,6	
1"	25,400						Peso del suelo neto	355,9	
3/4"	19,050						% de Humedad	33,89	
1/2"	12,700						<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b> - LÍMITE LÍQUIDO (%) : 57,17 - LÍMITE PLÁSTICO (%) : 26,68 - ÍNDICE PLASTICIDAD (%) : 30,49 - CLASIFICACIÓN SUCS : CH - CLASIFICACIÓN AASHTO : A-7-6 (24)		
3/8"	9,525								
1/4"	6,350								
N° 4	4,760	10,2	0,5	0,5	99,5				
N° 6	3,360								
N° 8	2,380								
N° 10	2,000	22,3	1,2	1,7	98,3				
N° 16	1,190								
N° 20	0,840	25,9	1,4	3,1	96,9				
N° 30	0,590	35,0	1,8	4,9	95,1				
N° 40	0,426	42,1	2,2	7,1	92,9				
N° 50	0,297								
N° 80	0,177	199,6	10,5	17,6	82,4				
N° 100	0,149	66,4	3,5	21,1	78,9				
N° 200	0,074	78,9	4,2	25,3	74,7				
-200		1.419,6	74,7						
							<b>DATOS DE LA MUESTRA</b> - PESO TOTAL (gr) : 1900,0 100,0 % - PESO GRAVA (gr) : 10,2 0,5 % - PESO ARENA (gr) : 1889,8 99,5 % - PESO FRACCION (gr) :		

### CURVA GRANULOMÉTRICA







# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución Nº 014751-2005/OSD-INDECOPI

Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor Nº C2755

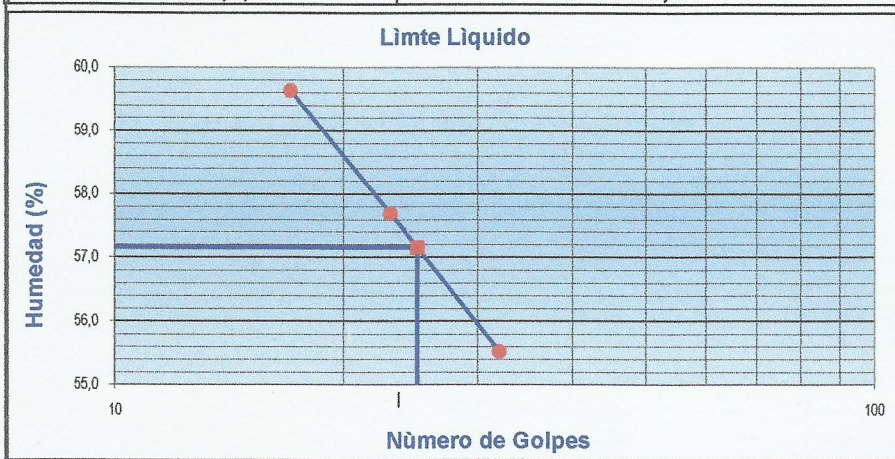
RUC. 10266305856

## LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

<b>TESIS</b>	:"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"	
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA	
<b>CALICATA</b>	: N°1 - M - 1 PROF. (m) : 0,40 -1,20	COORDENADAS UTM: N. 9206462 E.778618
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ	
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018	PTAR - HUACARIZ

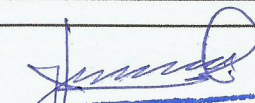
LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
	I	II	III	
Nº DE GOLPES	32	23	17	
TARA+SUELO HUMEDO	25,59	26,84	33,16	
TARA+SUELO SECO	21,58	22,27	26,82	
PESO DEL AGUA	4,01	4,57	6,34	
PESO DE LA TARA	14,36	14,35	16,19	
PESO DEL SUELO SECO	7,22	7,92	10,63	
HUMEDAD (%)	55,54	57,70	59,64	

LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
	A	B		
TARA+SUELO HUMEDO	23,05	21,97		
TARA+SUELO SECO	21,76	20,42		
PESO DEL AGUA	1,29	1,55		
PESO DE LA TARA	16,95	14,58		
PESO DEL SUELO SECO	4,81	5,84		
HUMEDAD (%)	26,82	26,54		
HUMEDAD PROMEDIO (%)	26,68			

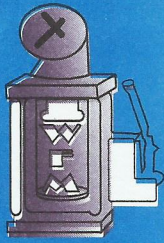


Limites de Consistencia	
Limite Liquido	57,17
Limite Plastico	26,68
Indice Plastico	30,49

Observaciones	

  
 Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI

Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755

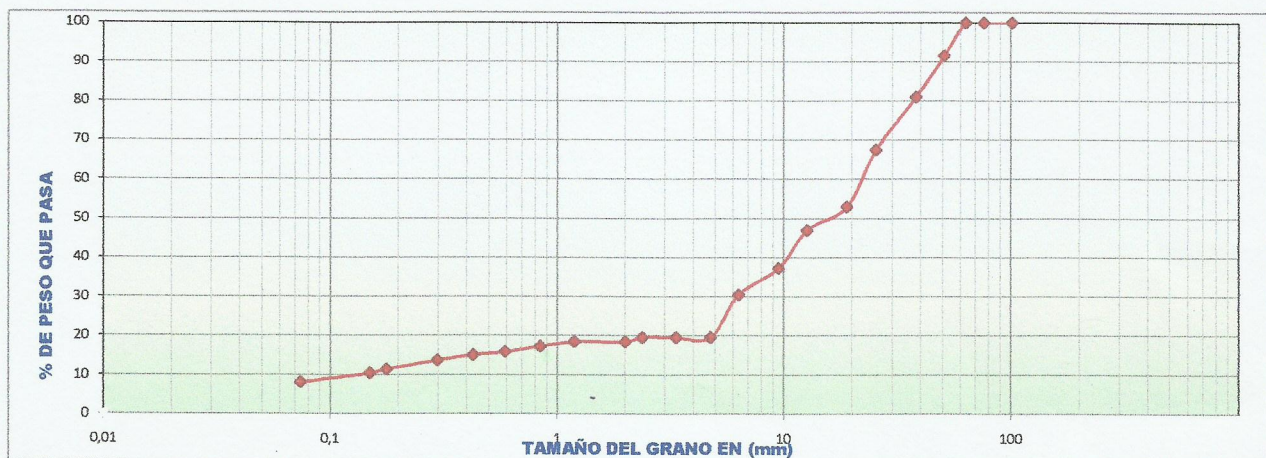
RUC. 10266305856

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)

<b>TESIS</b>	: "CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"	
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA	
<b>CALICATA</b>	: N°1- M- 2 - PROFUNDIDAD(m): 1,20 - 2,50	<b>COORDENADAS UTM:</b> N. 9206462 E.778618
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ	
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018	<b>PTAR - HUACARIZ</b>

MALLAS SERIE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES			
4"	101,6				100		Numero de la Tara	S/N	
3"	76,200	-	-	-	100,0		Peso de la Tara	8,8	
2 1/2"	63,500	-	-	-	100,0		Tara + Suelo Humedo	291,0	
2"	50,800	450,6	8,3	8,3	91,7		Tara + Suelo Seco	281,9	
1 1/2"	38,100	525,4	9,7	18,1	81,9		Peso del agua	9,1	
1"	25,400	690,6	12,8	30,9	69,1		Peso del suelo neto	273,1	
3/4"	19,050	754,9	14,0	44,8	55,2		% de Humedad	3,33	
1/2"	12,700	350,4	6,5	51,3	48,7		<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>		
3/8"	9,525	470,1	8,7	60,0	40,0		- LÍMITE LÍQUIDO (%)	:	24
1/4"	6,350	300,0	5,6	65,6	34,4		- LÍMITE PLÁSTICO (%)	:	NP
N° 4	4,760	540,3	10,0	75,6	24,4		- ÍNDICE PLASTICIDAD (%)	:	NP
N° 6	3,360						- CLASIFICACIÓN SUCS	:	GM
N° 8	2,380						- CLASIFICACIÓN AASHTO	:	A-1-a (0)
N° 10	2,000	40,2	0,7	76,3	23,7		<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
N° 16	1,190						- PESO TOTAL (gr)	:	5400,0 100,0 %
N° 20	0,840	65,7	1,2	77,6	22,4		- PESO GRAVA (gr)	:	4082,3 75,6 %
N° 30	0,590	70,6	1,3	78,9	21,1		- PESO ARENA (gr)	:	1317,7 24,4 %
N° 40	0,426	50,3	0,9	79,8	20,2		- PESO FRACCIÓN (gr)	:	
N° 50	0,297								
N° 80	0,177	135,2	2,5	83,8	16,2				
N° 100	0,149	55,9	1,0	84,8	15,2				
N° 200	0,074	140,9	2,6	87,4	12,6				
-200		678,9	12,6						

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Wilfredo R. Fernández Muñoz*  
**Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
 Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC. 10266305856

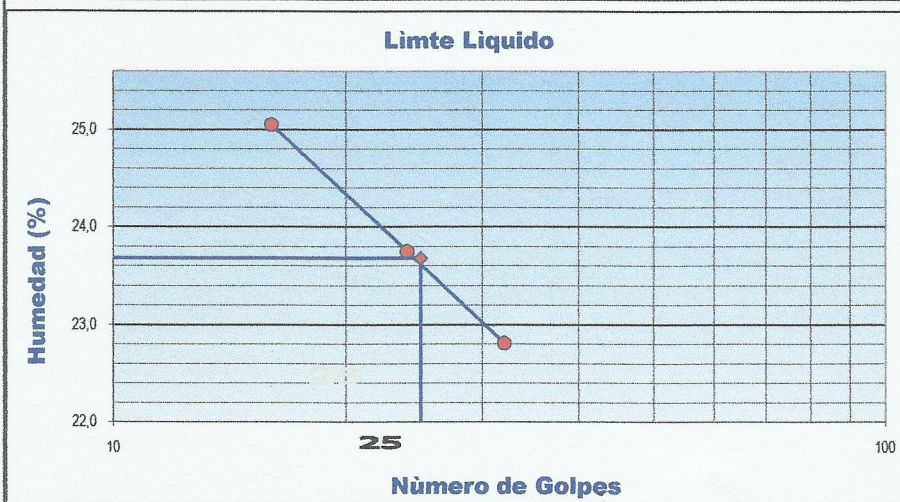
## LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

<b>TESIS</b>	:"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA		
<b>CALICATA</b>	: N°1 - M - 2	PROF. (m) : 1,20 -2,50	COORDENADAS UTM: N. 9206462 E.778618
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ		
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018	PTAR - HUACARIZ	

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N°	IV	V	VI	
<b>N° DE GOLPES</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	
TARA+SUELO HUMEDO	30,69	27,33	31,34	
TARA+SUELO SECO	28,08	24,81	28,03	
PESO DEL AGUA	2,61	2,52	3,31	
PESO DE LA TARA	16,64	14,20	14,82	
PESO DEL SUELO SECO	11,44	10,61	13,21	
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>22,81</b>	<b>23,75</b>	<b>25,06</b>	

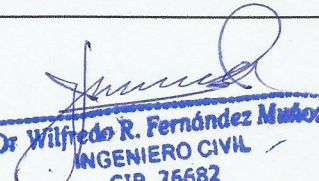
LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°				
TARA+SUELO HUMEDO				
TARA+SUELO SECO				
PESO DEL AGUA				
PESO DE LA TARA				
PESO DEL SUELO SECO				
HUMEDAD (%)				
HUMEDAD PROMEDIO (%)				

NO PLASTICO



Límites de Consistencia	
Limite Liquido	24
Limite Plastico	NP
Indice Plastico	NP

Observaciones	

  
 Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
**Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ**  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC. 10266305856

## REGISTRO DE EXCAVACION: CALICATA DE PLATAFORMA

<b>TESIS</b>	:"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA		
<b>CALICATA</b>	: N° 1	<b>PROF.</b> 2,50	<b>COORDENADAS UTM:</b> N. 9206462 E.778618
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ		
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018		<b>PTAR - HUACARIZ</b>

UBICACIÓN	CALICATA		SIMBOLOGIA	CLASIF.		CONSTANTES FISICAS			% Pasa Malla N° 200
	PERFORACION AL TIPO CIELO ABIERTO	MUESTRA		DESCRIPCION	AASHTO	SUCS	L.L.	L.P	
0,40	PT	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural)							
0,60	M-1	Presentan arcillas inorgánicas con bajo grado de compacidad, de plasticidad elevada, de color marrón oscuro a negrozco, estos suelos son muy impermeables, con resistencia a la tubificación muy alta, resistencia al cortante baja a media, susceptibilidad al agrietamiento de mediana, susceptibilidad a la licuación muy baja, manejabilidad muy pobre. No se encontró nivel freático		A-7-6(24)	CH	57,17	26,68	30,49	74,6
0,80									
1,20									
1,40	M-2	Formado por gravas limosas mezclas mal graduadas de grava, arena de color marrón claro, estos suelos son permeables con resistencia a la tubificación alta a media, resistencia a la cortante alta, la compresibilidad es baja, susceptibilidad al agrietamiento de mediano a alto a la licuación media si mal compactados, manejabilidad es buena. No se encontró nivel freático		A-1a(0)	GM	24	NP	NP	12,6
1,80									
2,00									
2,20									
2,30									
2,50	MUESTRA EXTRAIDA								

*Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz*  
**Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI

Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755

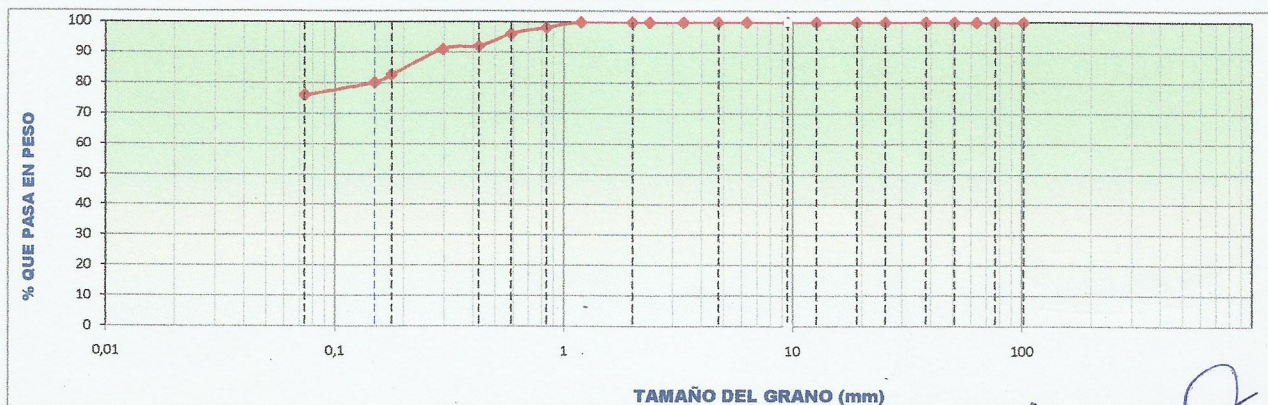
RUC. 10266305856

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)

<b>TESIS</b>	: "CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA		
<b>CALICATA</b>	: N°2- M- 1 - PROFUNDIDAD(m): 0,40 -1,00	<b>COORDENADAS UTM:</b> N. 9205344 E.779289	
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ		
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018		

MALLAS SERIE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES			
4"	101,6						Numero de la Tara	S/N	
3"	76,200						Peso de la Tara	15,6	
2 1/2"	63,500						Tara + Suelo Humedo	563,9	
2"	50,800						Tara + Suelo Seco	420,6	
1 1/2"	38,100						Peso del agua	143,3	
1"	25,400						Peso del suelo neto	405,0	
3/4"	19,050						% de Humedad	35,38	
1/2"	12,700						<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b> - LÍMITE LÍQUIDO (%) : 66,89 - LÍMITE PLÁSTICO (%) : 32,56 - ÍNDICE PLASTICIDAD (%) : 34,33 - CLASIFICACIÓN SUCS : CH - CLASIFICACIÓN AASHTO : A-7-5 ( 29 )		
3/8"	9,525								
1/4"	6,350								
N° 4	4,760	-	-	-	100,0				
N° 6	3,360								
N° 8	2,380								
N° 10	2,000	1,2	0,1	0,1	99,9				
N° 16	1,190								
N° 20	0,840	32,8	1,7	1,8	98,2				
N° 30	0,590	41,9	2,2	3,9	96,1				
N° 40	0,426	78,7	4,1	8,0	92,0		<b>DATOS DE LA MUESTRA</b> - PESO TOTAL (gr) : 1940,2 100,0 % - PESO GRAVA (gr) : 0,0 0,0 % - PESO ARENA (gr) : 1940,2 100,0 % - PESO FRACCIÓN (gr) :		
N° 50	0,297								
N° 80	0,177	160,8	8,3	17,3	82,7				
N° 100	0,149	50,6	2,6	19,9	80,1				
N° 200	0,074	80,1	4,1	24,0	76,0				
-200		1.474,1	76,0						

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Wilfredo R. Fernández Muñoz*  
**Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

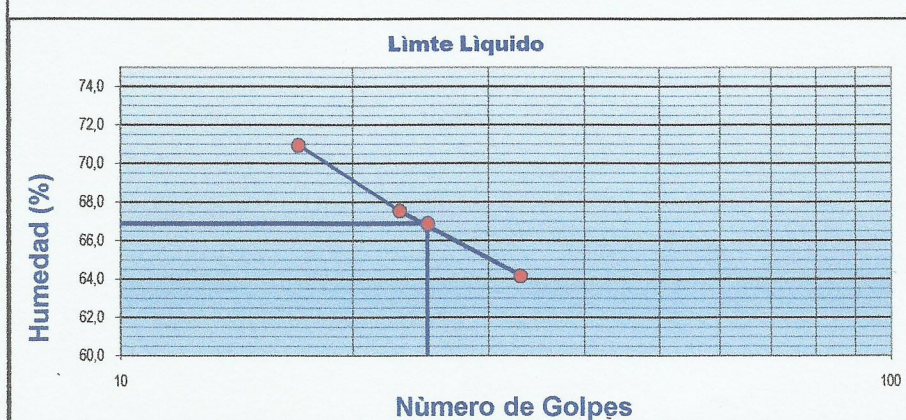
Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
 Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC. 10266305856

## LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

<b>TESIS</b>	:"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA		
<b>CALICATA</b>	: N° 2 - M - 1	PROF. (m) :0,40 - 1,00	COORDENADAS UTM: N. 9205344 E.779289
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ		
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018		

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N°	VII	VIII	IX	
N° DE GOLPES	33	23	17	
TARA+SUELO HUMEDO	35,01	37,99	34,74	
TARA+SUELO SECO	26,89	29,72	26,36	
PESO DEL AGUA	8,12	8,27	8,38	
PESO DE LA TARA	14,24	17,48	14,55	
PESO DEL SUELO SECO	12,65	12,24	11,81	
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>64,19</b>	<b>67,57</b>	<b>70,96</b>	

LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°	I	II		
TARA+SUELO HUMEDO	19,12	19,54		
TARA+SUELO SECO	18,44	19,11		
PESO DEL AGUA	0,68	0,43		
PESO DE LA TARA	16,35	17,79		
PESO DEL SUELO SECO	2,09	1,32		
<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>32,54</b>	<b>32,58</b>		
<b>HUMEDAD PROMEDIO (%)</b>	<b>32,56</b>			

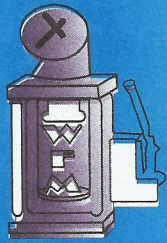


Límites de Consistencia	
<b>Límite Líquido</b>	<b>66,89</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>32,56</b>
<b>Índice Plástico</b>	<b>34,33</b>

Observaciones	

Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI

Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755

RUC. 10266305856

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (AASHTO T-27 ASTM D 422)

**TESIS** : "CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"

**UBICACIÓN** : DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA

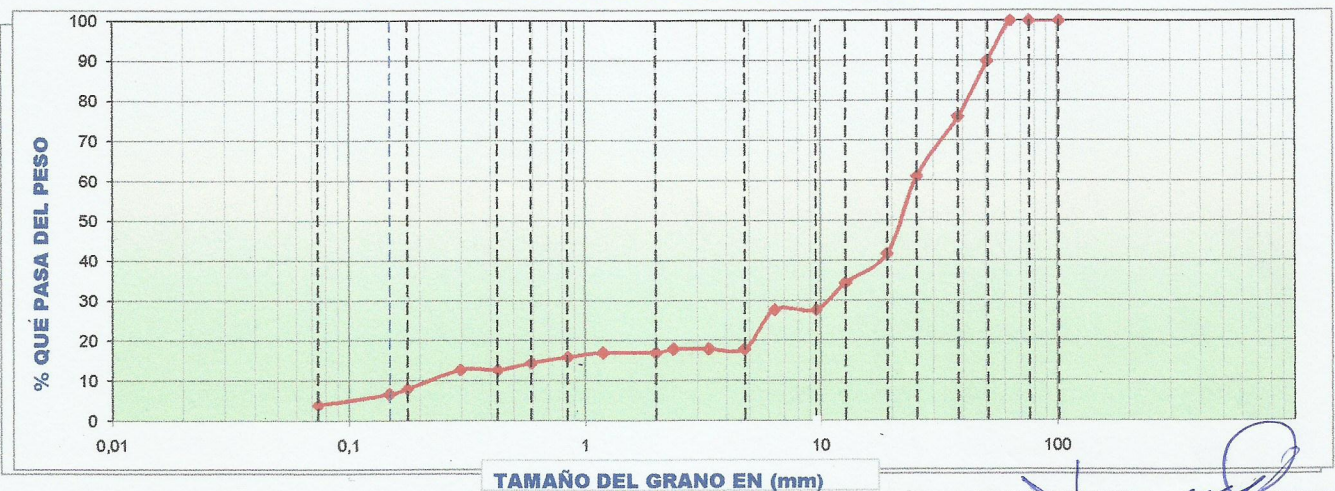
**CALICATA** : N°2- M- 2 - PROFUNDIDAD(m): 1,00 - 2,50 **COORDENADAS UTM:** N. 9205344 E.779289

**TESISTA** : BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ

**FECHA** : ENERO DEL 2018

MALLAS SERIE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM 422						CONTENIDO DE HUMEDAD		
	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RET. PARCIAL (%)	RET. ACUMUL. (%)	PASA (%)	ESPECIFICACIONES			
4"	101,6						Numero de la Tara	S/N	
3"	76,200						Peso de la Tara	10,3	
2 1/2"	63,500				100,0		Tara + Suelo Humedo	470,2	
2"	50,800	325,0	7,5	7,5	92,5		Tara + Suelo Seco	461,0	
1 1/2"	38,100	590,1	13,7	21,2	78,8		Peso del agua	9,2	
1"	25,400	498,0	11,5	32,7	67,3		Peso del suelo neto	450,7	
3/4"	19,050	810,6	18,8	51,5	48,5		% de Humedad	2,03	
1/2"	12,700	510,5	11,8	63,3	36,7		<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b> - LÍMITE LÍQUIDO (%) : 26,00 - LÍMITE PLÁSTICO (%) : NP - ÍNDICE PLASTICIDAD (%) : NP - CLASIFICACIÓN SUCS : GP - CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a (0)		
3/8"	9,525	280,0	6,5	69,8	30,2				
1/4"	6,350								
N° 4	4,760	390,5	9,0	78,8	21,2				
N° 6	3,360								
N° 8	2,380								
N° 10	2,000	38,4	1,1	79,9	20,1				
N° 16	1,190								
N° 20	0,840	44,1	1,3	81,2	18,8				
N° 30	0,590	62,3	1,8	83,1	16,9				
N° 40	0,426	71,0	2,1	85,2	14,8		<b>DATOS DE LA MUESTRA</b> - PESO TOTAL (gr) : 4320,0 100,0 % - PESO GRAVA (gr) : 3404,7 78,8 % - PESO ARENA (gr) : 915,3 21,2 % - PESO FRACCIÓN (gr)		
N° 50	0,297								
N° 80	0,177	197,2	5,8	90,9	9,1				
N° 100	0,149	58,6	1,7	92,7	7,3				
N° 200	0,074	108,7	3,2	95,9	4,1				
-200		335,0	9,8						

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Wilfredo R. Fernández Muñoz*  
 Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI  
 Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ  
 Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755  
 RUC. 10266305856

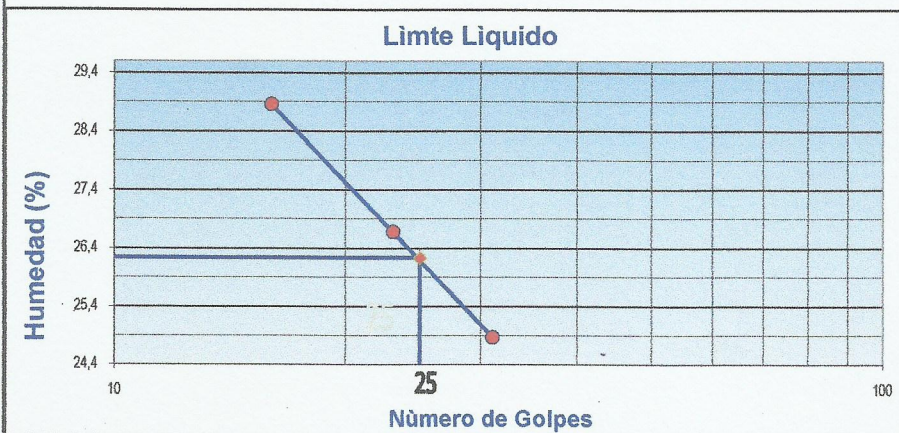
## LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA AASHTO T - 90 - ASTM D 4318)

<b>TESIS</b>	:"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA		
<b>CALICATA</b>	: N°2 - M - 2 PROF. (m) : 1,00 -2,50 COORDENADAS UTM: N. 9205344 E.779289		
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ		
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018		

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423				
TARA N°	X	XI	XII	
N° DE GOLPES	31	23	16	
TARA+SUELO HUMEDO	26,64	29,91	39,06	
TARA+SUELO SECO	23,49	26,71	34,62	
PESO DEL AGUA	3,15	3,20	4,44	
PESO DE LA TARA	10,83	14,72	19,24	
PESO DEL SUELO SECO	12,66	11,99	15,38	
HUMEDAD (%)	24,88	26,69	28,87	

LIMITE PLASTICO ASTM D-424				
TARA N°				
TARA+SUELO HUMEDO				
TARA+SUELO SECO				
PESO DEL AGUA				
PESO DE LA TARA				
PESO DEL SUELO SECO				
HUMEDAD (%)				
HUMEDAD PROMEDIO (%)				

NO PLASTICO



Límites de Consistencia	
<b>Límite Líquido</b>	26
<b>Límite Plástico</b>	NP
<b>Índice Plástico</b>	NP

Observaciones	

Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682





# Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos

Estudios Geológicos, Hidrológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos, Impacto Ambiental y Análisis Químicos

Resolución N° 014751-2005/OSD-INDECOPI

Dr. WILFREDO R. FERNÁNDEZ MUÑOZ

Ing. Civil C.I.P. 26682 - Reg. de Consultor N° C2755

RUC. 10266305856

## REGISTRO DE EXCAVACION: CALICATA DE PLATAFORMA

<b>TESIS</b>	:"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ"		
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. CAJAMARCA, PROV. CAJAMARCA, DPTO CAJAMARCA		
<b>CALICATA</b>	: N° 2	PROF. 2,50	
<b>TESISTA</b>	: BACH. VIVIEN LIZBETH CORTEZ GÁLVEZ		
<b>FECHA</b>	: ENERO DEL 2018		

UBICACIÓN	CALICATA		SIMBOLOGIA	CLASIF.		CONSTANTES FISICAS			% Pasa Malla N° 200
	PERFORACION AL TIPO CIELO ABIERTO	MUESTRA		DESCRIPCION	AASHTO	SUCS	L.L.	L.P	
0,40	PT	Material orgánico de color marrón oscuro con cobertura vegetal (pasto natural)							
0,60	M-1	Presentan arcillas inorgánicas con bajo grado de compacidad de plasticidad elevada , de color marrón oscuro a negruzco, estos suelos son muy impermeables, con resistencia a la tubificación muy alta, resistencia al cortante baja a media, susceptibilidad al agrietamiento mediana, susceptibilidad a la licuación muy baja, manejabilidad muy pobre .		A-7-5(29)	CH	66,89	32,56	34,33	76
1,00									
1,40	M-2	Está formado por gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena de color plomo claro estos suelos son permeables a muy permeable, con resistencia alta a media a la tubificación, y a la cortante alta, de baja comprensibilidad siempre y cuando hayan sido colocados y compactados adecuadamente , no susceptible al agrietamiento, no susceptibles a la licuación cuando están bien compactados, manejabilidad muy buena.No se encontró nivel freático		A-1-a(0)	GP	26,00	NP	NP	4,1
1,60									
1,80									
2,00									
2,20									
2,30									
2,50		MUESTRA EXTRAIDA							

Dr. Wilfredo R. Fernández Muñoz  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 26682



# **ANEXO 8: ENCUESTAS**

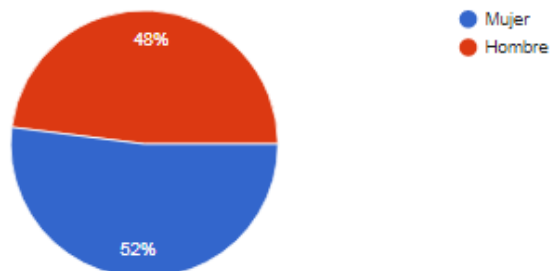


# CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ

## Opinión de los pobladores de la ciudad de Cajamarca

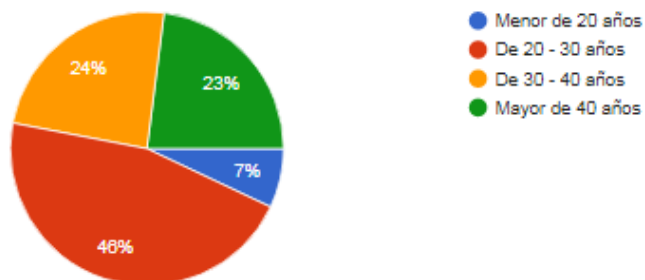
### 1. Sexo

100 respuestas



### 2. Edad

100 respuestas



### 3. Su dirección actual es:

100 respuestas

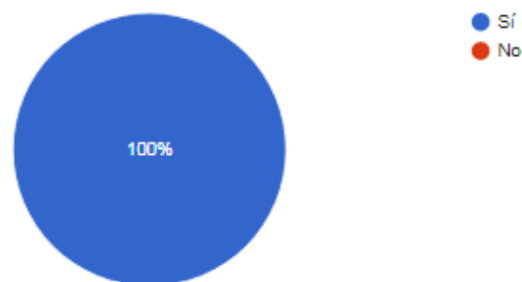
Jr. Progreso urb. Cajamarca	Avenida universitaria#420
Av. Hoyos Rubio 1882	Jr.Los Eucaliptos 273
JR.PROGRESO E-7 URB CAJAMARCA	Cajamarca, Barrio pueblo Libre
Pasaje san juan 131	Jr chanchamyo # 1311
URB. DOCENTE H-3	Cajamarca
Jr. PROGRESO 610	Jr. San Pablo
Pasaje Javier Heraud 105 Urb. Alameda	Jr sullana 121
Jr. Chanchamayo	Av. Hoyos Rubio 1872

Pasaje los jazminez 217	Jr. El inca 197
Belgica	Av. Mártires de Uchuraccay 1030, Cajamarca
jr.urrelo 509	Jr. Los Nogales 326
Av hoyos rubio 670	Jr. Angamos 730
Jr huandoy	JR progreso 169
psj. Las Almendras 120	Urb el ingenio jr olivos 119
Psj. Los Santos 140	JR. BELEN 254
Jr Huanuco 100	Jr chepen 1055
Av el Maestro 545	Jiron portugal manzana B1 lote6
Psj. Atahualpa 425	jr. Contamana 266
Av. San Martin N 927- Cajamarca	Jr. Loreto 359
Jr Bélgica #239	Av Nuevo Cajamarca 140
Av San Martín 1562	jr, La Historia #262, Cajamarca
av. la paz 925	Av Vía de Evitamiento 2390
Jr. Jose Sabogal 120	Jr. Conquistadores 398, Cajamarca
Libertadores	Av. Mártires de Uchuraccay 2254
Jr piura 204	Av Héroes del Cenepa 1398
Jr: Sullana 230	Jr. Huancayo 246
Jr. Ancash 237	Jr. Belaunde Terry 159, Cajamarca
AV Hoyos Rubio 530	Jirón Puno 257
Jr. Ancash 237	Jirón CHEPEN # 511
Jr. Eduardo Rodriguez 337	Jr Zoilo Leon Ordoñez 150
Centro poblado otuzco Mz C-55	Rafael Olascoaga 133
Jr. Hoyos Rubio 1632	Av. San Martin de Porres 580
psj colon 122	Av. Martires de Uchuracay 280
Los Gladiolos 254	Av via de evitamiento sur 1012
jr tupac amaru 132	andes 361
Jirón Los Próceres, 211	juan beato macias 305
Av. La Paz 720	Jiron Gladiolos 163
v. La Paz 320	Pasaje Paraiso SN
JR SILVA SANTISTEBAN 196	AV. NUEVA CAJAMARCA 980
JR COMERCIO 650	Pje Libertad 186, Cajamarca
Jr. San martin 540	Psje, Ciro Alegria 221, Cajamarca
Jr. Reyna Farge 130	Jr, Huánuco 2635
Jr Bolognesi N° 530	CAMILO BLAS 364
Av Hoyos Rubio # 1702	MARIA MANDALENGOITIA C-26
Jiron Baños del inca 131	JIRON PIEDRA DE LA LUNA N°186

AV. VIA DE EVITAMIENTO SUR #2020	AV VIA DE EVITAMIENTO SUR 2014
AV. SAN MARTIN DE PORRES N°1710	AV. MARTIRES DE UCHURACAY 1640
JR LA MOSQUETA N°460	AV MARITRES DE UCHURACAY 1502
AV. HEROES DEL CENEPA #560	JR. JUAN BEATO MESIAS 660
JR LOS CONQUISTADORES 410	AV VIA DE EVITAMIENTO SUR 1980

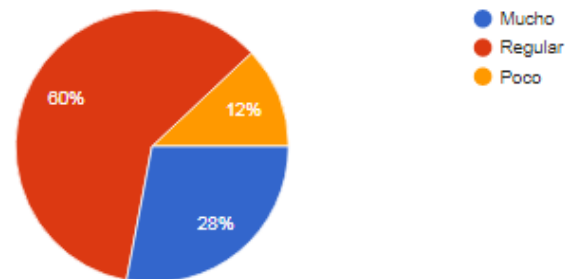
4. ¿Su vivienda tiene conexión al sistema de alcantarillado? (si la respuesta es no, pase a la pregunta 7)

100 respuestas



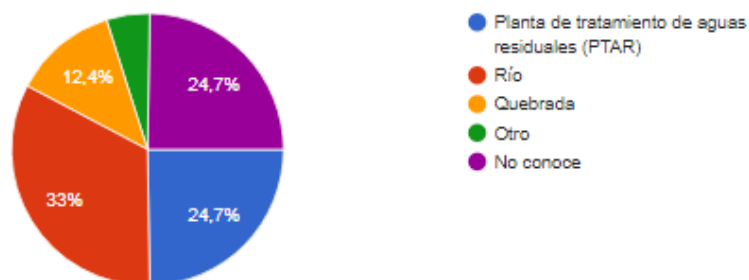
5. ¿Estas satisfecho por el servicio de desagüe?

100 respuestas



6. ¿Conoce cuál es la disposición final de las aguas residuales de la red de alcantarillado? (pase a la pregunta 8)

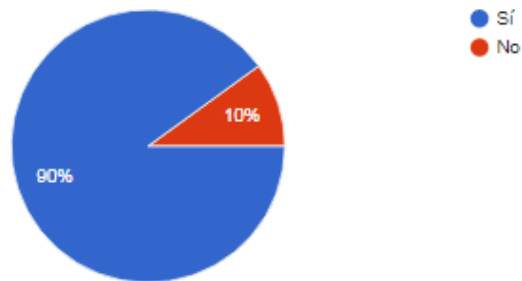
97 respuestas





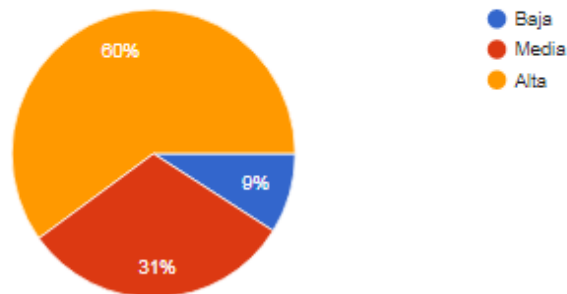
## 8. ¿Te preocupas por el tratamiento del agua residual?

100 respuestas



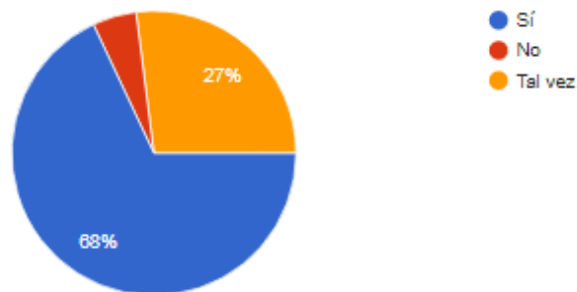
## 9. ¿Para usted cual es la importancia del proceso de tratamiento de las aguas residuales?

100 respuestas



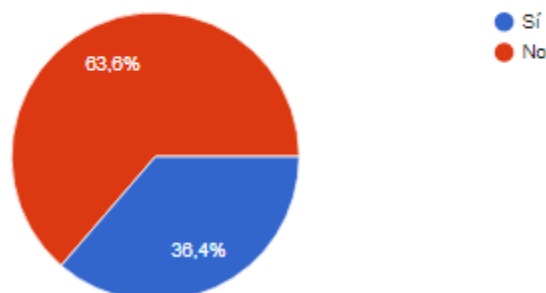
## 10. ¿Estaría dispuesto a participar de una mejora de la disposición de las aguas residuales de su ciudad?

100 respuestas



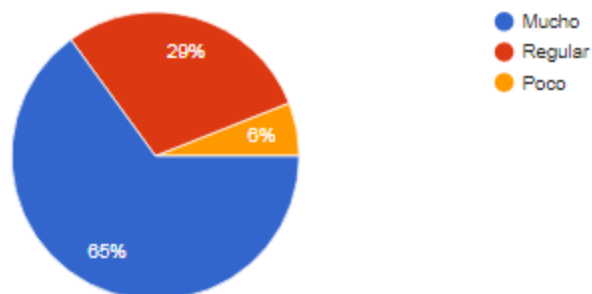
## 11. ¿Conoces alguna tecnología que ayude al tratamiento del agua?

99 respuestas



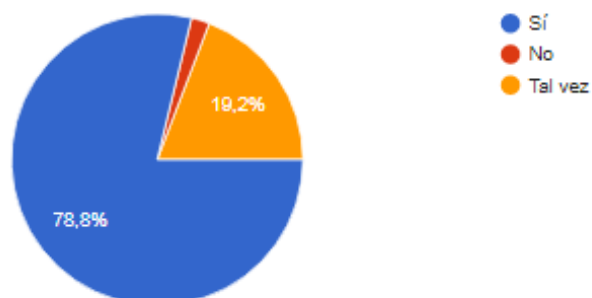
12. Se viene desarrollando un proyecto de tratamiento de las aguas residuales para devolver al río Mashcon un agua descontaminada que traería beneficios a la población, ya que la contaminación afecta entre otros su salud y la de su familia. ¿Qué valor tomaría para usted el proyecto antes mencionado?

100 respuestas



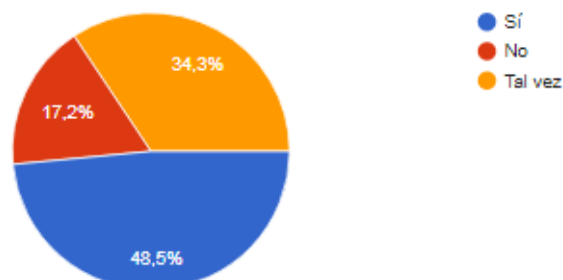
13. ¿Le preocupa realmente el problema de contaminación del río Mashcon, teniendo en cuenta que dichas aguas son canalizadas por pobladores de las zonas para el riego de sus cultivos y posteriormente en algunos casos puestos en los mercados para el consumo de la población?

99 respuestas



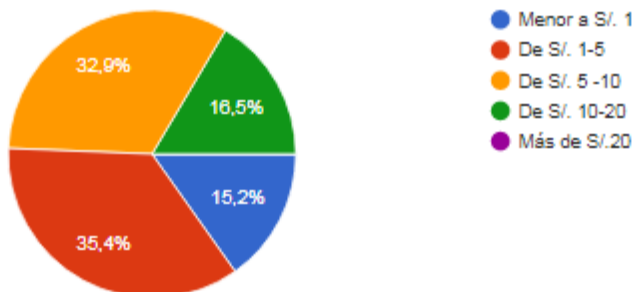
14. Considerando los beneficios que implica la construcción de la PTAR, ¿Estaría dispuesto a contribuir con una aportación económica mensual adicional a la que actualmente hace por el servicio de agua y desagüe, para el mantenimiento de dicha estructura? (si su respuesta es no pase a la pregunta 17)

99 respuestas



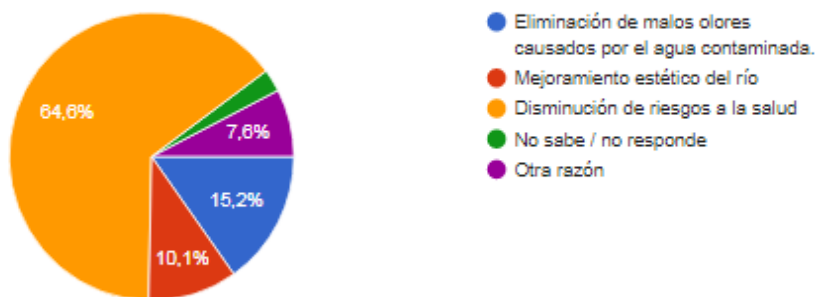
### 15. ¿Cuál es el valor máximo que su hogar estaría dispuesto a pagar mensualmente para la operación y mantenimiento de la PTAR?

79 respuestas



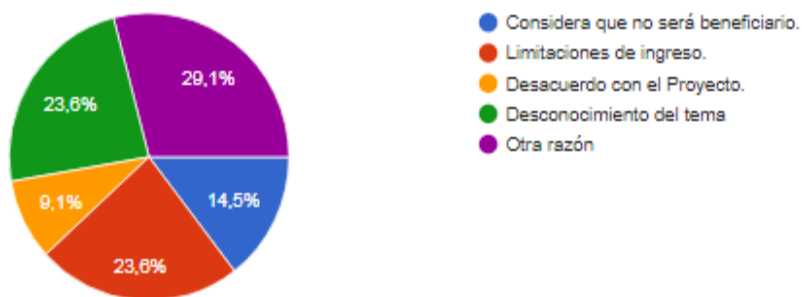
### 16. ¿Por qué está dispuesto a pagar por este proyecto?

79 respuestas



### 17. ¿Cuál es el motivo principal por la cual no estaría dispuesto a pagar?

55 respuestas



# **ANEXO 9: OPINIÓN DE PRESELECCIÓN**



# CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ

## PRESELECCION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Previa caracterización físico-químico y bacteriológica de las aguas descargadas del colector “La Victoria”, se obtiene que los valores promedio de los parámetros que se han evaluado son: T (22.7C°), pH (7.89), DBO5 (409.93 mg/l), DQO (1037.70 mg/l), SST (408.76 mg/l), Aceites y Grasas (103.29 mg/l) y Coliformes Termotolerantes (7.04E+08 NMP/100ml).

Teniendo en cuenta que se pretende dar una propuesta de tratamiento de dichas aguas, con el fin de poderlas reutilizar para riego de cultivos si fuera posible; y entre los sistemas más conocidos propuestos se encuentran los siguientes:

Tratamiento Secundario	
1	Lodos activos
2	Filtro Percolador
3	Biodiscos
4	Reactor Anaerobio de flujo ascendente
5	Laguna aerobia
6	Laguna anaerobia
7	Laguna facultativa
8	Lagunas de Maduración
9	Humedales
10	Otros

**La alternativa más óptima sería: Lodos activados**

### Justificación:

- i. **Por la eficiencia de Remoción:** Garantiza una remoción de carga física, química y biológica, por ser planta de tratamiento de concepción moderna, que contempla procesos de tratamiento afín a las condiciones de agua residual a tratar.
- ii. **Por la vulnerabilidad a los estándares de vertimiento:** Presenta una gama de alternativas en el proceso de toma de decisiones según el monitoreo de efluentes; lo que no presentan otros sistemas por ser autónomas e indiferentes al monitoreo técnico.
- iii. **Por operatividad (Grado de mecanización, complejidad del sistema):** Sistema complejo y de alta mecanización, garantiza una tecnificación en el campo de tratamiento de aguas residuales en la región dentro y fuera del país, la opinión considera que es un beneficio técnico – académico – laboral – económico, contar con especializaciones al respecto.
- iv. **Por Costos de inversión y operación:** Inversión garantizada, por la rigidez que va tomando la legislación ambiental, no debemos ver más allá de los impactos y sanciones que se han generado en nuestro país y en Cajamarca, para prever sistemas más eficientes, modernos y con alternativas de autosustentabilidad, Los costos de operatividad, se pudieran enmarcar en la idea anterior. - ¿Cuánto pagamos por telefonía móvil y cuanto por m<sup>3</sup> de agua utilizada? -

  
ROBER VLADIMIR ESPINOZA PÉREZ  
INGENIERO HIDRÁULICO  
Reg. CIP N° 124199

# **ANEXO 10: PANEL FOTOGRAFICO**



## PANEL FOTOGRAFICO



FOTO 01: Reconocimiento de la zona - Descarga de aguas servidas al Rio Mashcón



FOTO 02: Reconocimiento de la zona - Area de Sedacaj destinada a la construccion de la PTAR



FOTO 03: Reconocimiento de la zona - Identificacion de Buzones colector Victoria



FOTO 04: Reconocimiento de la zona - Toma de coordenadas puntos clave



FOTO 05: Aforo - Medicion de progresivas y tirantes



FOTO 06 Aforo - Medicion de tiempos - metodo de flotador



FOTO 07: Acondicionamiento de equipo de muestreo



FOTO 08: Muestreo - Extracción de la muestra





FOTO 09: Extracción de la muestra para medición de parámetros in-situ



FOTO 10: Medición de parámetros in situ



FOTO 11 Extracción de la muestra



FOTO 12 Extracción de la muestra



FOTO 13 Muestreo - Codificación de muestras



FOTO 14 Preservación de Muestras



FOTO 15 Llenado de las hojas de control - Datos de Campo y Cadena de Custodia



FOTO 16 Transporte de las muestras a laboratorio





FOTO 17 Ensayo de Aceites y Grasas



FOTO 18 Ensayo de Sólidos Suspendidos Totales



FOTO 19 Ensayo de Demanda Química de Oxígeno



FOTO 20 Ensayo de Demanda Biológica de Oxígeno



FOTO 21 Ensayo de Coliformes Termotolerantes



FOTO 22 Comprobación de los ensayos en el laboratorio UNC



FOTO 23 Comprobación en el laboratorio UNC - ensayo para Aceites y Grasas

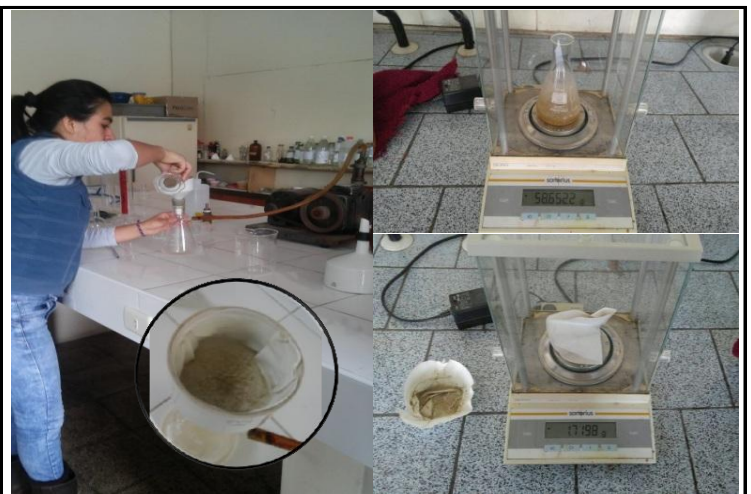
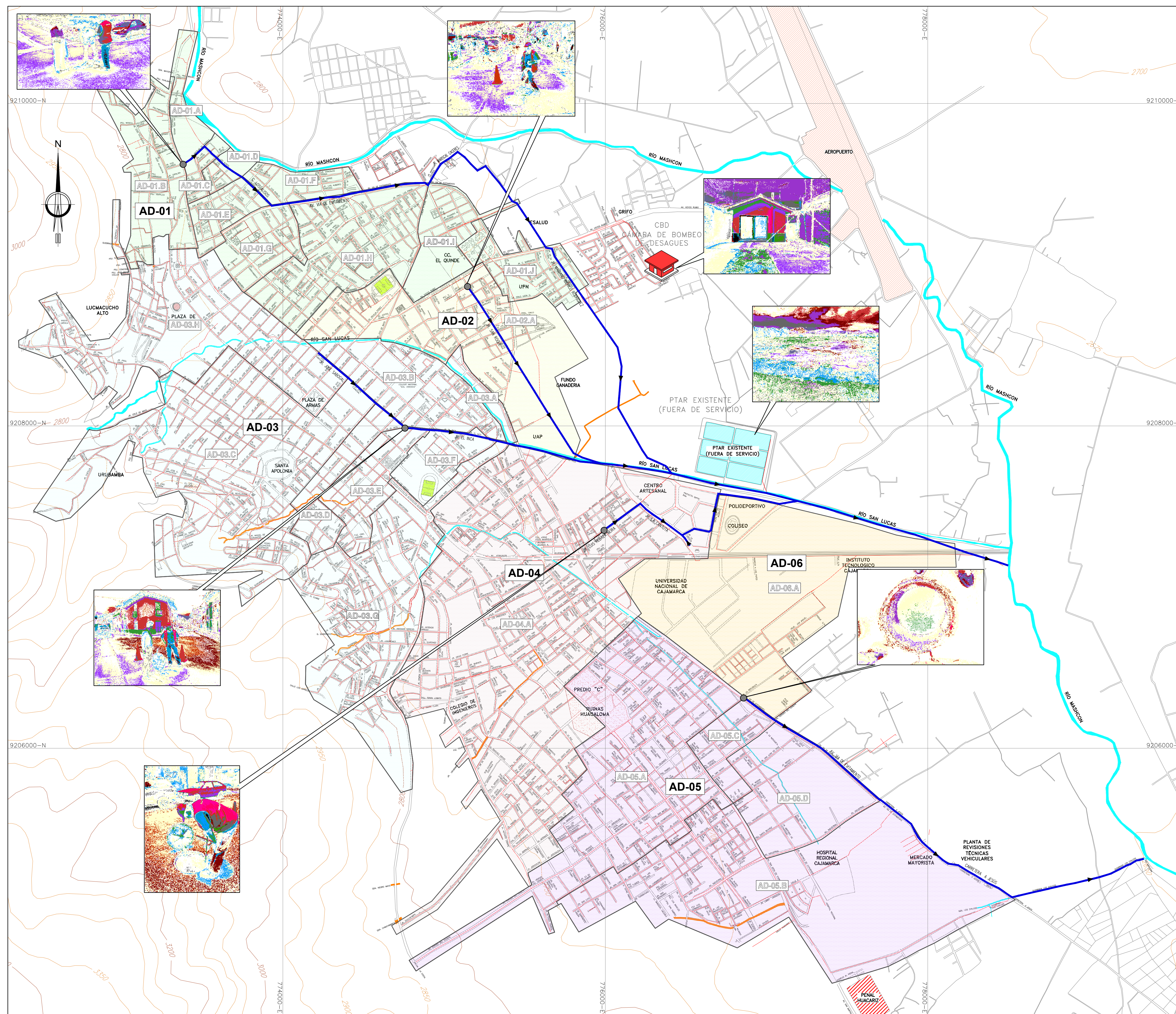


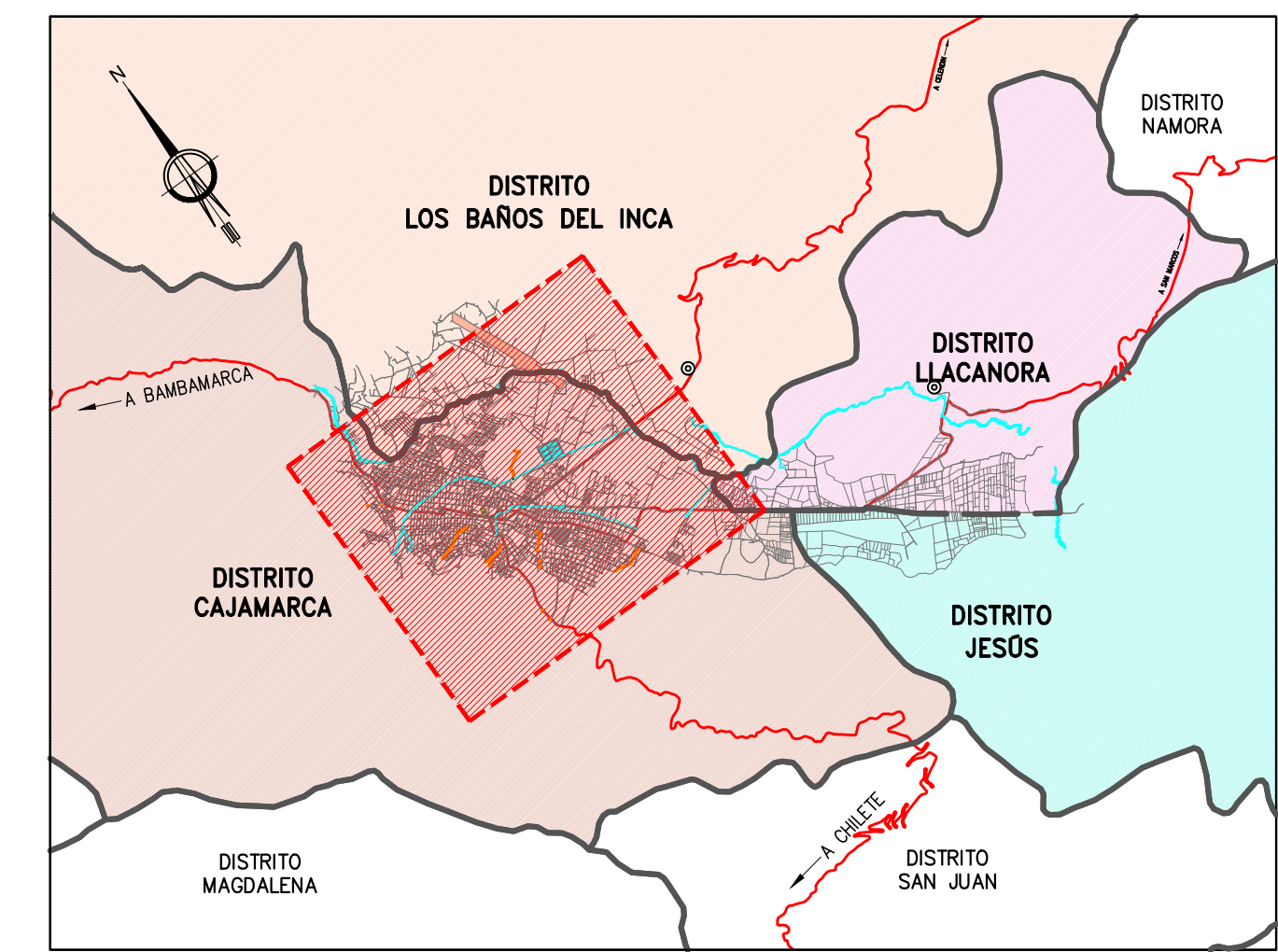
FOTO 24 Comprobación en el laboratorio UNC - Anotación de Resultados

# **ANEXO 11: PLANOS**





**PLANTA GENERAL**  
ESC. 1/12,500

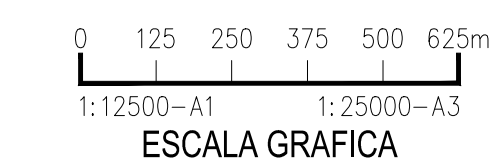


**UBICACIÓN DISTRITAL**  
S/E

ÁREAS DE DRENAJE SITUACIÓN SIN PROYECTO						
Área de drenaje	Sub-Área de drenaje	Área (m <sup>2</sup> )	Población 2007	Caudal (lps) Año 2015	Caudal (lps) Año 2017	Caudal (lps) Año 2037
AD-01	AD-01.A	105979.52	674	2.06	2.32	4.12
	AD-01.B	367138.75	2640	8.09	9.09	16.15
	AD-01.C	52106.70	997	3.05	3.43	6.10
	AD-01.D	49592.59	1133	3.47	3.90	6.93
	AD-01.E	118610.14	2490	7.63	8.57	15.23
	AD-01.F	121359.85	1904	5.83	6.56	11.65
	AD-01.G	187515.92	5469	16.75	18.83	33.45
	AD-01.H	551296.41	9877	30.25	34.01	60.41
	AD-01.I	212693.21	2259	6.92	7.78	13.82
	AD-01.J	212324.25	4623	14.16	15.92	28.28
	AD-02	AD-02.A	885686.14	6625	20.29	22.81
AD-03	AD-03.A	54755.80	593	1.82	2.04	3.63
	AD-03.B	371832.50	5261	16.11	18.12	32.18
	AD-03.C	1481598.10	15225	46.63	52.43	93.12
	AD-03.D	175875.30	2400	7.35	8.26	14.68
	AD-03.E	218085.60	5838	17.88	20.10	35.71
	AD-03.F	155561.80	1547	4.74	5.33	9.46
	AD-03.G	927149.00	10514	32.20	36.21	64.31
	AD-03.H	954485.50	9569	29.31	32.95	58.53
AD-04	AD-04.A	2740120.60	25881	79.26	89.12	158.29
AD-05	AD-05.A	1253497.10	8329	25.51	28.68	50.94
	AD-05.B	1579665.00	8042	24.63	27.69	49.19
	AD-05.C	153378.70	1922	5.89	6.62	11.76
AD-06	AD-06.A	452749.34	2483	7.60	8.55	15.19
	AD-06.A	1254579.50	2084	6.38	7.18	12.75

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
AD-01	ÁREA DE DRENAJE-01 (SUB ÁREAS)
AD-02	ÁREA DE DRENAJE-02 (SUB ÁREAS)
AD-03	ÁREA DE DRENAJE-03 (SUB ÁREAS)
AD-04	ÁREA DE DRENAJE-04 (SUB ÁREAS)
AD-05	ÁREA DE DRENAJE-05 (SUB ÁREAS)
AD-06	ÁREA DE DRENAJE-06 (SUB ÁREAS)

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RÍO
	QUEBRADA
	MANZANEO
	COLECTORES EXISTENTES
	RED DE ALCANTARILLADO EXISTENTE
	PUNTO DE DESCARGA EXISTENTE



REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN Y APROBACIÓN INTERNA	FUENTE
A	ENE-15	REVISIÓN INTERNA	HC&A	CARTA NACIONAL (IGN)
B	ENE-20	MEJORA DE SUB TÍTULOS POR INDICACIÓN DE SEDACAJ	S. MEZA	CATASTRO DE LA MUNICIPALIDAD DE CAJAMARCA
C	MAR-05	DOCUMENTO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	HC&A	PLANO DE ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA (SEDACAJ)
D	JUN-27	DOCUMENTO ACTUALIZADO POR HC&A PARA REINICIO DEL ESTUDIO	S. MEZA	
E	ENE-08	DOCUMENTO PARA APROBACION DEL CLIENTE, REINICIO DEL ESTUDIO 09 DIC 2015	S. MEZA	

**E.P.S. SEDACAJ S.A.**  
 EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE CAJAMARCA - SOCIEDAD ANÓNIMA

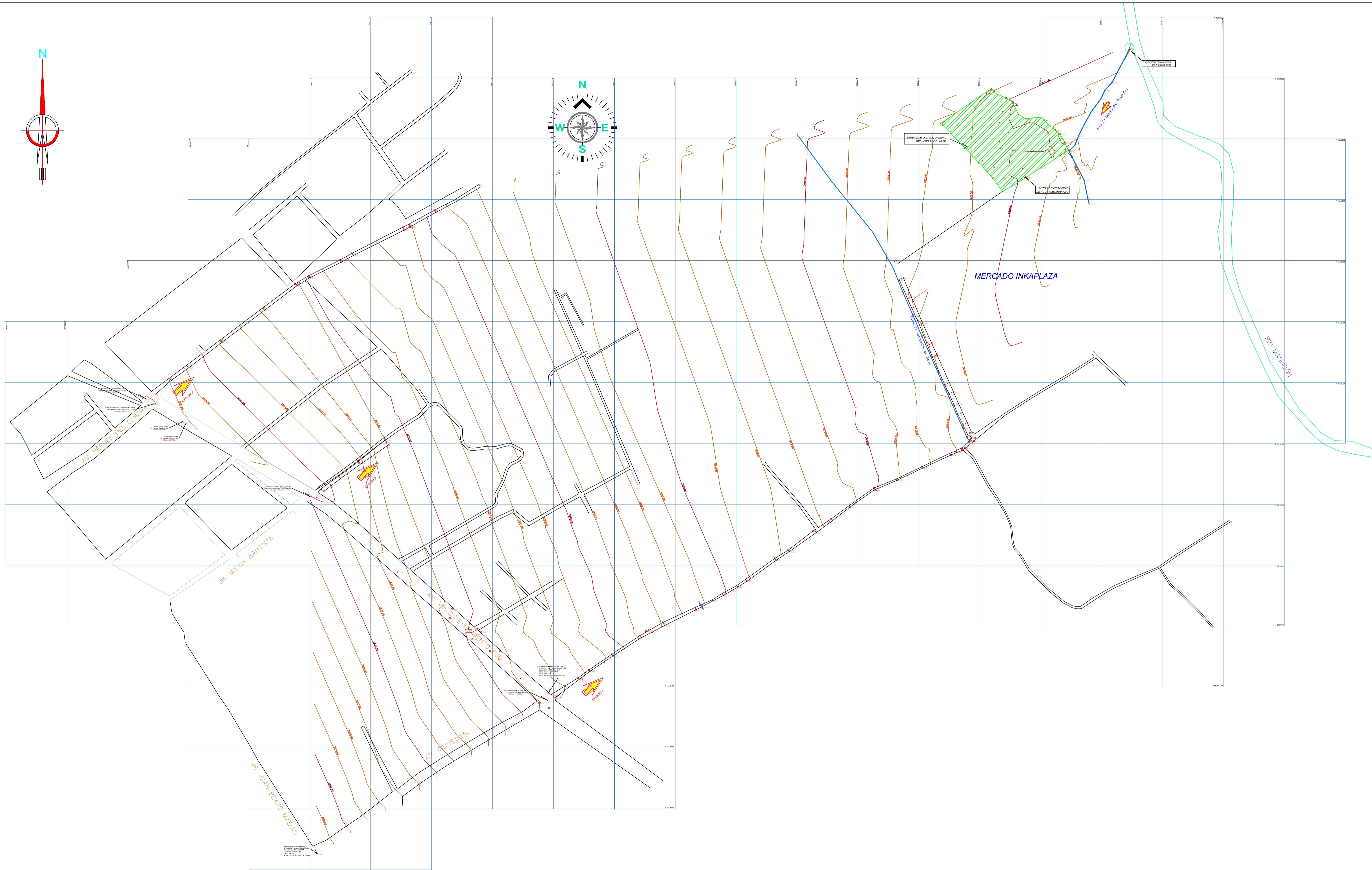
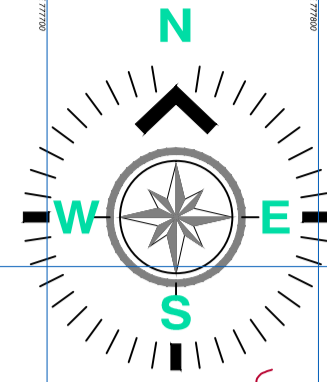
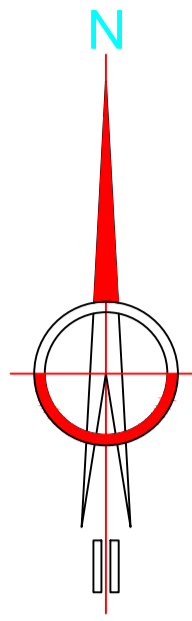
APROBADO:

CONSORCIO:  
**HC & ASOCIADOS**  
**Topocad Ingenieros S.R.L.**  
 Consultora de Obras  
 Reg. C6582

APROBACIÓN	ING. H. CAMPUZANO
REVISIÓN	ING. S. MEZA
DISÑO	J. PÉREZ J. RÍOS
DIBUJO	A. OREJÓN
FECHA	ENERO 2016

PERFIL DEL PROYECTO	
<b>AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA</b>	
NOMBRE DE PLANO:	
<b>ALCANTARILLADO</b>	
<b>ÁREAS DE DRENAJE 2015</b>	
ESCALA:	CÓDIGO DE PLANO:
INDICADA	<b>313.011-SRC-SA-120-001</b>
REV.	





REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN Y APROBACIÓN INTERNA	FUENTE
A	ENE-15	REVISIÓN INTERNA	HC&A	SEDACAJ
B	ENE-20	MEJORA DE SUB TÍTULOS POR INDICACIÓN DE SEDACAJ	S. MEZA	
C	MAR-05	DOCUMENTO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	HC&A	
D	JUN-27	DOCUMENTO ACTUALIZADO POR HC&A PARA REINICIO DEL ESTUDIO	S. MEZA	
E	ENE-08	DOCUMENTO PARA APROBACION DEL CLIENTE, REINICIO DEL ESTUDIO 09 DIC 2015	S. MEZA	



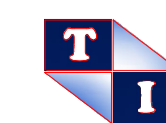
**E.P.S. SEDACAJ S.A.**  
EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE CAJAMARCA - SOCIEDAD ANÓNIMA

APROBADO:

CONSORCIO:



**HC & ASOCIADOS**



**Topocad Ingenieros S.R.L.**  
Consultora de Obras  
Reg. C6382

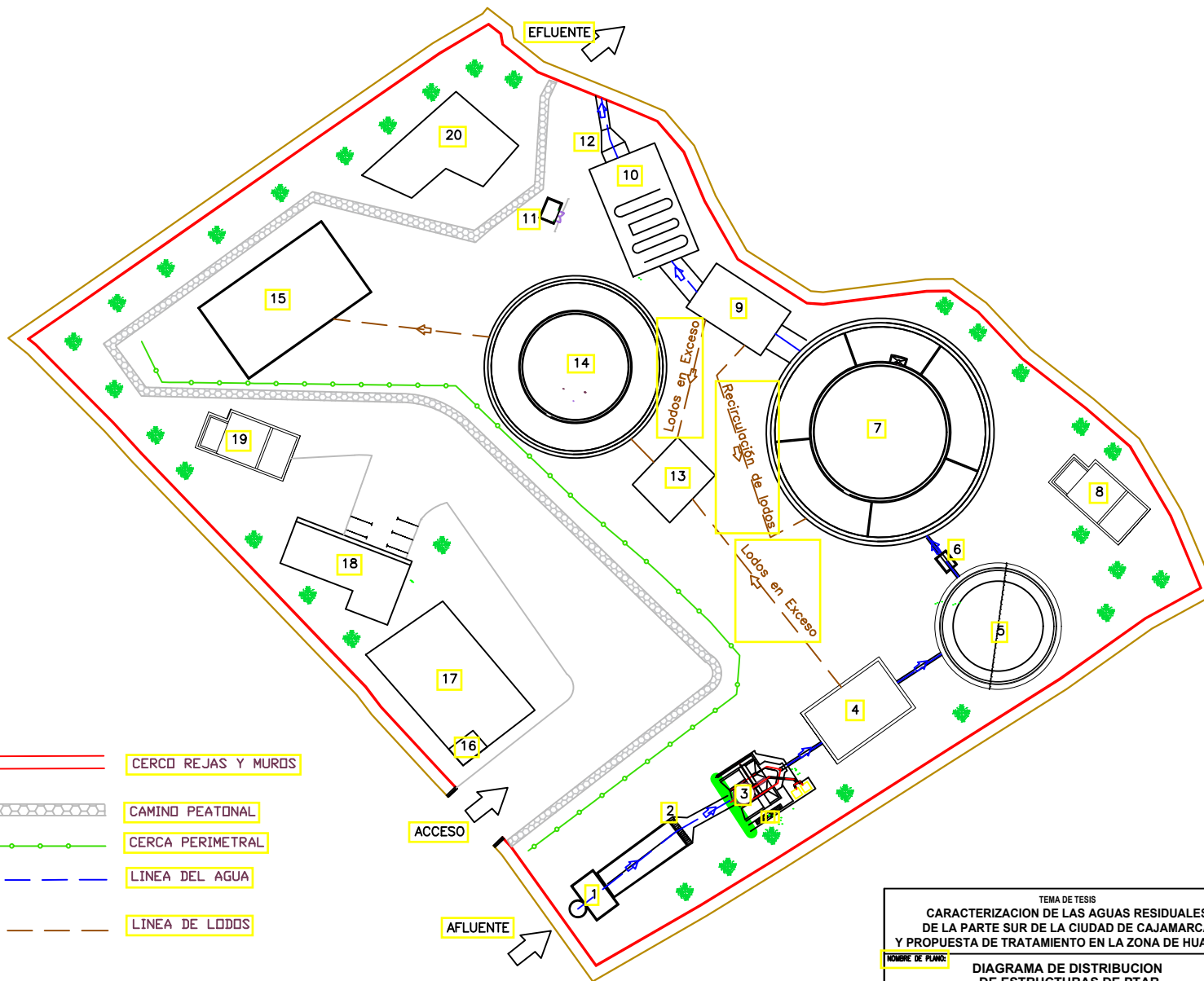
APROBACIÓN	ING. H. CAMPUZANO
REVISIÓN	ING. S. MEZA
DISEÑO	
DIBUJO	A. OREJON
FECHA	ENERO 2016

PERFIL DEL PROYECTO  
**AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA**

NOMBRE DE PLANO:  
**ESTUDIO TOPOGRAFICO LEVANTAMIENTO TERRENO PTAR HUACARIZ**

ESCALA: INDICADA	CÓDIGO DE PLANO: <b>313.011-SRC-TP-100-005</b>	REV. <b>E</b>
---------------------	---	------------------





**LEYENDA**

- 1 CAJA DE REUNION
- 2 CRIBADO
- 3 DESARENADOR-DESENGRASADOR
- 4 DECANTADOR PRIMARIO
- 5 TANQUE DE HOMOGENIZACION
- 6 MEDIDOR DE CAUDAL
- 7 TANQUE DE AIREACIÓN
- 8 PANEL GENERAL Y GENERADOR
- 9 DECANTADOR SECUNDARIO
- 10 CLORACIÓN
- 11 CASETA DE CONTROL DE GAS
- 12 MEDIDOR DE CAUDAL PARSHAL
- 13 DESHIDRATADOR DE LODOS
- 14 DESHIDRATADOR DE LODOS
- 15 LECHO DE SECADOS
- 16 CASETA DE VIGILANCIA
- 17 PARQUEO TECHADO
- 18 EDIFICIO ADMINISTRATIVO
- 19 CUARTO DE OPERARIOS
- 20 LABORATORIO

- CERCOS REJAS Y MURDOS
- CAMINO PEATONAL
- CERCA PERIMETRAL
- LINEA DEL AGUA
- LINEA DE LODOS

TEMA DE TESIS  
**CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES  
 DE LA PARTE SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA  
 Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO EN LA ZONA DE HUACARIZ**

**NOMBRE DE PLANO:** **DIAGRAMA DE DISTRIBUCION  
 DE ESTRUCTURAS DE PTAR**

**ELABORADO POR:** Bach. Vivien Lizbeth Cortez Gálvez **FECHA:** 11/06/2018 **ESCALA:** INDICADA