



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE LOS  
PRINCIPALES COLECTORES, PARA IDENTIFICAR  
LOS PROBLEMAS QUE CAUSAN A LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE  
LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE  
SANEAMIENTO E.P.S. SEDACUSCO S.A.**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**SANCHEZ VARGAS Jorge Jimy**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**CUSCO - PERÚ**

**2018**

- **Dedicatoria:**

A Dios, por ser la luz que guía mi camino en la consecución de mis metas y objetivos.

A mis padres Américo y Martha por apoyarme incondicionalmente durante toda mi vida y por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos.

A mi pareja Karol y mis hijas Zoe y Maia que me acompañan día a día dándome fuerzas para seguir adelante.

A toda mi familia y a los que confían en mí brindándome confianza y su apoyo incondicional.

- **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por todo lo que me ha sido entregado, no porque mi vida sea perfecta si no porque valoro a quienes tengo a mi lado y agradezco al señor todos los días por ello.

Mi agradecimiento a la Universidad Alas Peruanas del Cusco, por sus conocimientos y enseñanzas impartidos a lo largo de mi formación profesional.

A la empresa SEDACUSCO S.A. por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación. A los profesionales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales por su motivación y apoyo moral en todo momento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Glosario de abreviaturas .....	viii
Índice de Cuadros .....	x
Índice de Tablas .....	xi
Índice de figuras .....	xii
Resumen .....	xiii
Abstract .....	xv
Introducción .....	xvii
Capítulo I .....	1
1. Planteamiento Metodológico .....	1
1.1. Caracterización de la Realidad Problemática .....	2
1.1.1. Caracterización del problema. ....	2
1.1.2. Definición del Problema. ....	2
1.1.3. Delimitación de la investigación. ....	3
1.2. Formulación del Problema. ....	3
1.2.1. Problema General. ....	4
1.2.2. Problemas Específicos.....	4
1.3. Objetivos de la Investigación. ....	4
1.3.1. Objetivo General. ....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación de la investigación. ....	5
1.4.1. Justificación Teórica. ....	5
1.4.2. Justificación metodológica.....	5
1.5. Importancia. ....	6
1.6. Limitaciones.....	6
Capítulo II .....	7
2. Fundamentos Teóricos de la Investigación.....	7
2.1. Marco referencial.....	8

2.1.1.	Antecedentes de la investigación. ....	8
2.1.2.	Referencias históricas. ....	8
2.2.	Marco legal.....	12
2.3.	Definición de términos.....	17
2.4.	Marco Teórico. ....	18
2.4.1.	El agua.....	18
2.4.2.	Contaminación del agua. ....	19
2.4.3.	Aguas residuales. ....	19
2.4.4.	Clasificación.....	19
2.4.4.1.	Domésticas.....	20
2.4.4.2.	No domésticas.....	20
2.5.	Marco conceptual. ....	20
2.5.1.	Operación Línea de Líquidos.....	22
2.5.1.1.	Pre-tratamiento. ....	22
2.5.1.2.	Tratamiento primario.....	23
2.5.1.2.1.	Sedimentadores primarios.....	23
2.5.1.3.	Tratamiento secundario.....	24
2.5.1.3.1.	Filtros percoladores primarios (tratamiento biológico). ....	24
2.5.1.3.2.	Filtros percoladores secundarios (tratamiento biológico). ....	24
2.5.1.3.3.	Sedimentadores secundarios.....	25
2.5.1.4.	Tratamiento terciario. ....	25
2.5.1.4.1.	Desinfección por cloración.....	25
2.5.2.	Operación Línea de Lodos.....	26
2.5.2.1.	Cámara de bombeo de lodos 1 (cbl1).....	26
2.5.2.2.	Cámara de bombeo de lodos 2 (cbl2).....	27
2.5.2.3.	Espesadores. ....	27
2.5.2.4.	Cisterna de lodos (cl).....	27
2.5.2.5.	Cámara de bombeo de lodos Cbl3.....	28
2.5.2.6.	Digestor de lodos (dl).....	28
2.5.2.7.	Tanque de almacenamiento de lodos (tal).....	28
2.5.2.8.	Tanque de almacenamiento de lodos de emergencia (tae).....	29
2.5.2.9.	Cámara de bombeo de lodos cbl-4.....	29

2.5.2.10.	Edificio de deshidratación.....	30
2.5.3.	Operación Línea de Gases.....	30
2.5.3.1.	Generación de biogás en el digestor. ....	33
2.5.3.2.	Almacenamiento de gases.....	34
2.5.3.3.	Quemado de gases.....	34
2.5.3.4.	Lavado de gases. ....	35
2.5.3.5.	Sistema de calentamiento de lodos.....	35
Capítulo III	.....	36
3.	Planteamiento Metodológico .....	36
3.1.	Diseño de la investigación.....	37
3.2.	Tipo Y Nivel de la Investigación.....	37
3.2.1.	Tipo de la Investigación.....	37
3.2.2.	Nivel de la Investigación .....	38
3.3.	Método.....	38
3.3.1.	Área de Estudio .....	38
3.3.2.	Identificación de puntos de vertido .....	40
3.3.2.1.	Emisor. ....	44
3.3.2.2.	Interceptor .....	52
3.3.3.	Colectores y zonas que descargan al Interceptor y al Emisor General.....	60
3.3.3.1.	Colectores que descargan al Interceptor.....	60
3.3.3.2.	Zonas que descargan al Interceptor. ....	61
3.3.3.3.	Colectores que descargan al Emisor. ....	63
3.3.3.4.	Zonas que descargan al Emisor.....	64
3.4.	Hipótesis de la Investigación.....	68
3.4.1.	Hipótesis General.....	68
3.4.2.	Hipótesis Específica.....	68
3.5.	Variables.....	69
3.5.1.	Variable Independiente .....	69
3.5.2.	Variable Dependiente .....	69
3.5.3.	Matriz Operacional de Variables.....	69
3.6.	Cobertura de la Investigación .....	71
3.6.1.	Universo .....	71

3.6.2.	Población.....	71
3.6.3.	Muestra .....	71
3.6.4.	Tipo de muestreo .....	71
3.7.	Personal, instrumentos y fuentes de recolección de datos.....	71
3.7.1.	Personal.....	71
3.7.2.	Equipos y Materiales de Muestreo .....	73
3.7.2.1.	Recipiente para la muestra .....	73
3.7.3.	Equipo de muestreo manual.....	75
3.7.4.	Procedimiento de muestreo. ....	75
3.7.5.	Implementos requeridos en el momento del muestreo .....	76
3.7.6.	Protocolo de monitoreó.....	79
Capítulo IV.....		80
4.	Organización, Presentación y Análisis de Resultados.....	80
4.1.	Resultados generales .....	81
4.1.1.	Calidad Físicoquímica y bacteriológica .....	81
4.1.1.1.	Temperatura. ....	81
4.1.1.2.	PH.....	81
4.1.1.3.	Conductividad. ....	81
4.1.1.4.	Sólidos sedimentables (SS). ....	81
4.1.1.5.	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).....	82
4.1.1.6.	Demanda química de oxígeno (DQO). ....	82
4.1.1.7.	Coliformes termotolerantes.....	82
4.1.2.	Incidencia de la calidad de agua residual en los colectores principales de la ciudad del Cusco.....	83
4.2.	Asignación de Recursos.....	83
4.2.1.	Humanos. ....	83
4.2.2.	Económicos (Presupuesto). ....	84
4.2.3.	Cronograma. ....	85
4.2.4.	Puntos propuestos a monitorear del Emisor y del Interceptor .....	86
CONCLUSIONES.....		87
RECOMENDACIONES.....		88

**GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

A y G	Aceites y Grasas.
CBL	Cámara de Bombeo de Lodos.
CL	Cisterna de Lodos.
CRL	Cámara de Reunión de Lodos.
CT	Coliformes Totales.
CTT	Coliformes Termotolerantes.
D.S.	Decreto Supremo.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno.
DQO5	Demanda Química de Oxígeno.
E- 2	Espesador 2.
E.P.S.	Empresa Prestadora de Servicios.
E-1	Espesador 1.
ECAS	Estándares de Calidad Ambiental.
LMP	Límites Máximos Permisibles.
MINAM	Ministerio del Medio Ambiente.
NMP	Número Más Probable.
OD	Oxígeno Disuelto.
PH	Potencial de Hidrógeno.
PTAR	Planta de tratamiento de Aguas Residuales.
S.A.	Sociedad Anónima.
SP-1	Sedimentador Primario 1.
SP-2	Sedimentador Primario 2.



SS	Sólidos Sedimentables.
SS-1	Sedimentador Secundario 2.
SS-2	Sedimentador Secundario 2.
SST	Sólidos suspendidos totales.
TAE	Tanque de Almacenamiento de Lodos
TAL	Tanque de Almacenamiento de Lodos.
UND	Usuarios no Domésticos.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	16
Cuadro 2. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno.....	17
Cuadro 3. Cuadros Comparativos del Emisor OD.....	46
Cuadro 4. Cuadros Comparativos del Emisor DBO.....	47
Cuadro 5. Cuadros Comparativos del Emisor CT.....	48
Cuadro 6. Cuadros Comparativos del Emisor CTT.....	48
Cuadro 7. Cuadros Comparativos del Emisor DQO.....	49
Cuadro 8. Cuadros Comparativos del Emisor T°C.....	50
Cuadro 9. Cuadros Comparativos del Emisor PH.....	51
Cuadro 10. Cuadros Comparativos del Emisor SS.....	51
Cuadro 11. Cuadros Comparativos del Interceptor OD.....	54
Cuadro 12. Cuadros Comparativos del Interceptor DBO.....	55
Cuadro 13. Cuadros Comparativos del Interceptor DQO.....	56
Cuadro 14. Cuadros Comparativos del Interceptor PH.....	56
Cuadro 15. Cuadros Comparativos del Interceptor CT.....	57
Cuadro 16. Cuadros Comparativos del Interceptor CTT.....	58
Cuadro 17. Cuadros Comparativos del Interceptor T°.....	59
Cuadro 18. Cuadros Comparativos del Interceptor SS.....	59

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Valores Máximos Admisibles para descargas de UND.....	13
Tabla 2. Usuarios no Domésticos Monitoreados hasta el mes de julio año 2017. ....	14
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles para efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). ....	15
Tabla 4. Características del digestor y Tal.....	33
Tabla 5. Emisor General. ....	40
Tabla 6. Interceptor. ....	42
Tabla 7. Resultados del Emisor General mes de Abril. ....	45
Tabla 8. Resultados del Emisor General mes de Mayo. ....	45
Tabla 9. Resultados del Emisor General mes de Junio.....	46
Tabla 10. Resultados del Interceptor mes de Abril.....	53
Tabla 11. Resultados del Interceptor mes de Mayo. ....	53
Tabla 12. Resultados del Interceptor mes de Junio.....	54
Tabla 13. Especificaciones de Envases. ....	74
Tabla 14. Cuadro de Presupuesto. ....	84
Tabla 15. Cronograma de Actividades. ....	85
Tabla 16. Puntos de Monitoreó.....	86

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad del Cusco.....	21
Gráfico 2. Esquema de la Operación Línea de Líquidos de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Ciudad del Cusco.....	26
Gráfico 3. Procesos en el Digestor.....	32
Gráfico 4. Ámbito de Influencia de la EPS SEDACUSCO.....	39
Gráfico 5. Georeferenciación de Emisor General. ....	41
Gráfico 6. Georeferenciación de Interceptor.....	43
Gráfico 7. Croquis del Emisor.....	44
Gráfico 8. Croquis del Interceptor. ....	52

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en la ciudad de Cusco; entre los meses de octubre 2016 y agosto 2017; con el propósito de evaluar la calidad de aguas residuales vertidas a la red de alcantarillado sanitario de la EPS. SEDACUSCO S.A., provenientes de usuarios domésticos y no domésticos con el fin de identificar los sectores de mayor contaminación para evitar el deterioro anticipado de las redes colectoras y de esta manera la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales pueda trabajar óptimamente y cumplir los límites máximos permisibles para de esa manera no contaminar el Rio Huatanay.

Para realizar este trabajo se caracterizó las redes principales de alcantarillado Emisor General y el Interceptor, mediante análisis fisicoquímico y bacteriológico como: temperatura, PH, conductividad, sólidos sedimentables(SS), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Termotolerantes (CTT), Coliformes Totales (CT), con el fin de evaluar la calidad de agua residual y con estos parámetros identificar las Industrias, comercios, empresas y toda clase de negocios que puedan estar alterando la calidad de agua residual.

Se ha sectorizado la ciudad de cusco en 29 zonas, de esta manera se ha podido identificar que colectores secundarios están conectador al Emisor General y al Interceptor, para poder identificar que zonas son las más contaminantes y de esa manera poder identificar a los usuarios no domésticos que vierten sus aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, y aplicarles el D.S. N° 021-2009 vivienda para que traten sus efluentes y no superen los valores máximos admisibles del decreto supremo antes mencionado.

Con este trabajo se evaluarán los sectores de mayor contaminación para que la EPS SEDACUSCO S.A. tome medidas correctivas aplicando las sanciones correspondientes y de esa manera la planta de tratamiento de aguas residuales pueda depurar los agentes contaminantes del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales y verterlas al río Huatanay cumpliendo los estándares de calidad y los límites máximos permisibles establecidos en el decreto supremo Nro. 003-2010-MINAM.

## ABSTRACT

This investigation was carried out in the city of Cusco; between the months of October 2016 and August 2017; with the purpose of evaluating the quality of wastewater discharged into the sanitary sewer network of the EPS. SEDACUSCO SA, from domestic and non-domestic users in order to identify the sectors of greatest contamination to avoid the anticipated deterioration of the collection networks and in this way the Wastewater Treatment Plant can work optimally and meet the maximum permissible limits for in that way not to contaminate the Huatanay River.

In order to carry out this work, the main sewerage networks of the General Emitter and the Interceptor were characterized by physicochemical and bacteriological analysis such as: temperature, PH, conductivity, settleable solids (SS), Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Chemical Oxygen Demand (COD) ), Thermotolerant Coliforms (CTT), Total Coliforms (TC), in order to evaluate the quality of wastewater and with these parameters identify the Industries, businesses, businesses and all kinds of businesses that may be altering the quality of wastewater.

The city of Cusco has been divided into 29 zones, in this way it has been possible to identify which secondary collectors are connected to the

General Emitter and the Interceptor, in order to identify which areas are the most polluting and thus be able to identify non-domestic users. they pour their wastewater without any treatment, and apply the DS N ° 021-2009 housing to treat their effluents and do not exceed the maximum admissible values of the aforementioned supreme decree.

The city of Cusco has been divided into 29 zones, in this way it has been possible to identify which secondary collectors are connected to the General Emitter and the Interceptor, in order to identify which areas are the most polluting and thus be able to identify non-domestic users. they pour their wastewater without any treatment, and apply the DS N ° 021-2009 housing to treat their effluents and do not exceed the maximum admissible values of the aforementioned supreme decree.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal identificar los sectores de mayor contaminación en los principales colectores del sistema de alcantarillado a fin de evitar el deterioro de unidades operativas de la planta de tratamiento de aguas residuales y de las redes colectoras de aguas residuales de la E.P.S. SEDACUSCO S.A.

Capítulo 1: Planteamiento del Problema.- Se habla de crecimiento poblacional y los efectos que trae como el incremento de aguas residuales en estos últimos años, esta investigación consiste en caracterizar los colectores principales de la ciudad del Cusco Emisor General y el Interceptor, para conocer las características Físico-químicas y bacteriológicas de las aguas residuales que se evacúan a la red de alcantarillado de la E.P.S. SEDACUSCO S.A., con el fin de conocer en qué concentración de contaminación se encuentran las aguas residuales y los daños que pueda ocasionar a las redes de alcantarillado y a los procesos unitarios de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad del Cusco.

Capítulo 2: Fundamentos Teóricos de la investigación.- Se realizó un repaso de algunos trabajos similares que se realizaron en otras ciudades, CESCO (1996) evaluó la contaminación ambiental en la ciudad de Tegucigalpa y Comayagüela capital de la República de Honduras, estudio y analizó focos de contaminación provocados por la industria de alimentos y la caracterización de los efluentes industriales, Herrera, S. (2009) caracterizó el efluente de una planta de tratamiento de frigorífico y matadero en Uruguay, Elizondo, J. (2004) evaluó las condiciones de

septicidad en el colector “María Aguilar del alcantarillado sanitario Metropolitano”; el objetivo principal fue caracterizar las aguas residuales durante dos épocas del año (lluviosa y seca), empleó análisis físicos, químicos y bacteriológicos.

La presente investigación tiene diferentes normas y leyes generales que regulan y controlan la contaminación de los recursos hídricos como D.S. 021-2009 vivienda y Decreto Supremo 003-2010-MINAM.

Se analizaron un total de 21 puntos para identificar los sectores de mayor contaminación y tomar medidas correctivas para que no sigan ocasionando daños a las redes colectoras y a los procesos unitarios de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Capítulo 3: Planteamiento Metodológico.- El diseño de esta investigación incluye el proceso de recolección de muestras, las cuales nos permita identificar sectores de mayor contaminación, el tipo de la investigación de este trabajo reúne condiciones metodológicas de una investigación aplicada, por tal razón se utilizaron conocimientos de ciencias químicas, biológicas, la fase experimental del trabajo de investigación se realizó en los colectores principales pertenecientes a la EPS. SEDACUSCO S.A.

Este trabajo de investigación se realizó en la provincia de Cusco en los principales colectores Emisor General y el Interceptor, el área de estudio fueron realizados en los distritos de Santiago, San Sebastián, Wanchaq, San Jerónimo y Cusco, se sectorizo los 5 distritos antes mencionados en 29 zonas.

Capítulo 4: Organización, Presentación y análisis de Resultados.- Se tomaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos para poder evaluar los sectores de mayor contaminación como temperatura, PH, conductividad, sólidos sedimentables(SS), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Termotolerantes(CTT), Coliformes Totales(CT) haciendo una breve reseña del significado de cada uno de ellos.



# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

## **1.1. Caracterización de la Realidad Problemática.**

Las aguas residuales que ingresan a las redes colectoras de la E.S.P. SEDACUSCO S.A. y descargan al río Huatanay después de haber ingresado a la planta de tratamiento de aguas residuales, provenientes de usuarios domésticos y de usuarios no domésticos, constituyen un factor de riesgo para la salud de la población que vive a las laderas del río Huatanay y generan daños a la infraestructura y tratamientos biológicos de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad del Cusco.

### **1.1.1. Caracterización del problema.**

La importancia de esta investigación radica en conocer las características Físico-químicas y bacteriológicas de las aguas residuales que se evacúan a la red de alcantarillado de la E.P.S. SEDACUSCO S.A., con el fin de conocer en qué concentración de contaminación se encuentran las aguas residuales e identificar los tramos de mayor contaminación, esta investigación permitirá emplear medidas correctivas para disminuir los daños que se generan en la red de alcantarillado que provocan la exposición de desagües y la consiguiente minimización de daños en la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad del Cusco.

### **1.1.2. Definición del Problema.**

El crecimiento industrial y comercial trae como consecuencia mayor progreso y desarrollo; pero al mismo tiempo genera un incremento de residuos sólidos y líquidos. Estos últimos toman el nombre de aguas residuales, pudiendo ser domésticas, producto de actividades higiénicas, y no domésticas, generadas por toda actividad antrópica (RAS, 2000).

- El incremento de algunos parámetros (Dbo, Dqo, Temperatura, PH, etc.) afectan las unidades operativas de las redes colectoras y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- Incremento de aceites y grasas en ciertas condiciones pueden obstruir la red de alcantarillado, con lo cual se podría provocar discontinuidad del servicio de recolección afectando las redes colectoras.
- El incremento de arenas afecta el funcionamiento de los sedimentadores de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- El incremento de la DQO y DBO afecta el funcionamiento del digestor.

### **1.1.3. Delimitación de la investigación.**

La delimitación del problema es que los sistemas de alcantarillado que conducen aguas residuales y aguas pluviales son llamados sistemas de alcantarillado combinado, por ello la necesidad de construir el sistema de tratamiento netamente de aguas residuales, para cumplir con los valores estándares recomendados para optimizar o mejorar la calidad del recurso hídrico.

### **1.2. Formulación del Problema.**

Consistirá en caracterizar los colectores principales de la ciudad del Cusco, se evaluarán las 2 principales redes colectoras, con un total de 21 puntos de monitoreo, mediante análisis fisicoquímico y bacteriológico, se considerara parámetros como: oxígeno disuelto (OD), temperatura, PH, sólidos sedimentables, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), coliformes termotolerantes.

### **1.2.1. Problema General.**

¿CÓMO AFECTA LA CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO EPS. SEDACUSCO S.A. AÑO 2017?

Las aguas residuales, al ser vertidas sin tratamiento previo por parte de usuarios no domésticos y domésticos, causan deterioro en la redes de alcantarillado porque presentan un alto contenido de materia orgánica, bacterias patógenas y contaminantes tóxicos que generan el deterioro anticipado de las redes de acanillado y afectan al funcionamiento óptimo de las unidades de tratamiento alterando los procesos biológicos de la depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

### **1.2.2. Problemas Específicos.**

Los problemas que ocasionan las descargas de los usuarios no domésticos como aguas residuales industriales, aguas residuales comerciales y domésticas afectan:

- Las redes colectoras de aguas residuales.
- El funcionamiento de unidades operativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

## **1.3. Objetivos de la Investigación.**

### **1.3.1. Objetivo General.**

Identificar los tramos de mayor contaminación en los principales colectores del sistema de alcantarillado a fin de evitar el deterioro de unidades operativas de la planta de tratamiento de aguas residuales y de las redes colectoras de aguas residuales de la E.P.S. SEDACUSCO S.A.

### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Identificar y evaluar la calidad de aguas residuales de los principales colectores de aguas residuales (interceptor general y emisor general) de la E.P.S. SEDACUSCO S.A.
- Evaluar de qué manera afectan al funcionamiento de las unidades operativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

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

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

Con esta investigación se va a detectar los sectores de mayor contaminación y ver que unidades de la planta de tratamiento de aguas residuales son más vulnerables por la calidad de agua residual que ingresa a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

#### **1.4.2. Justificación metodológica.**

Se va utilizar técnicas de muestreo y análisis en el laboratorio de las muestras que se tomó en campo para evaluar las unidades más afectadas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Esta investigación se hace con el fin de identificar los sectores de mayor contaminación en los colectores de aguas residuales y dar un mejor manejo a las aguas residuales mediante el uso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), con el fin de purificar el agua y cumplir con los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECAS), establecido legalmente para que el agua pueda utilizarla en diversos aspectos.



### **1.5. Importancia.**

Se tiene que evaluar los sectores de mayor contaminación y buscar que la calidad de agua residual no se vea alterada por el vertimiento de usuarios no domésticos UND para que no se alteren los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

### **1.6. Limitaciones.**

Las limitaciones que debemos tener presente es un adecuado cuidado de las variables entorno como las condiciones del tiempo y de otras variables presentes en el ambiente debe ser un factor importante en la investigación, ya que se pueden presentar inconvenientes durante la realización de la investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco referencial.**

### **2.1.1. Antecedentes de la investigación.**

Durante la elaboración del “Estudio de Factibilidad de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Proyecto: Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad del Cusco” se contó con información sobre las características del Agua Residual que ingresa a la Planta de Tratamiento. Dicha información corresponde a diferentes instantes y periodos de monitoreo, proporcionada por diversas fuentes.

A continuación se realizará un inventario de la información recopilada en dicho estudio:

- Ensayos Físicos y Químicos tomados en los afluentes del río Huatanay y el agua residual que ingresa a la planta de tratamiento. Se monitorearon los siguientes parámetros: Conductividad eléctrica, salinidad, sulfatos, amoníaco, nitritos, nitratos, DQO, sulfuro y cromo. Nippon Koei Lac Co Ltda. Setiembre 2005.
- Mediciones de la calidad del agua (DBO, OD, SST, SS, T° y PH) del Agua residual que ingresa a la planta de tratamiento. Stantec Consulting International Ltd. Mayo- Noviembre 2003.
- Análisis de la calidad del agua del río Huatanay. Stantec Consulting International Ltd. Noviembre 2003.
- Temperatura del agua residual – Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) San Jerónimo. Sedacusco. 2005, 2006 y 2007,2008, 2009,2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

### **2.1.2. Referencias históricas.**

- CESCO (1996) evaluó la contaminación ambiental en la ciudad de Tegucigalpa y Comayagüela capital de la República de Honduras, estudió y analizó focos de contaminación provocados por la industria de alimentos y la

caracterización de los efluentes industriales que son depositados en las aguas superficiales, obtuvieron los siguientes resultados:

- Mataderos presenta:
  - Temperatura de 32°C.
  - PH 7.
  - Sólidos Totales 8870 mg/l.
  - DBO<sub>5</sub> 580 mg/l.
  - DQO 8160 mg/l.
  
- Industria de bebidas carbonatadas y cerveza:
  - Temperatura de 25°C.
  - PH 7.
  - Sólidos Totales 212 mg/l.
  - DQO 244 mg/l.
  - DBO<sub>5</sub> 82 mg/l.
  - Coliformes totales NMP/100ml 24000.

Se comprobó:

- Ambas ciudades de las 36 industrias estudiadas el 80% genera efluentes potencialmente contaminantes,
- El 81,5% lo vierte a la alcantarilla pública sin tratamiento previo
- El 19% lo vierte directamente a ríos
- Solo 33% tiene un tratamiento adecuado.

Se concluyó que las industrias, que mayor problema de contaminación tienen son:

- Industria avícola.
- Industria de bebidas carbonatadas

- Mataderos de bovinos y porcino ya que descargan sus efluentes al cuerpo de agua directamente.
- Herrera, S. (2009) caracterizó el efluente de una planta de tratamiento de frigorífico y matadero en Uruguay, sus resultados fueron:
  - Temperatura entre 23 y 29°C,
  - La DQO varia de 6700 a 21000 mg/l,
  - Sólidos Suspendidos Totales de 1900 a 12000 mg/l,
  - Grasas de 1200 a 1700 mg/l,
  - PH de 6.5 a 7.5,

Con estos datos determinó que la presencia de sólidos y en particular las grasas ocasionan problemas operativos en los tratamientos anaeróbicos por lo que empleó tratamientos primarios con el fin de aumentar la eficiencia de dicha planta de tratamiento. Concluyó que los sistemas de flotación de grasas implantados operan con eficiencia de remoción de grasas de 37% y 63%; el nuevo sistema biológico compuesto por un reactor anaerobio y dos lagunas presentan eficiencias de remoción de DQO total de 81% y 84% el cual permite obtener un efluente de baja bio degradabilidad.

- Elizondo, J. (2004) evaluó las condiciones de septicidad en el colector “María Aguilar del alcantarillado sanitario Metropolitano”; el objetivo principal fue caracterizar las aguas residuales durante dos épocas del año (lluviosa y seca), empleó análisis físicos, químicos y bacteriológicos de los cuales obtuvo los siguientes resultados:
  - Promedio de la DBO5 fue de 169 mg/l en época lluviosa y 249 mg/l en la época seca,
  - Temperatura promedio 20 y 21°C,
  - PH 7.1 y 6.8;
  - Conductividad 358 y 632  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,
  - DQO 252 y 646 mg/l,
  - Sólidos Totales 414 y 836 mg/l,

- Sólidos Suspendidos Totales 201 y 243 mg/l,
- Sólidos Sedimentables 3 y 5.6 ml/l/h para ambas épocas respectivamente.

Los resultados mostraron que el colector María Aguilar presenta condiciones sépticas en el momento de estudio; sin embargo resalta la importancia del control de descargas industriales vertidos a la red de alcantarillado sanitario para disminuir la generación de tasas de sulfuros.

- SEDACUSCO S.A. (2013) encargo a ENVIROLAB PERU S.A.C. la caracterización del afluente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, considerando los parámetros físico-químicos siguientes:
  - PH.
  - $DBO_5$ .
  - DQO.
  - SST.
  - Sólidos Sedimentables (SS).
  - Metales.
  - Aceites y grasas.

De acuerdo a los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environmental Federation (WEF).

Obteniendo los siguientes resultados:

- PH 7.5.
- $DBO_5$ , 693mg/l.
- DQO 1230 mg/l.
- SST 235 mg/l.
- Sólidos Sedimentables 5,1 ml/l/h.
- Nitrógeno amoniacal 64.4 mg/l.
- Sulfatos 219 mg/l.

- Aluminio 0.742 mg/l, boro 0.163 mg/l.
- Cromo total 0.004 mg/l.
- Cobre total 0.024 mg/l.
- Manganeso total 0.110 mg/l.
- Zinc total 0.181 mg/l
- Aceites y grasas 72 mg/l.

\* Al comparar dichos parámetros con los VMA especificados en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, se llegó a la conclusión de que la concentración de metales no constituye un peligro que ponga en riesgo la operatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

- SEDACUSCO S.A. (2013, 2014, 2015, 2016 y 2017) caracteriza la calidad del agua de efluentes industriales, de la ciudad de Cusco, mediante la caracterización por parámetros fisicoquímicos como:
  - Oxígeno disuelto.
  - Temperatura.
  - PH.
  - Conductividad.
  - Sólidos Totales Disueltos (STD).
  - Sólidos Sedimentables.
  - Demanda Bioquímica de Oxígeno.
  - Demanda Química de Oxígeno.
  - Coliformes totales.
  - Coliformes termotolerantes.

## **2.2. Marco legal.**

La presente investigación tiene diferentes normas y leyes generales que regulan y controlan la contaminación de los recursos hídricos como:

- D.S. 021-2009 vivienda para efluentes a los colectores tabla N° 1.

**Tabla 1. Valores Máximos Admisibles para descargas de UND.**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>EXPRESIÓN</b>	<b>VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SST	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100
PH		PH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/h	SS	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Fuente: D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.

- El DS 021-2009 vivienda se aplica a todos los Usuarios No Doméstico (UND).
- En el año 2017 se analizaron 17 usuarios no domésticos (tabla 2).



**Tabla 2. Usuarios no Domésticos Monitoreados hasta el mes de julio año 2017.**

<b>UND</b>	<b>DBO5</b>	<b>DQO</b>	<b>SST</b>	<b>AyG</b>
HOTEL NOVOTEL	695.33	1378.31	331	202.04
HOTEL PALACIO DEL INCA	500.64	995.95	3259	514
HOTEL PALACIO NAZARENAS	403.05	873.60	157.50	47.20
POLLERIA LA GRANJA	539.38	1112.90	416.43	184.83
HOTEL POLO	312.90	672	305	32.20
RESTAURANTE LA CHOMBA	1311.20	1632	5157.50	1656
DISTRIBUIDORA DE POLLOS SAN FERNANDO	588.55	1168	347.14	119
HOTEL SONESTA	918.83	1881.60	915	107.50
POLLERIA TOP CHIQUEN	1112.53	2286.19	2145	1071
CAMAL	1792.97	3658.06	621.67	715.33
CEVICHERIA CONCHA DEL SAZÓN	3695.20	7689	1792	384
HOTEL ECO INN	1549.60	3174.30	1435	866.80
RESTAURANTE EL AJO	1676.25	3337.60	1203.33	245.50
ESSALUD	226.48	474.19	77.50	23.80
CEVICHERIA CONCHA DEL SAZÓN 2	482	883.20	128	106
HOTEL MARRIOT	201.15	460.80	112.14	27.20
HOTEL MONASTERIO	121.58	281.60	95.63	21.20

Fuente Área Comercial de la E.P.S SedaCusco S.A.

El 64.7% excedió el anexo 1 de DS 021-2009 vivienda.

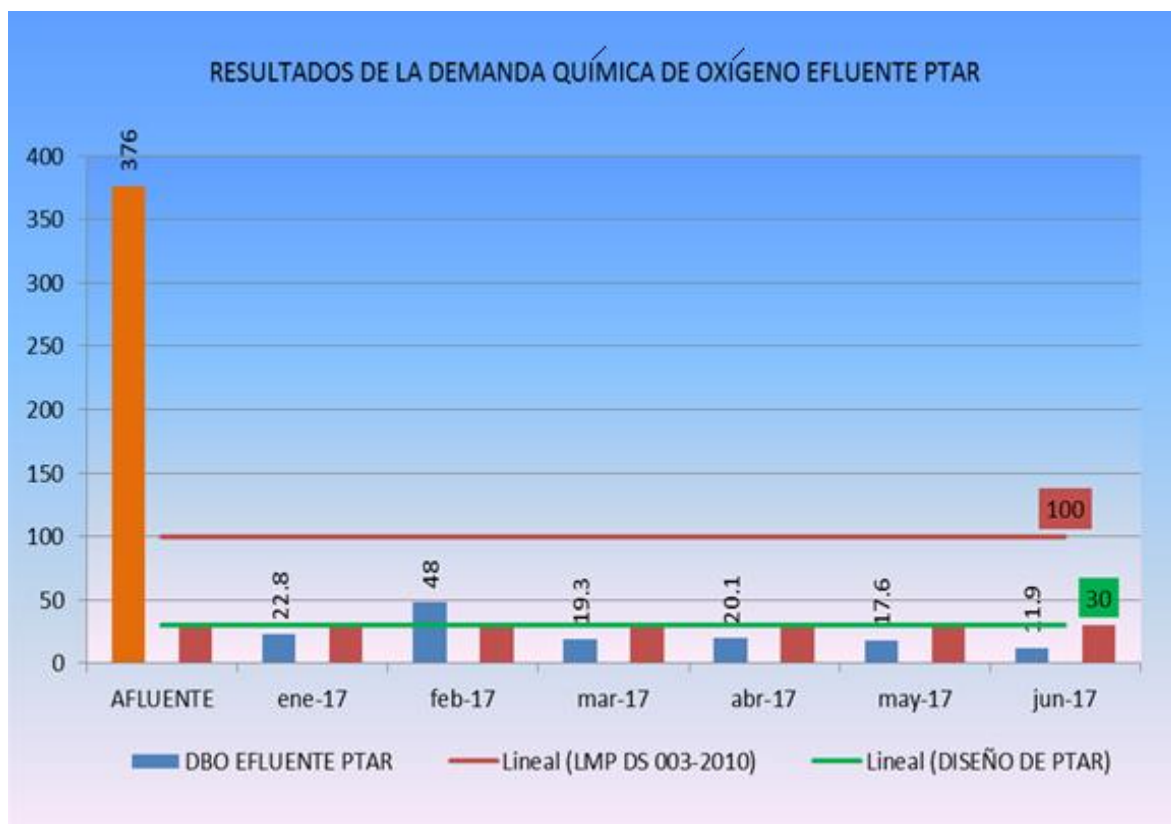
- D.S. N° 003-2010-MINAM para efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo.
- El Cuadro N° 2 muestra los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales consignados en el D.S. N°003-2010-MINAM.

**Tabla 3. Límites Máximos Permisibles para efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
PH	unidad	6,5-8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	150
Temperatura	°C	< 35
Aceites y grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10 000

Fuente: Decreto Supremo 003-2010-MINAM

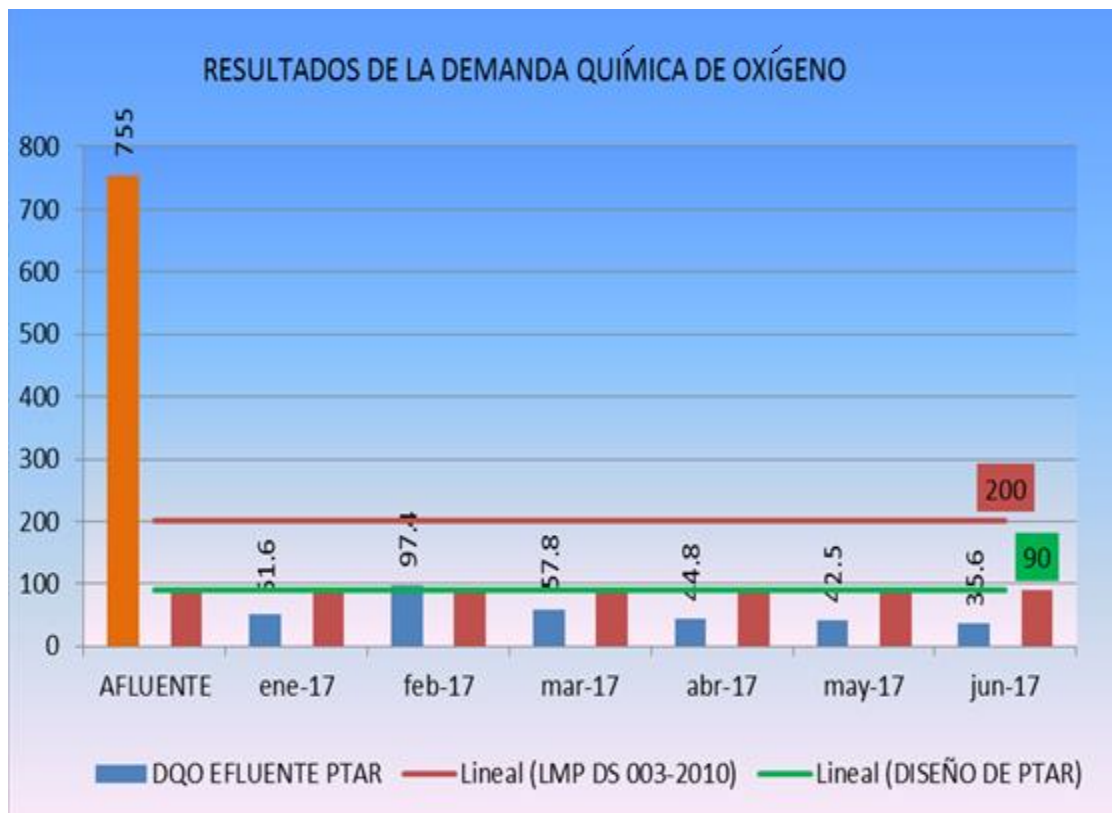
**Cuadro 1. Resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.**



Fuente: Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

\* Como se puede observar en el gráfico la planta de tratamiento de aguas residuales cumple con los LMP, está por debajo del parámetro de diseño que es 30 mg/L.

**Cuadro 2. Resultados de la Demanda Química de Oxígeno.**



Fuente: Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

\* Como se puede observar en el gráfico la planta de tratamiento de aguas residuales cumple con los LMP, está por debajo del parámetro de diseño que es 30 mg/L.

### 2.3. Definición de términos.

- **Aguas residuales.**

Son aguas que son resultado de actividades antrópicas ya sean industriales y domésticas que se vierten a los efluentes.

- **Antropogénico.**

Es el resultado de la actividad humana como contaminante, vertido o descargas.

- **Cuerpo de agua.**

Es la acumulación de agua que forma la hidrósfera, son cuerpos de agua temporales que forman manantiales, lagos, lagunas, mares, océanos o alguna acumulación de agua.

- **Descarga.**

Es la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor, sin autorización.

- **Vertimiento.**

Es la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor, con autorización.

## **2.4. Marco Teórico.**

### **2.4.1. El agua.**

Es un compuesto químico muy estable formado por 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno es una sustancia abiótica la más importante del planeta tierra y es un constituyente muy importante del medio ambiente. El agua se encuentra en los 3

estados de la materia sólido como hielo, liquido como lluvia, océanos, ríos, mares, lagos y gaseoso vapor de agua, niebla y nubes.

#### **2.4.2. Contaminación del agua.**

La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua. Cuando los seres humanos beben el agua contaminada tienen a menudo problemas de salud. La contaminación del agua puede también puede hacer a esta inadecuada para el uso deseado. (Lenntech 1993).

Un agua se contaminada cuando cambia en su composición directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad antropogenica.

#### **2.4.3. Aguas residuales.**

Son composición variada que se vio afectada negativamente por la influencia antropogénica provenientes de las descargas de usos domésticos y no Domésticos.

#### **2.4.4. Clasificación.**

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual (Mendonca, citado por Mamani, R. y Quispe, G. 2013). Según su origen, las aguas residuales se pueden clasificar como:

#### **2.4.4.1. Domésticas.**

Son aguas resultantes de diferentes actividades en los hogares (cocinas, servicios higiénicos, lavadoras, etc.). Son residuos resultantes de las actividades antropogénicas en el hogar llegando a las redes de alcantarillado por medio de tuberías provenientes de los hogares hasta las redes matrices de alcantarillado.

#### **2.4.4.2. No domésticas.**

Son aguas producidas actividades económicas comercial e industrial, distintos a los generados como producto de la preparación de alimentos, bebidas y de desechos fisiológicos (D.S. N°021-2009-VIVIENDA).

### **2.5. Marco conceptual.**

La ciudad del Cusco tiene un sistema combinado de alcantarillado, esto quiere decir que las aguas residuales y las aguas pluviales se unen causando daños a la infraestructura de las redes colectoras de aguas residuales y afecta los procesos unitarios de la planta de tratamiento de aguas residuales (Ptar) San Jerónimo.

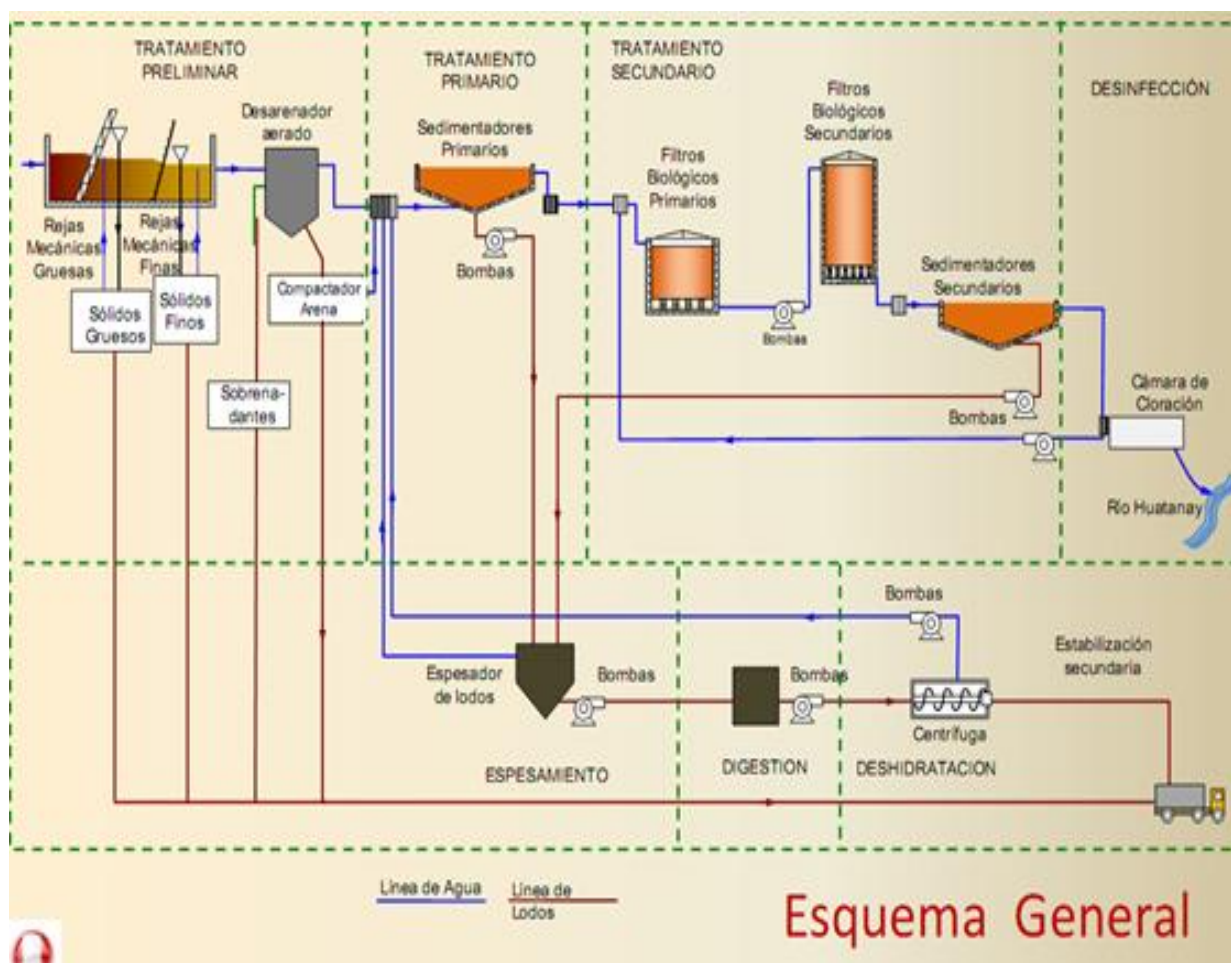
La ciudad del Cusco tiene 2 colectores principales:

- Emisor General. Este colector principal de aguas residuales tiene un diámetro de 1m de policloruro de vinilo (pvc) y en ciertos tramos es de concreto, este colector pasa por el medio de la ciudad del Cusco.

- Interceptor. Este colector principal de aguas residuales tiene un diámetro de 1m de policloruro de vinilo (pvc) y en ciertos tramos es de concreto, este colector pasa por los bordes del río Huatanay.

Se analizarán un total de 21 puntos para identificar los sectores de mayor contaminación y tomar medidas correctivas para que no sigan ocasionando daños a las redes colectoras y a los procesos unitarios de la planta de tratamiento de aguas residuales, estas muestras serán analizadas por el laboratorio de la Planta de tratamiento de aguas residuales.

**Gráfico 6. Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad del Cusco.**



Fuente: Área de procesos (Ptar San Jerónimo).



## **2.5.1. Operación Línea de Líquidos.**

### **2.5.1.1. Pre-tratamiento.**

En esta etapa se tiene que eliminar del agua residual las materias orgánicas e inorgánicas que puedan obstruir los equipos, bombas, filtros y tuberías, o bien interferir en los procesos posteriores (basura, piedras, arenilla, etc.).

El agua residual entra por el Canal de Ingreso, este tiene un medidor de caudal ultrasónico y un turbidímetro automático además cuenta con un vertedero de demasías ajustado para que rebosen caudales mayores de 802 l/s, así también contiene una compuerta con un actuador automático que se cierra automáticamente cuando la turbidez es mayor de 630 NTU la finalidad de este canal es la de controlar a través de un vertedero regulable el caudal de entrada a la PTAR. Posteriormente pasa por la cámara de rejillas.

- Se cuenta con 2 rejillas gruesas, las rejillas gruesas elimina objetos y contaminantes de gran tamaño para proteger los equipos, instalaciones contra daños físicos pudiendo reducir la eficacia de operación. Los residuos recogidos son compactados y embolsados depositándolos manualmente a los contenedores colocados en el pretratamiento.
- Se cuenta con 2 rejillas finas, las rejillas finas elimina objetos y contaminantes de menor tamaño para proteger los equipos, instalaciones contra daños físicos pudiendo reducir la eficacia de operación. Los residuos recogidos son compactados y embolsados depositándolos manualmente a los contenedores colocados en el pretratamiento.

Se cuenta con 5 desarenadores extraen las partículas pesadas que son arrastradas por el agua residual como arenas, restos de materia orgánica e inorgánica. La ausencia de arenas en el sistema de tratamiento biológico, permite proteger los elementos mecánicos móviles de la abrasión y el desgaste. Las estructuras con el sistema de desarenado se encuentran ubicados después de las rejillas, antes de los sedimentadores primarios.

### **2.5.1.2. Tratamiento primario.**

Es el proceso que tiene como función la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pre-tratamiento. El tratamiento primario permite eliminar en un agua residual aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO alrededor del 35%.

#### **2.5.1.2.1. Sedimentadores primarios.**

Los sedimentadores tienen la finalidad de sedimentar los sólidos del agua residual reduciendo también la carga orgánica de entrada al tratamiento biológico o tratamiento secundario, consiguiendo un lodo espesado. Separa físicamente por acción de la gravedad, partículas en suspensión.

Se cuenta con dos sedimentadores primarios (SP) circulares, la distribución ó entrada de agua es por el centro y la salida del efluente es mediante vertederos periféricos y canaleta circular. Cuentan con un brazo giratorio que permite recoger las natas, grasas y espumas que están flotando descargándolo a una caja de residuos inservibles (espumas, sólidos flotantes, etc.), además cuenta con un barredor de lodos que permite recoger los lodos primarios sedimentados y enviarlos a la cámara de bombeo de lodos.

- El SP-01, tiene un diámetro (d) de 42 m y una profundidad (h) de 2,75 m
- El SP-2, tiene un diámetro (d) de 26 m y una profundidad (h) de 4,2 m.

Fuente Memoria descriptiva de la Ptar San Jerónimo.

### **2.5.1.3. Tratamiento secundario.**

#### **2.5.1.3.1. Filtros percoladores primarios (tratamiento biológico).**

Los filtros percoladores primarios eliminan fundamentalmente materia orgánica soluble. Y en la PTAR están ubicados después de los sedimentadores primarios. Estas unidades reciben los efluentes de los sedimentadores primarios a través de la cámara de reunión.

Se cuenta con tres filtros percoladores primarios (FPP) y la alimentación de agua a depurar es mediante los distribuidores de caudal desde la parte superior del filtro. El caudal juega un papel importante en los filtros, un aumento de caudal mejora la distribución del agua y reduce zonas no suficientes mojadas. La media filtrante es PVC tipo Cross Flow de alta carga permite fijar la biomasa formando un biofilm biológico. Los FPP1 cuentan con ventanas y ventiladores para la ventilación natural o forzada.

Es necesario desprender continuamente y de manera uniforme las biopelículas muertas que se encuentran adheridas para evitar la acumulación de exceso de la biomasa. A esta operación le llamamos flushing.

#### **2.5.1.3.2. Filtros percoladores secundarios (tratamiento biológico).**

Se abastece a los dos filtros y cuentan con sistema de ventilación natural o forzada a través de ventanas y ventiladores. La alimentación de agua a depurar es mediante los distribuidores de caudal desde la parte superior del filtro. El medio filtrante es PVC tipo Cross Flow de alta carga, fijando la biomasa y formando el film biológico.

En la PTAR se tiene dos filtros percoladores secundarios (FPS), estas unidades son similares en funcionamiento a los filtros primarios pero son el doble en altura y de menor diámetro: Diámetro=22 metros, profundidad efectiva de media 6.10 metros y material del medio filtrante PVC tipo flujo cruzado.

### **2.5.1.3.3. Sedimentadores secundarios.**

Los sedimentadores secundarios (SS) tienen como objetivo la reducción de la materia orgánica presente en las aguas residuales una vez superadas las fases de pretratamiento y tratamiento primario. En la PTAR se cuenta con dos sedimentadores secundarios ubicados después de los filtros percoladores secundarios. Los dos sedimentadores secundarios tienen un diámetro (d) de 35 metros y una profundidad (h) de 4,8 metros.

### **2.5.1.4. Tratamiento terciario.**

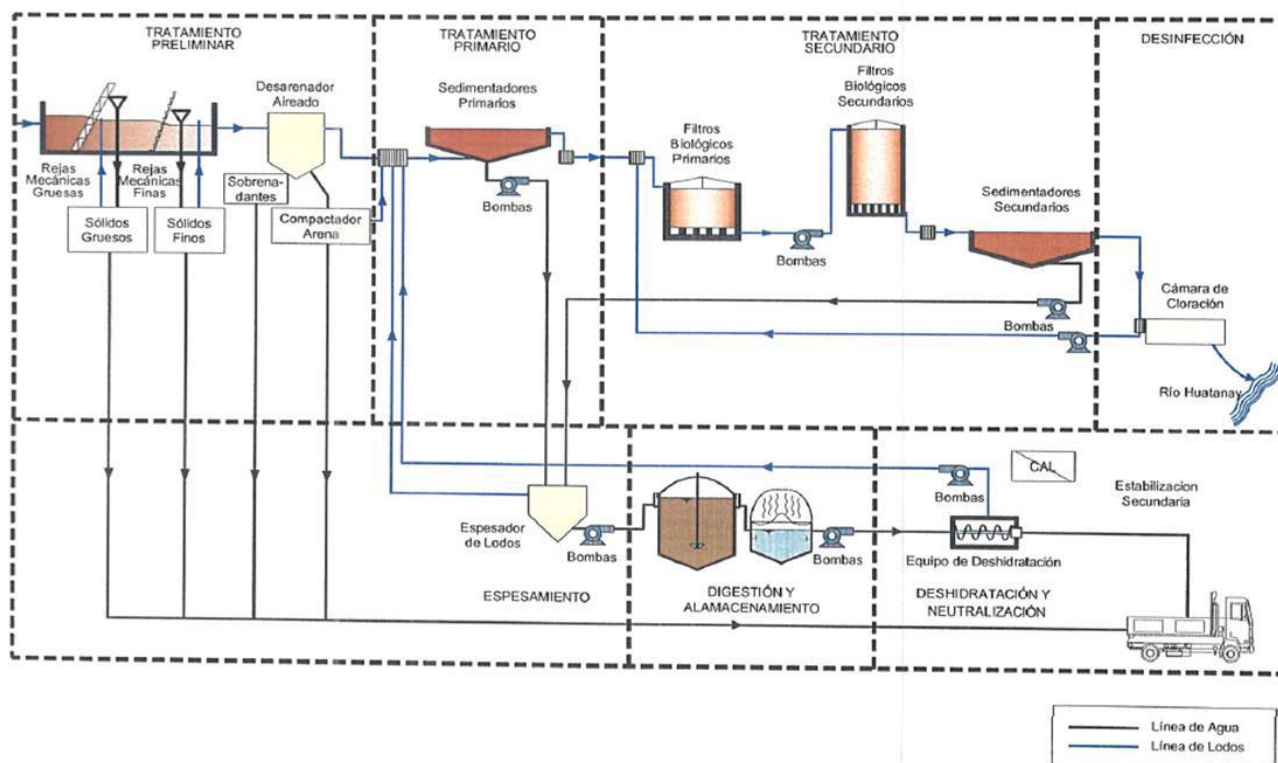
Es la última etapa del tratamiento de la línea de líquidos, se desinfecta el agua con cloro gas eliminado los agentes patógenos que no hayan sido eliminados en los procesos antes mencionados.

#### **2.5.1.4.1. Desinfección por cloración.**

El área de desinfección se ubica después de los sedimentadores secundarios y entrega un agua con cloro residual al río Huatanay mediante un canal de salida denominado parshall. El objetivo del sistema de cloración del efluente es eliminar los microorganismos patógenos causantes de enfermedades mediante la adición de un agente biocida, en este caso el gas cloro en cantidades que no representen consecuencias negativas en los usos posteriores del agua.

## 2.5.2. Operación Línea de Lodos.

Gráfico 7. Esquema de la Operación Línea de Líquidos de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Ciudad del Cusco.



Fuente: Área de procesos (Ptar San Jerónimo).

### 2.5.2.1. Cámara de bombeo de lodos 1 (cb11).

Succionan los lodos procedentes de los sedimentadores primario SP-1 y SP-2, mediante una línea de impulsión de una tubería de 200 mm material de polietileno, se descargan en la cámara de reunión de lodos 1 (CRL-1). La cámara de bombeo de lodos CBL-1 consta de 4 bombas tipo cavidad progresiva, el bombeo se realiza en forma intermitente cada 2 ò 3 horas de acuerdo al seteo establecido por periodos de 10 a 20 minutos por el equipo de operación de la PTAR.

### **2.5.2.2. Cámara de bombeo de lodos 2 (cbl2).**

Los lodos procedentes de los sedimentadores secundarios SS-1 y SS-2, mediante barredores mecánicos, se reúne en esta cámara de bombeo y a través de una línea de impulsión se descargan en la cámara de reunión de lodos CRL-1 (espesadores), el bombeo se realiza en forma intermitente de acuerdo al seteo establecido en el SCADA por el personal técnico de operaciones. El tiempo de bombeo es por periodos cortos establecidos entre 15 a 25 minutos.

### **2.5.2.3. Espesadores.**

Se cuenta con dos espesadores gravitacionales (E-1 y E- 2) en paralelo, ambas estructuras son de concreto armado. Dimensiones: 15 metros de diámetro cada una y 4.0 metros de profundidad. Equipamiento, cuentan con dispositivos mecánicos de concentración de lodos y barrido, no tienen desnatador mecánicos. Para un mejor funcionamiento del espesado y para el control de olores el personal de operación viene dosificando cloruro férrico en una concentración de 40% y cantidad diaria de 157 kg/d.

### **2.5.2.4. Cisterna de lodos (cl).**

Al interior de la cámara de bombeo de lodos (CBL3), ubicado entre los espesadores, se tiene actualmente una cisterna la cual es abastecida de lodos por los espesadores por solo su carga hidráulica. Esta se llenará en la misma proporción que tenga que descargar cada espesador durante la alimentación de lodos. La cisterna es de concreto armado con acceso en la parte superior, tuberías de limpia y rebose, así como de alimentación hacia las bombas de la CBL-3.

### **2.5.2.5. Cámara de bombeo de lodos Cbl3**

En esta cámara de bombeo ubicada debajo de los espesadores, se succionan los lodos procedentes de la cisterna de lodos (CL) y se bombean a través de 3 bombas de cavidad progresiva y una línea de impulsión de 200 mm de HDP hasta el digestor. La CBL3 además cuenta con un sistema de tuberías para abastecer directamente al tanque de almacenamiento de lodos (TAL) o al tanque de almacenamiento de Emergencia (TAE). Actualmente el lodo de los espesadores se envía a estas tres estructuras de acuerdo a las necesidades de la operación de la línea de lodos. El régimen de bombeo se realiza dentro de las 24 horas según la situación del proceso de digestión del Digestor. La programación de bombeo se realizará cada dos horas.

### **2.5.2.6. Digestor de lodos (dl).**

Estructura de concreto armado de forma cilíndrica, este tanque tiene un volumen útil de 5700 m<sup>3</sup> (volumen total 6,185 m<sup>3</sup>), equivalente a un periodo de retención de 21 días, correspondiente a una alimentación diaria de 260 m<sup>3</sup> (2022), dimensiones de la estructura: tiene un diámetro interior de 25,40 metros y altura de 11.70 metros.

### **2.5.2.7. Tanque de almacenamiento de lodos (tal)**

Es una estructura cilíndrica de 450 m<sup>3</sup> de capacidad, cuyo objetivo es mejorar la operatividad del manejo de lodos, esta unidad de almacenamiento permite mantener los lodos digeridos en suspensión durante los periodos de inactividad de los equipos de deshidratación en la sala de centrifugado. O en los días que no se opera por motivos de mantenimiento de la centrifuga, por falta de personal en horas de la madrugada o fines de semana. Los lodos serán succionados del tanque de almacenamiento de lodos por bombeo. Dimensiones de la Estructura: Diámetro: 24.60 m, altura: 7.20 metros (útil 5.0 metros).

### **2.5.2.8. Tanque de almacenamiento de lodos de emergencia (tae).**

Esta estructura se ubica al costado derecho del tanque de almacenamiento de lodos, Este tanque de concreto posee una estructura cuadrada y su capacidad de almacenamiento es de 90 m<sup>3</sup>. Su función es reemplazar momentáneamente al tanque de almacenamiento de lodos cuando esta tenga que salir fuera de servicio por mantenimiento. Posee sus componentes de control, acceso, rebose, así como las tuberías para las situaciones antes mencionadas. Solo recibirá los lodos provenientes del digestor o de la CBL-3.

Dimensiones de la estructura:

Dimensiones: 5\*5\*4.60 metros.

Altura (Lateral): 4.60 m (útil 3.60 m).

Sistema de concentración de lodos: No tiene sistema de agitación.

Fuente Memoria Descriptiva de la Ptar.

### **2.5.2.9. Cámara de bombeo de lodos cbl-4.**

Esta cámara de bombeo se ubica en las proximidades exteriores del edificio de deshidratación, succiona los lodos procedentes del tanque de almacenamiento de lodos (TAL) y del tanque de emergencia y los bombea a través de 3 bombas de cavidad progresiva hacia del edificio de deshidratación de lodos, cada vez que se programa centrifugado, Se tiene 3 bombas de lodos en la CBL-04, el caudal de cada una es de 7 l/s (25,2 m<sup>3</sup>/h).



### **2.5.2.10. Edificio de deshidratación.**

Se ubica al costado de la sala del caldero, es el edificio donde se realiza actividades de centrifugado de lodo digerido proveniente del tanque de almacenamiento de lodos (TAL) o del tanque de almacenamiento de emergencia (TAE).

### **2.5.3. Operación Línea de Gases.**

El proceso de biológico de digestión de lodos (digestión anaerobia), genera biogás, este biogás será recolectado y tratado para ser utilizado como combustible en el calentamiento de lodos, el gas que no se utilice será quemado.

La digestión anaerobia mesófila es un procedimiento biológico de estabilización de los lodos a partir de 35°C hasta 45°C. Se traduce por la reducción de las materias orgánicas volátiles.

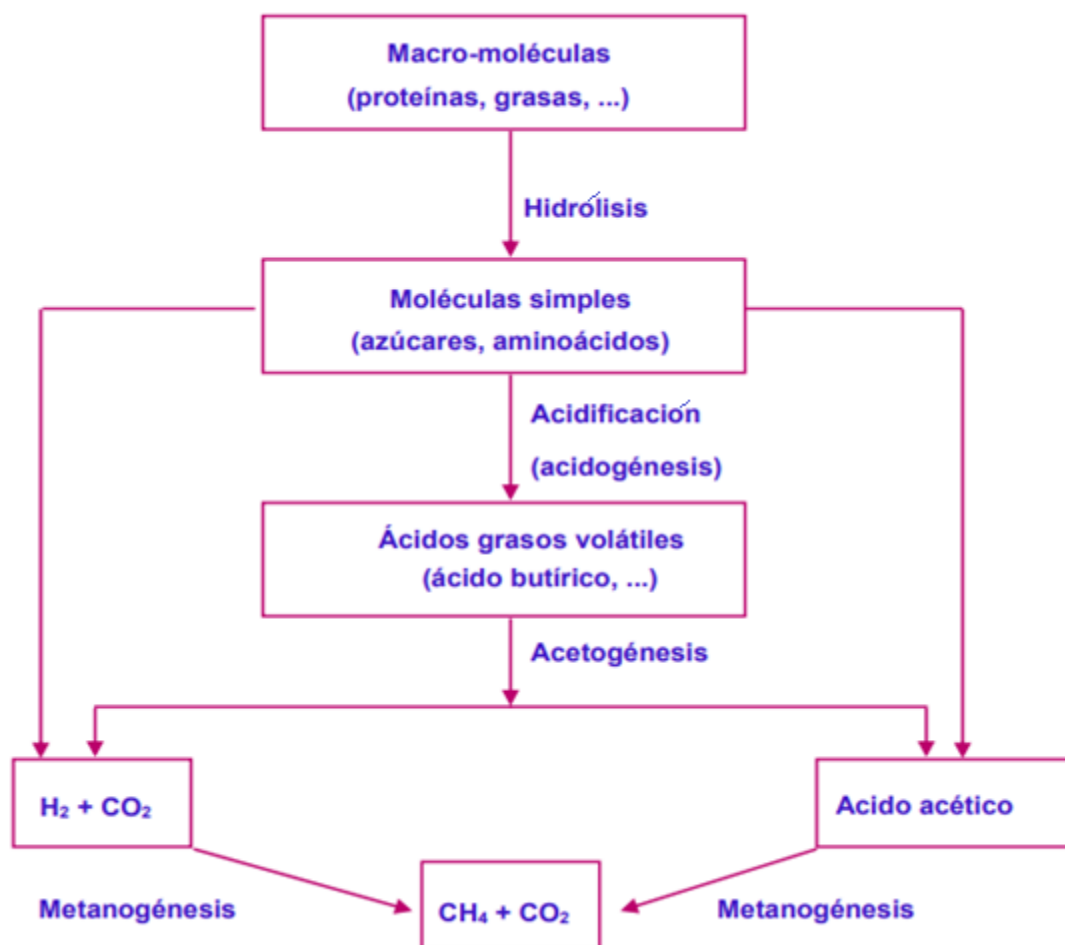
Los objetivos de la digestión son los siguientes:

- Estabilizar los lodos, lo que significa, transformarlas de manera que en el medio ambiente sean lentamente biodegradable. Esta estabilización concretamente, minimiza los malos olores por su reducida capacidad fermentativa. Y el tratamiento ha eliminado también la mayor parte de patógenos.
- Reducir los volúmenes de lodos, bajando los costos de tratamiento.
- Producir lodos de buena calidad agrícola.
- Recuperar el biogás para el calentamiento de los lodos del digesor.

Para tener una buena digestión, un tiempo de retención de 21 días es necesario para asegurar la buena estabilización de los lodos. El digestor está en mezcla permanentemente y alimentado por la parte inferior para evitar la formación de una capa en la parte superior del digestor y mezclar correctamente los lodos. El biogás producido en el digestor está compuesto principalmente de 60 a 65% de CH<sub>4</sub> aproximadamente (en volumen) o 30 a 35% de CO<sub>2</sub> aproximadamente (en volumen). La digestión de los lodos residentes, van a transformar la materia orgánica en acetato, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y luego en metano (CH<sub>4</sub>). El hidrógeno producido durante el acidogénesis y acetogénesis es reabsorbido por los organismos presentes en el medio. Este proceso se desarrolla en un medio estrictamente anaeróbico.

- Hidrólisis: es la transformación por las bacterias acidogénicas de molécula de gran tamaño (materia particulada) en moléculas pequeñas, por acción de enzimas extracelulares.
- Fermentación: es la transformación de las moléculas de tamaño pequeño, fundamentalmente disueltas, en ácidos volátiles de cadena corta (acético, propiónico y butírico), gases (CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>), nuevas células y otros productos.
- Metanogénesis: es la conversión por acción de bacterias anaerobias estrictas, metanogénicas, de los ácidos orgánicos volátiles y el hidrógeno en metano y otros productos simples (CO<sub>2</sub>, agua, amonio).

**Gráfico 8. Procesos en el Digestor.**



Fuente: Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

La digestión depende principalmente de dos factores:

- La temperatura.
- El tiempo de retención: un tiempo de retención de 21 días como mínimo es necesario para asegurar la buena estabilización de los lodos.

**Tabla 4. Características del digestor y Tal.**

Parámetros		Unidad	Valores
<b>DIGESTOR</b>	Área del digestor	m <sup>2</sup>	498.5
	Diámetro del digestor	m	12.3
	Volumen del digestor	m <sup>3</sup>	5700
	Volumen de biogás	m <sup>3</sup>	1081
	Tiempo de retención mínimo	d	21
<b>TAL</b>	Área del TAL	m <sup>2</sup>	498.5
	Volumen total del TAL	m <sup>3</sup>	2592
	Volumen útil del TAL (a partir de los 0.8m de líquido sobre los agitadores)	m <sup>3</sup>	847.5

Fuente: Área procesos de la Ptar San Jerónimo.

#### 2.5.3.1. Generación de biogás en el digestor.

El proceso de digestión anaerobia dentro del digestor tanque de almacenamiento de lodos genera el biogás, estos tanques cuentan con su sistema de protección por sobrepresión y por vacío mediante las válvulas presión vacío. Digestor de lodos: Está conformado por la estructura básica del digestor existente, al cual se le encimará en 11.70m de la estructura cilíndrica y se le proveerá de una cúpula de concreto armado. Este tanque tendrá un volumen útil de 5,700m<sup>3</sup>(volumen total 6,185m<sup>3</sup>), equivalente a un periodo de retención de 14.70 días. Tiene un diámetro interior que varía de 24.60m (sección existente) a 25.40m (sección a encimar).

El sistema de calentamiento y recirculación de lodos permitirá mantener una temperatura promedio de 35°C dentro del digestor, lo que asegura una temperatura óptima de digestión (Guía de operación de la Ptar San Jerónimo).

El biogás producido será básicamente utilizado como combustible para la caldera del sistema de calentamiento de lodos, el exceso de gas será quemado en una antorcha (memoria descriptiva de la Ptar San Jerónimo).

### **2.5.3.2. Almacenamiento de gases.**

Conformado por un Gasómetro, ubicado sobre el tanque de almacenamiento de lodos (TAL) cuya función es el almacenamiento de biogás producido en el tanque de almacenamiento de lodos; de esta manera se deberá mantener la presión del sistema. Gasómetro (GAS): El gasómetro es una estructura constituida de una membrana externa de poliéster recubierta con PVC, fijada herméticamente al muro del tanque de almacenamiento de lodos, a través de tensores. Dentro de esta membrana (externa) existe otra membrana que separa al gasómetro en 2 cámaras. Entre el espacio comprendido entre la membrana más externa y la interna se inyecta aire a través de dos sopladores para mantener la forma esférica de la membrana externa. Por otro lado, entre el interior de membrana interna y el nivel de lodo almacenado se crea una interface donde se almacena el biogás.

### **2.5.3.3. Quemado de gases.**

Conformado por 1 antorcha principal y 1 antorcha de emergencia, cuya función es el quemado del exceso del biogás. La antorcha se enciende cuando la presión del gas en la red, llega a la presión de seteo de la válvula de presión que se encuentra antes de la antorcha. Cuando la presión de gas de la red baja por debajo de la presión de seteo de esta válvula, entonces la antorcha deja de funcionar. Cuando el caudal de gas generado es tal que sobrepasa el consumo estimado en el caldero y la capacidad del gasómetro se encuentra completa (225 mmH<sub>2</sub>O), habrá necesidad de quemar el exceso de biogás, para lo cual se ha considerado dotar al sistema de una antorcha que se encenderá automáticamente cuando a presión en la red alcance un valor determinado, activando un piloto automático y abriendo la válvula automática de control (en conjunto con un pre-termostato), el exceso de gas (exceso de presión) es quemado en la antorcha por combustión propia. Se prevé que del volumen generado de gas aproximadamente sólo un tercio será utilizado como combustible para el caldero y la mayor parte del biogás tendrá que ser quemado, sin embargo, SEDACUSCO posteriormente podrá disponer del biogás remanente en algún esquema de cogeneración (Guía de operación de la Ptar San Jerónimo).

#### **2.5.3.4. Lavado de gases.**

Conformado por un sistema de lavado químico con hidróxido de sodio, cloro gas y agua en dos tanques de fibra de vidrio, cuya función es eliminar el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) para que este pueda utilizarse en el funcionamiento del caldero. Este sistema de lavado de gases cuenta con medidor de PH para controlar el proceso de lavado.

#### **2.5.3.5. Sistema de calentamiento de lodos.**

Compuesto por 1 caldero, 1 intercambiador de calor y 1 sistema de ablandamiento de agua, su función es calentar el lodo para lograr una temperatura de 35°C en biodigestor. El caldero se alimenta para su funcionamiento con biogás lavado. Se cuenta con un caldero de 80BHP y un consumo energético de 2'350,000 BTU/hora, el cual sirve para calentar los lodos que pasan por el intercambiador de calor y que finalmente abastecen al digestor. El caldero tiene como combustible alternativo, al biogás purificado, una fuente de diesel o GLP.

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **3.1. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación incluye el proceso de recolección de muestras, las cuales nos permita identificar sectores de mayor contaminación en los principales colectores de aguas residuales de la ciudad del Cusco, evaluaremos la calidad de agua residual que está ingresando a la planta de tratamiento de aguas residuales para ver que unidades se ven afectadas por la calidad de agua residual que ingresa a la planta.

- Se investigó tomando muestras en los principales colectores de aguas residuales de la E.P.S. SEDACUSCO S.A.
- Se tomó muestras de los diferentes colectores abriendo los buzones y cumpliendo la metodología de muestreo.
- Con los resultados se evaluara la eficiencia de cada unidad de la planta de tratamiento de aguas residuales.

### **3.2. Tipo Y Nivel de la Investigación**

#### **3.2.1. Tipo de la Investigación**

Por el tipo de la investigación, este trabajo reúne condiciones metodológicas de una investigación aplicada, por tal razón se utilizaron conocimientos de ciencias químicas, biológicas, la fase experimental del trabajo de investigación se realizó en los colectores principales pertenecientes a la EPS. SEDACUSCO S.A.



### 3.2.2. Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación tiene características de un estudio descriptivo, explicativo y correlacional, la presente investigación está enmarcada en diferentes normas y leyes generales que regulan y controlan la contaminación de los recursos hídricos.

### 3.3. Método

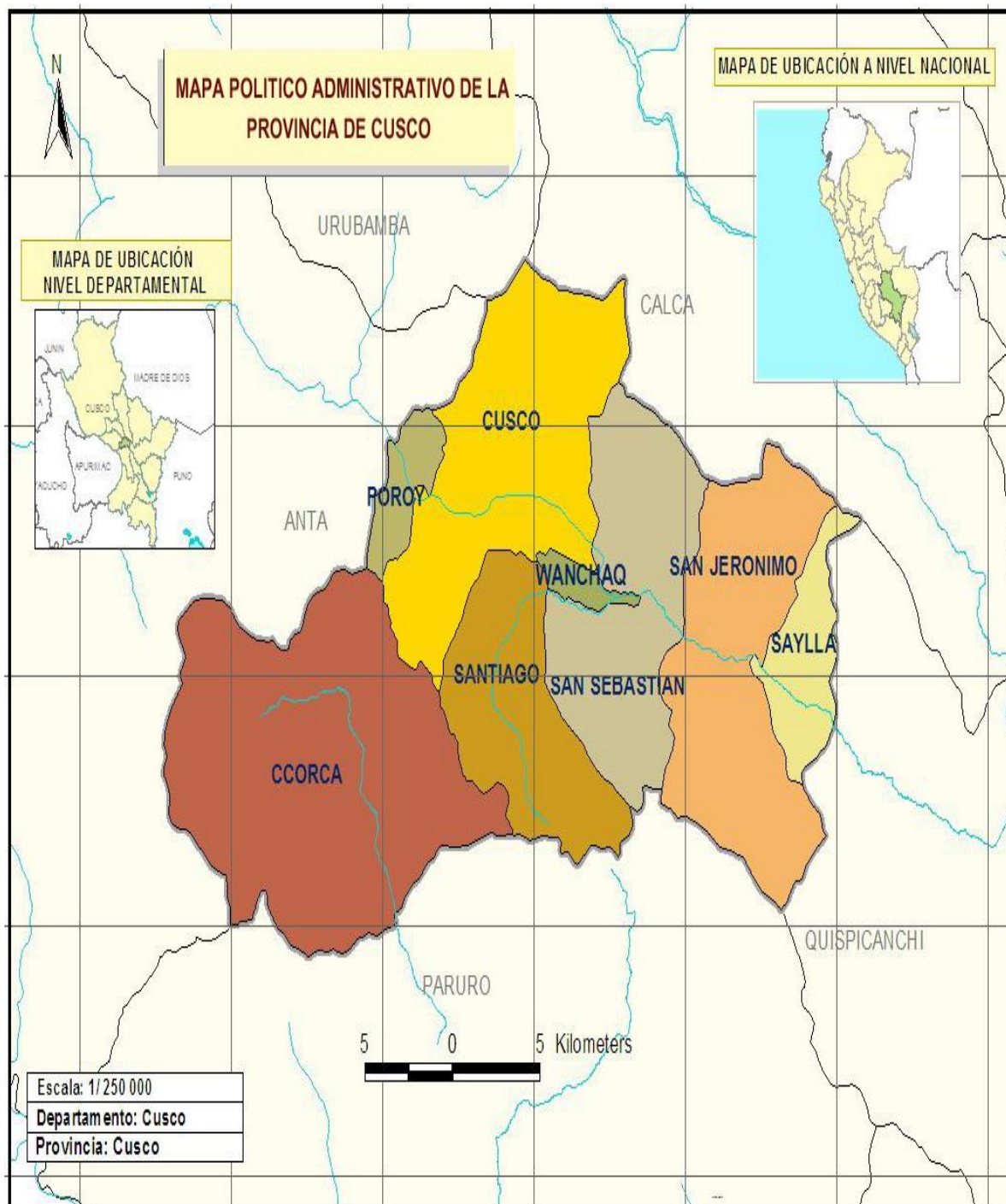
Los principales métodos que se utilizaran durante esta investigación serán:

- Análisis.
- Síntesis.
- Deductivo.
- Inductivo.
- Descriptivo.

#### 3.3.1. Área de Estudio

La provincia de Cusco tiene una extensión de 719 km<sup>2</sup> con una ubicación de aproximadamente sobre los 3,399 msnm 13° 30 ' 45" latitud sur y a 71° 58' 33" longitud oeste a partir del meridiano de Greenwich y se divide en ocho distritos: Cusco, Ccorca, Poroy, San Jerónimo, San Sebastián, Santiago, Saylla y Wanchaq (INEI, 2007); sin embargo, el área de estudio de la investigación comprende los afluentes en el ámbito de influencia de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento SEDACUSCO S.A. Cabe destacar los distritos de Santiago, San Sebastián, Wanchaq, San Jerónimo y Cusco (**GRÁFICO N° 4**).

**Gráfico 9. Ámbito de Influencia de la EPS SEDACUSCO.**



Fuente Municipalidad del Cusco área de catastro.

### 3.3.2. Identificación de puntos de vertido

Para determinar los puntos de a ser monitoreados, se realizó un recorrido previo en campo, considerando zonas donde existen industrias, hoteles grandes, curtiembres, restaurantes, lubricentros, lavaderos de vehículos entre otros, se tomó en cuenta la accesibilidad para la toma de muestra y registro de coordenadas UTM.

La ciudad del Cusco tiene 2 colectores principales:

- Emisor general.
- Interceptor.

Donde el Emisor general pasa por el medio de la ciudad del Cusco y el interceptor pasa junto al río Huatanay en su mayor parte, se consideró 12 puntos de monitoreo en el emisor y 9 puntos de monitoreo en el interceptor:

**Tabla 5. Emisor General.**

Nro	Punto de Monitoreo	Zona	Georreferenciación	
			Coordenada Este	Coordenada Norte
1	Calle Arrayan con Av. Sol	19 L	177780.41 m E	8503336.49 m S
2	Av. Tullumayo con Confraternidad	19 L	178332.58 m E	8502667.19 m S
3	Av. 28 de Julio- Ttio	19 L	179021.15 m E	8502098.40 m S
4	Afluente calle Qosqo	19 L	180094.41 m E	8501992.52 m S
5	Vía expresa altura calle los brillantes	19 L	180319.22 m E	8501955.46 m S
6	Vía expresa altura PRONA	19 L	181847.25 m E	8501820.02 m S
7	Vía expresa altura colegio Sta. Rosa	19 L	183344.01 m E	8501687.19 m S
8	Buzón de arranque Backus	19 L	178258.23 m E	8503411.25 m S
9	Altura colegio Garcilaso	19 L	178764.37 m E	8503309.00 m S
10	Afluente camino Real	19 L	181457.75 m E	8502606.05 m S
11	Cachimayo pueblo Libertador	19 L	185145.35 m E	8501667.98 m S
12	Pampacraca después del camal	19 L	188139.36 m E	8500182.73 m S

Fuente propia.



Gráfico 10. Georeferenciación de Emisor General.



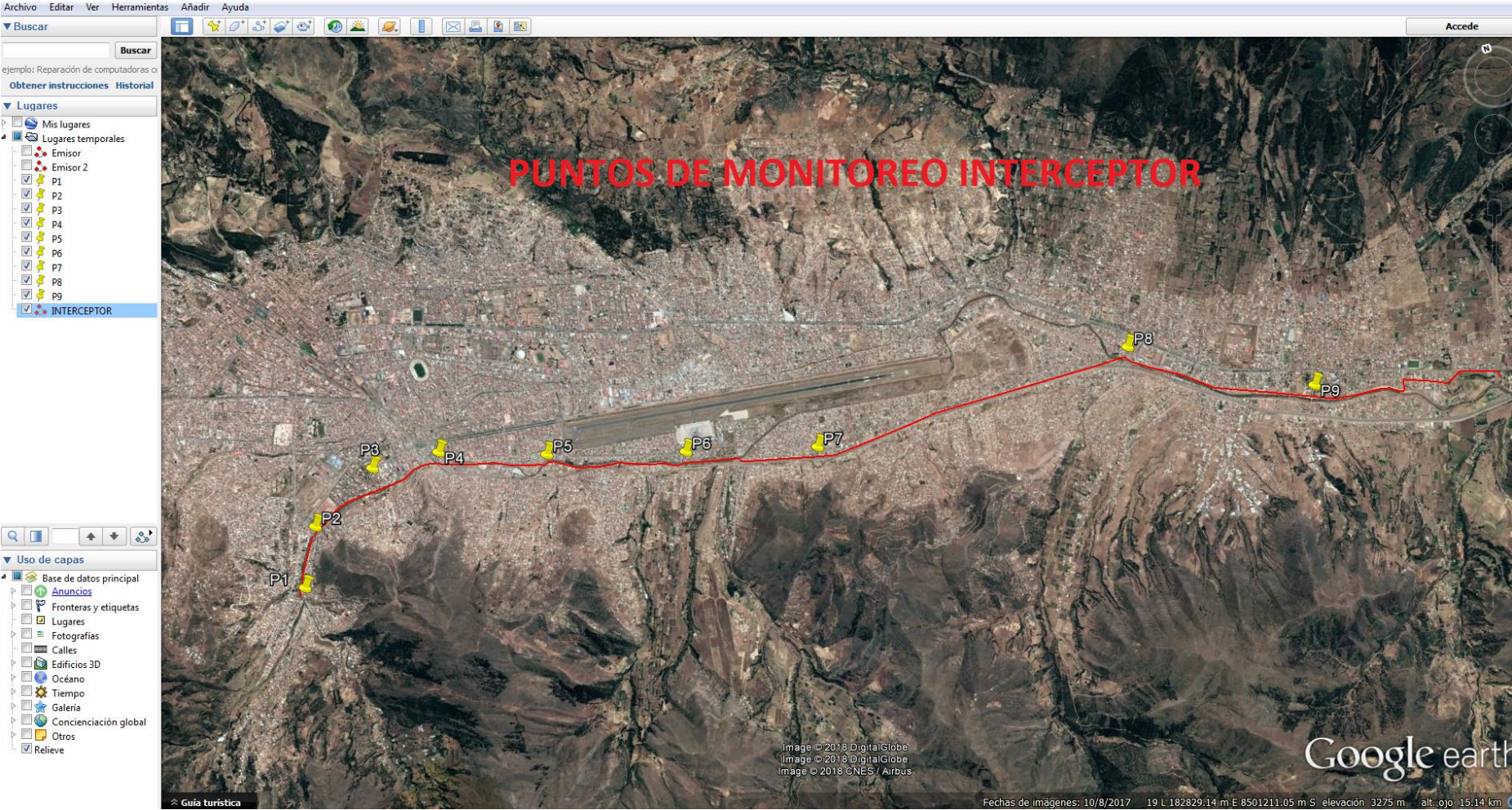
**Tabla 6. Interceptor.**

Nro	Punto de muestreo	Zona	Georreferenciación	
			Coordenada Este	Coordenada Norte
1	Barrio de Dios	19 L	177167.20 m E	8500944.32 m S
2	Pte. Huancaro	19 L	177422.52 m E	8501501.87 m S
3	Huancaro Residencial	19 L	178112.36 m E	8501914.94 m S
4	Ovalo de Ttio	19 L	178788.04 m E	8501896.30 m S
5	APV. Rosaura	19 L	179818.39 m E	8501598.07 m S
6	Pte. Tancarpata	19 L	181161.49 m E	8501266.82 m S
7	Vía de Evitamiento altura Uvima	19 L	182446.36 m E	8500973.04 m S
8	Vía de Evitamiento altura cantuta	19 L	185715.21 m E	8501132.46 m S
9	Pampachacra	19 L	187438.64 m E	8500277.29 m S

Fuente propia.



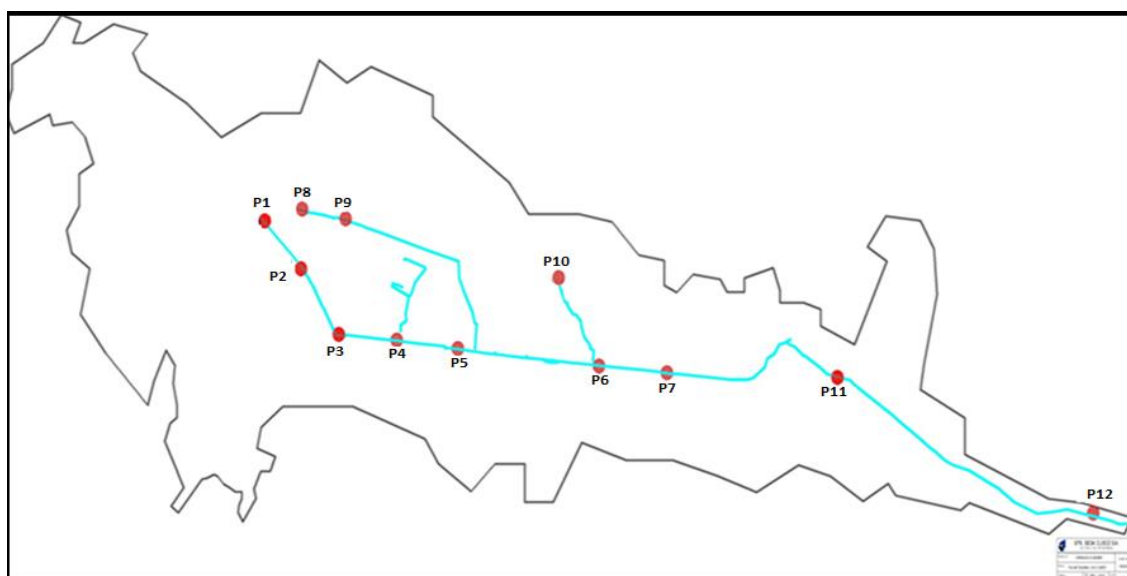
Gráfico 6. Georeferenciación de Interceptor.



### 3.3.2.1. Emisor.

Es uno de los principales colectores de la ciudad del Cusco, este colector pasa por el medio de la ciudad recolectando aguas residuales de usuarios domésticos como de usuarios no domésticos, llevando estas aguas residuales hasta la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad del Cusco.

**Gráfico 7. Croquis Emisor General.**



Fuente propia.

**Tabla 7. Resultados del Emisor General mes de Abril.**

Monitoreo Emisor general abril 2017									
Monitoreo	Punto de Monitoreo	OD	DBO	CT ABRIL	CTT ABRIL	DQO	T °C	pH	SS
P1	Calle Arayan con Av. Sol	2.10	369.5	2.80E+07	2.80E+07	924.0	18.80	7.68	3.6
P2	Av. Tullumayo con	3.60	353.8	2.20E+07	2.20E+07	664.0	18.5	7.49	3
P3	Av. 28 de Julio- Ttio	3.20	398.3	2.40E+07	2.40E+07	824.0	19.2	7.23	2.4
P4	Afluente calle Qosqo	2.20	338.8	9.20E+07	9.20E+07	837.0	19.3	7.03	4.0
P5	Vía expresa altura calle los	0.00	300.0	9.20E+07	9.20E+07	897.0	20.0	7.17	2.2
P6	Vía expresa altura PRONA	1.30	365.7	7.00E+06	7.00E+06	851.0	20.4	7.35	3.2
P7	Vía expresa altura colegio Sta.	1.90	345.5	9.20E+07	9.20E+07	917.0	20.1	7.53	1.0
P8	Buzón de arranque Backus								
P9	Altura colegio Garcilazo	0.00	302.3	1.10E+07	7.00E+06	557.0	18.7	7.60	2.4
P10	Afluente camino Real	3.30	398.0	4.90E+06	4.90E+06	824.0	17.0	7.95	2.2
P11	Cachimayo pueblo Libertador	0.00	380.4	3.50E+07	3.50E+07	837.0	19.4	7.57	2.0
P12	Pampacakra después del	3.20	394.3	1.30E+07	1.30E+07	811.0	20.3	7.60	1.2

Fuente Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

**Tabla 8. Resultados del Emisor General mes de Mayo.**

Monitoreo Emisor general Mayo 2017									
Monitoreo	Punto de Monitoreo	OD	DBO	CT MAYO	CTT MAYO	DQO	T °C	pH	SS
P1	Calle Arayan con Av. Sol	2.70	443.0	1.10E+07	7.00E+06	854.0	16.40	7.91	7.0
P2	Av. Tullumayo con	2.10	457.6	1.30E+07	1.30E+07	732.0	17.3	7.64	4.5
P3	Av. 28 de Julio- Ttio	1.90	429.0	1.30E+07	1.30E+07	752.0	17.6	7.78	2.5
P4	Afluente calle Qosqo	1.70	466.3	2.40E+07	2.40E+07	785.0	17.5	7.76	3.0
P5	Vía expresa altura calle los	1.80	508.8	1.10E+07	7.90E+06	812.0	17.1	7.79	2.2
P6	Vía expresa altura PRONA	1.80	331.1	5.40E+07	3.50E+07	738.0	18.0	7.96	3.0
P7	Vía expresa altura colegio Sta.	1.90	467.0	1.10E+07	1.10E+07	742.0	17.3	7.95	2.0
P8	Buzón de arranque Backus								
P9	Altura colegio Garcilazo	2.80	393.9	1.30E+07	1.30E+07	479.0	16.4	7.98	0.8
P10	Afluente camino Real	3.10	490.8	1.70E+07	1.70E+07	675.0	16.2	7.92	1.5
P11	Cachimayo pueblo Libertador	2.70	448.8	1.70E+07	1.70E+07	783.0	17.1	7.93	1.6
P12	Pampacakra después del	2.90	419.2	1.10E+07	7.90E+06	787.0	17.5	7.88	1.5

Fuente Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.



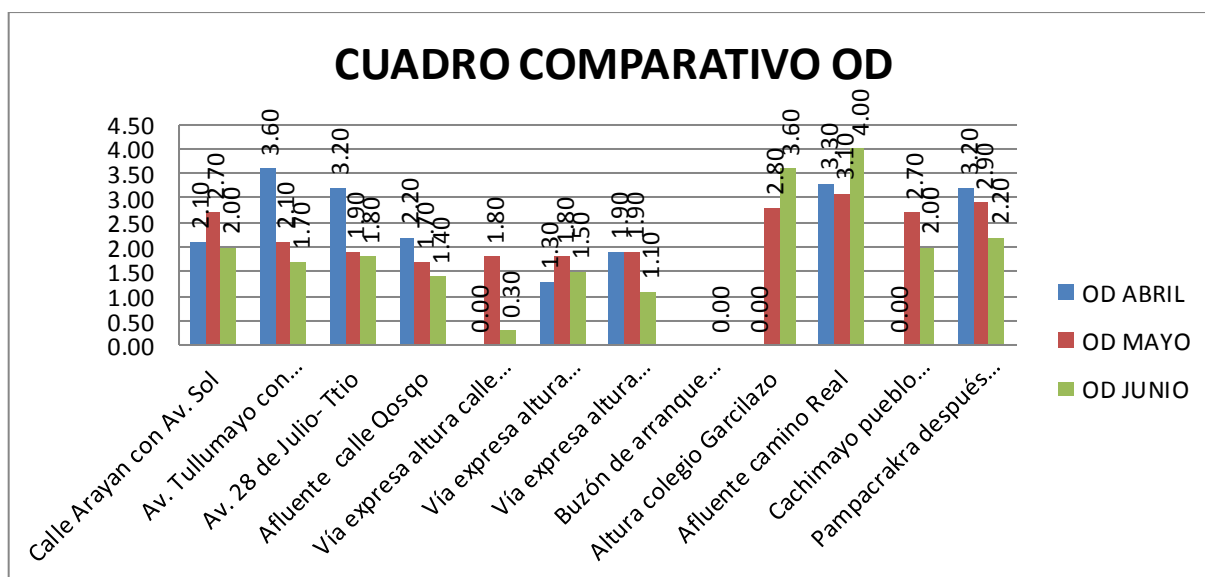
**Tabla 9. Resultados del Emisor General mes de Junio.**

Monitoreo Emisor general Junio 2017									
Monitoreo	Punto de Monitoreo	OD	DBO	CT JUNIO	CTT JUNIO	DQO	T °C	pH	SS
P1	Calle Arayan con Av. Sol	2.00	447.0	1.70E+07	1.70E+07	1021.0	16.20	8.09	7.0
P2	Av. Tullumayo con	1.70	299.8	3.50E+07	3.50E+07	928.0	16.5	8.88	6
P3	Av. 28 de Julio- Ttio	1.80	275.5	1.60E+08	1.60E+08	768.0	16.3	8.64	3.8
P4	Afluente calle Qosqo	1.40	315.6	1.30E+07	1.30E+07	795.0	17.4	8.55	3.0
P5	Vía expresa altura calle los	0.30	360.7	5.40E+07	5.40E+07	941.0	17.7	8.12	4.0
P6	Vía expresa altura PRONA	1.50	392.0	5.40E+07	5.40E+07	968.0	17.0	8.23	4.2
P7	Vía expresa altura colegio Sta.	1.10	362.1	3.50E+07	3.50E+07	875.0	17.5	8.15	2.8
P8	Buzón de arranque Backus	0.00	1239.2	1.70E+05	1.70E+05	3353.0	33.8	12.44	3.0
P9	Altura colegio Garcilazo	3.60	214.7	3.30E+06	3.30E+06	507.0	16.0	8.95	1.4
P10	Afluente camino Real	4.00	309.3	2.30E+06	2.30E+06	688.0	15.3	8.46	1.6
P11	Cachimayo pueblo Libertador	2.00	351.5	2.30E+06	2.30E+06	788.0	16.9	8.15	3.2
P12	Pampacakra después del	2.20	368.1	3.50E+07	3.50E+07	570.0	17.3	7.98	2.0

Fuente Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

\* En el mes de abril y mayo no se encontró caudal de descarga en el buzón de arranque Backus.

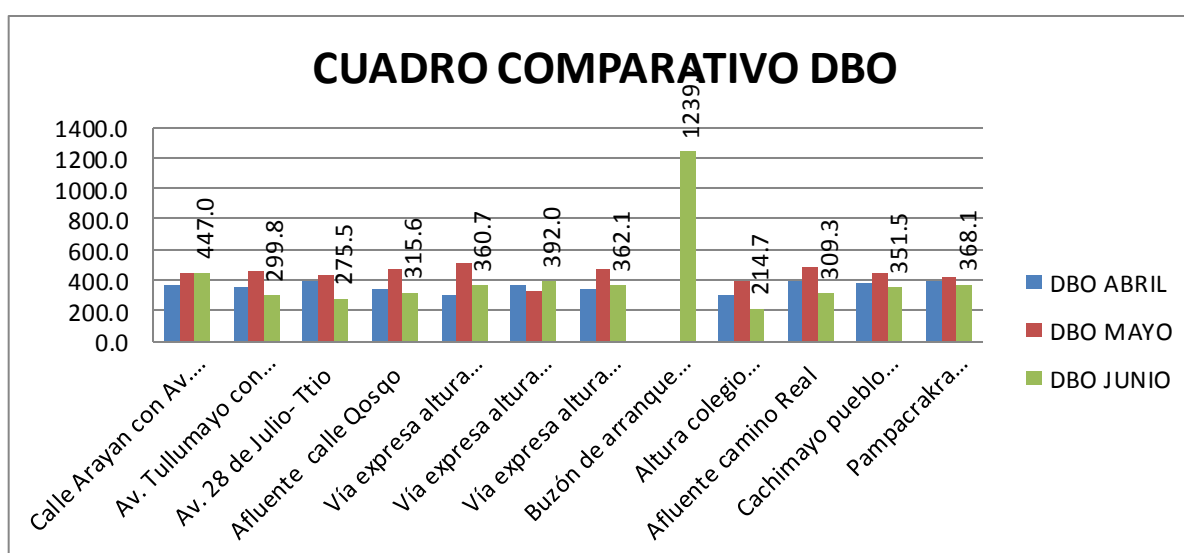
**Cuadro 3. Cuadros Comparativos del Emisor OD.**



Fuente propia.

- En este muestreo se puede observar que no hay muestra de OD en el buzón de arranque de Backus.
- La Muestra realizada en el mes de junio P9 Colegio Garcilaso tiene oxígeno disuelto (OD) de 4, es la muestra más elevada.
- La Muestra realizada en el mes de junio P5 Vía expresa calle los Brillantes tiene Oxígeno Disuelto (OD) de 0.30, es la muestra más baja, esto se debe a que por la zona hay un colector proveniente de Calle Qosqo, por esta zona existen varias Cevicherías y probablemente esté afectando.

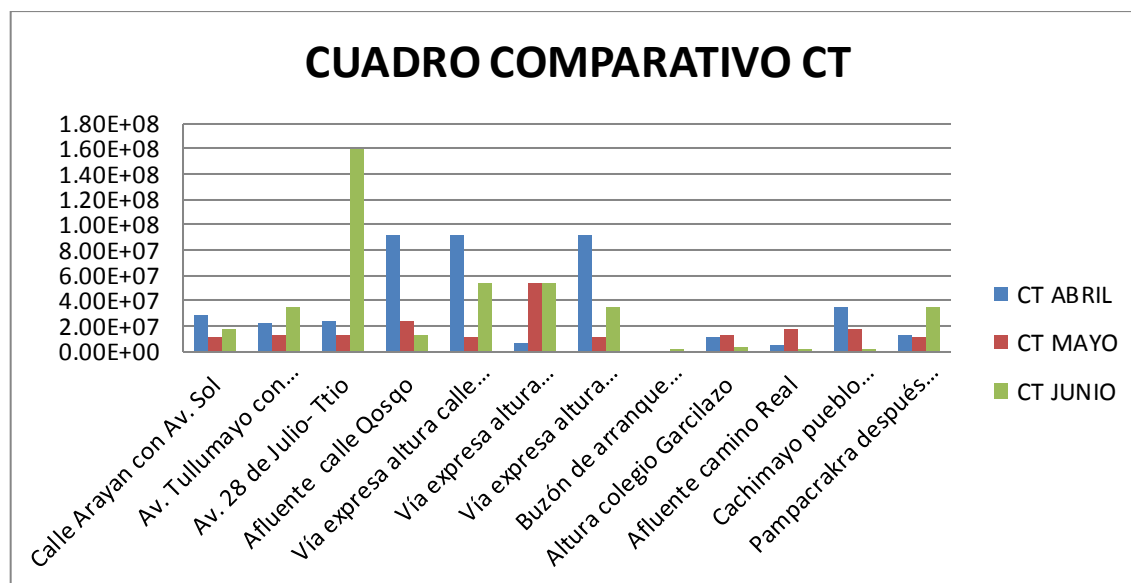
**Cuadro 4. Cuadros Comparativos del Emisor DBO.**



Fuente propia.

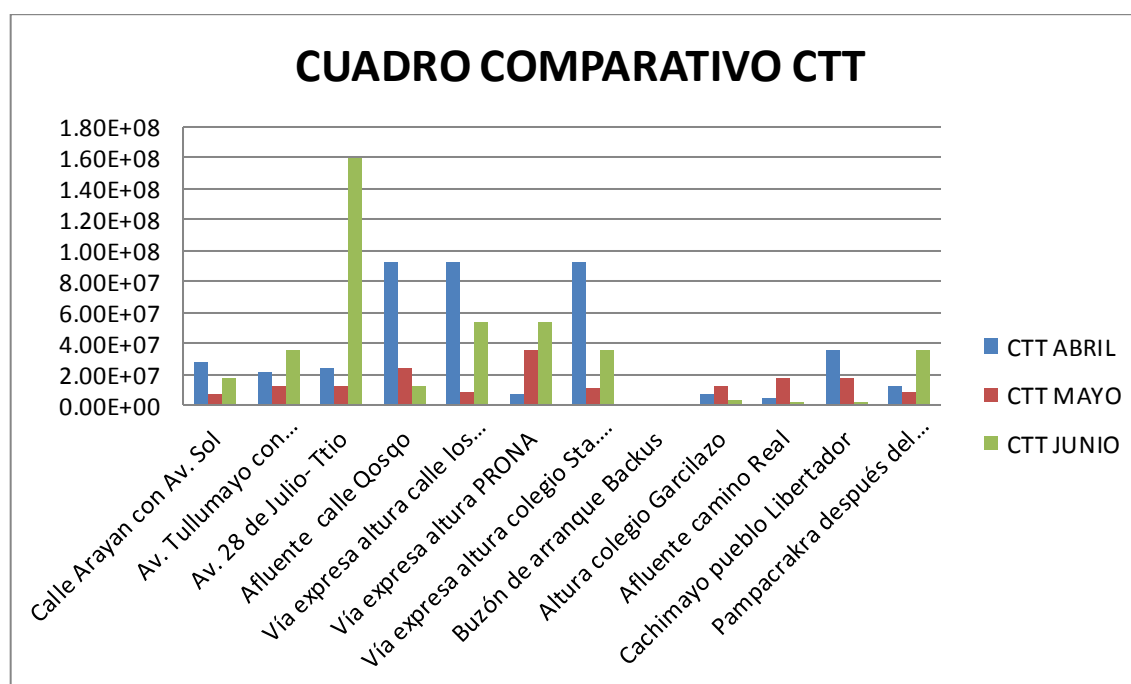
- La Muestra realizada en el mes de junio P8 Buzón de arranque de Backus tiene la DBO más elevada.1239, esto se debe a sus procesos de elaboración de cerveza, se le debe aplicar el DS 021-2009 Vivienda para que controle la contaminación de sus descargas.

**Cuadro 5. Cuadros Comparativos del Emisor CT.**



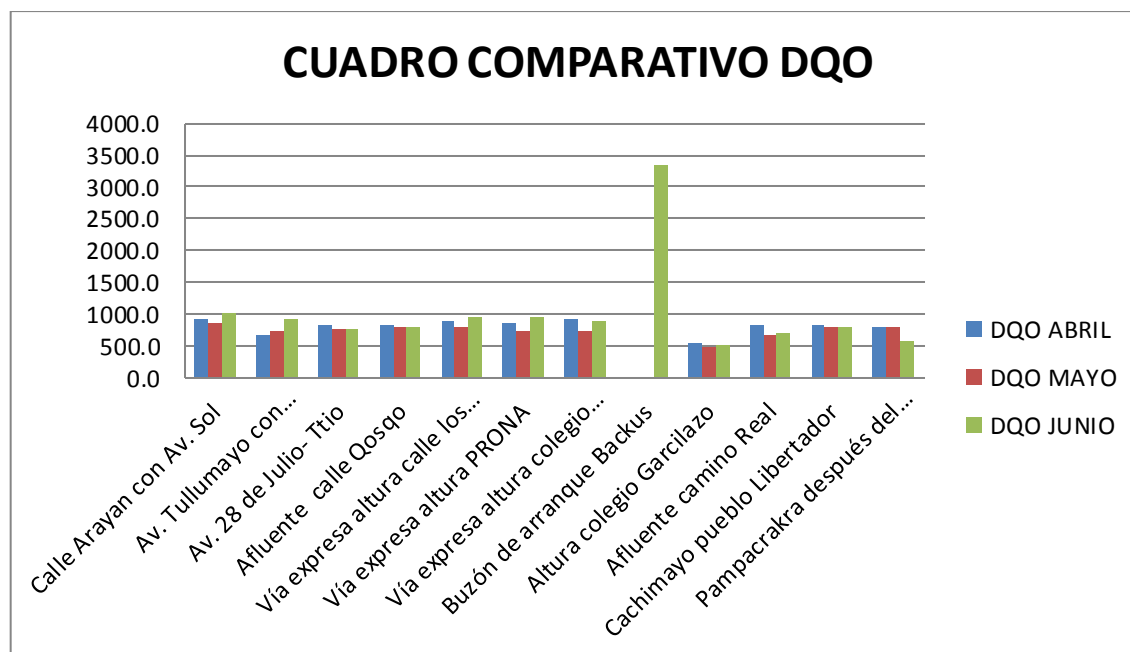
Fuente propia.

**Cuadro 6. Cuadros Comparativos del Emisor CTT.**



Fuente propia.

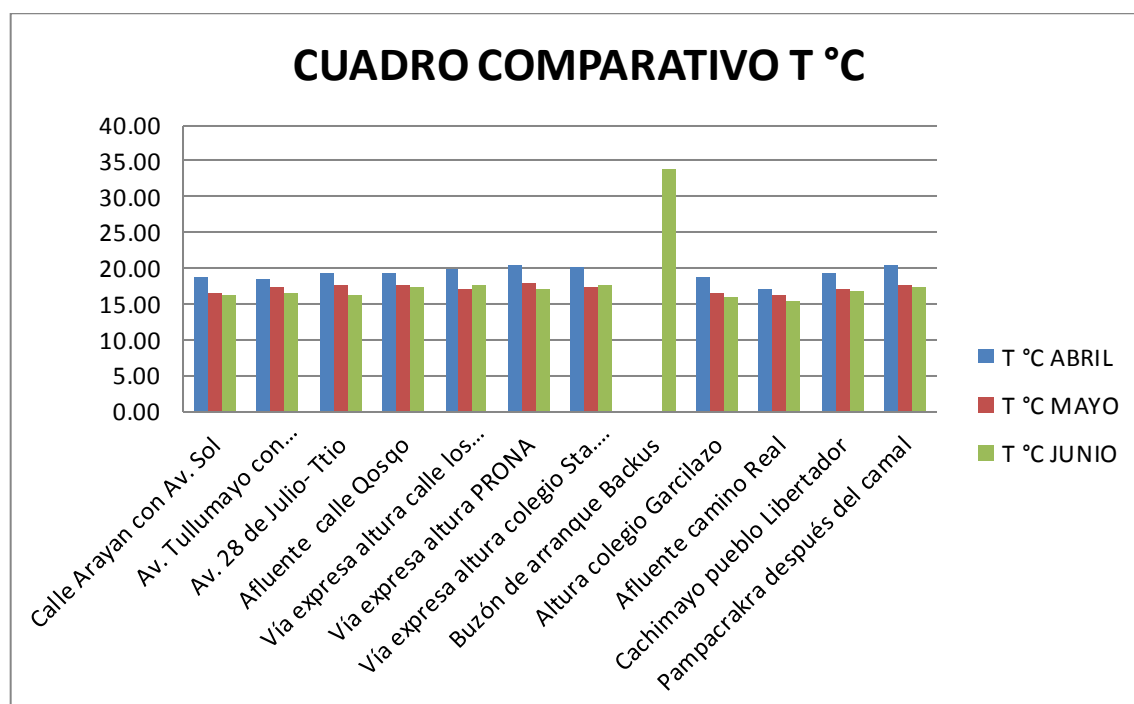
**Cuadro 7. Cuadros Comparativos del Emisor DQO.**



Fuente propia.

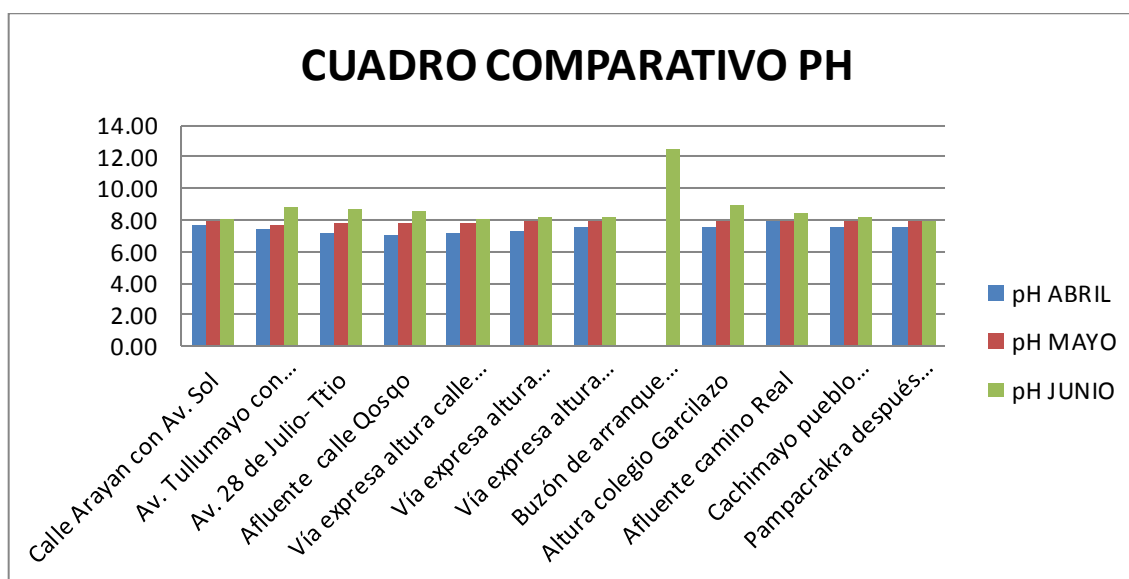
- La Muestra realizada en el mes de junio P8 Buzón de arranque de Backus tiene la DQO más elevada 3353, esto se debe a sus procesos de elaboración de cerveza, se le debe aplicar el DS 021-2009 Vivienda para que controle la contaminación de sus descargas.

**Cuadro 8. Cuadros Comparativos del Emisor T°C.**



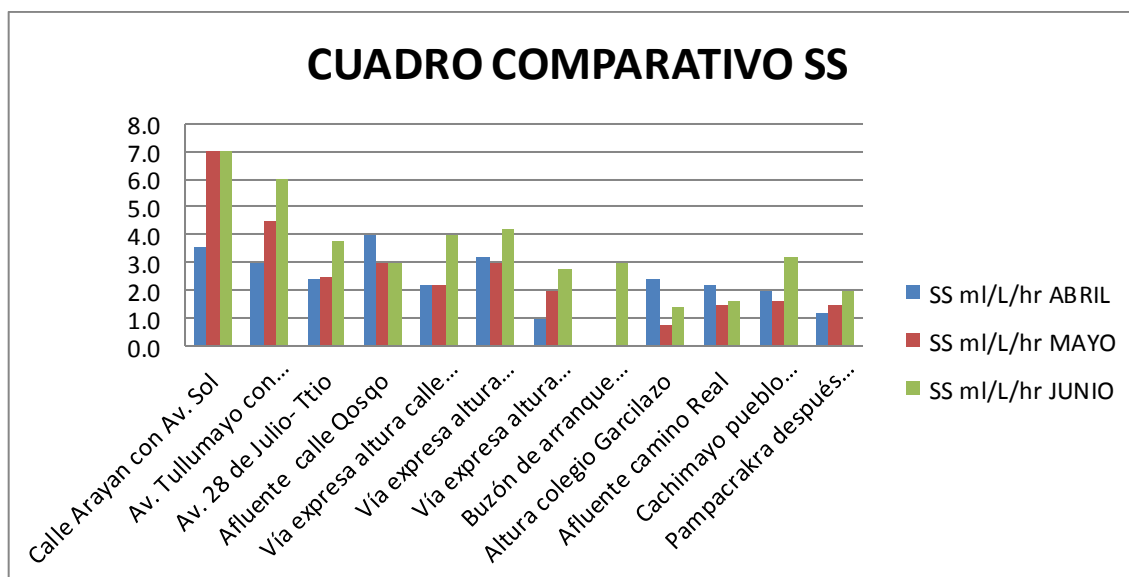
Fuente propia.

- Según el anexo 2 del DS 021-2009 Vivienda se tendría que suspender el servicio de alcantarillado por exceder este valor.

**Cuadro 9. Cuadros Comparativos del Emisor PH.**

Fuente propia.

- Según el anexo 2 del DS 021-2009 Vivienda se tendría que suspender el servicio de alcantarillado por exceder este valor.

**Cuadro 10. Cuadros Comparativos del Emisor SS.**

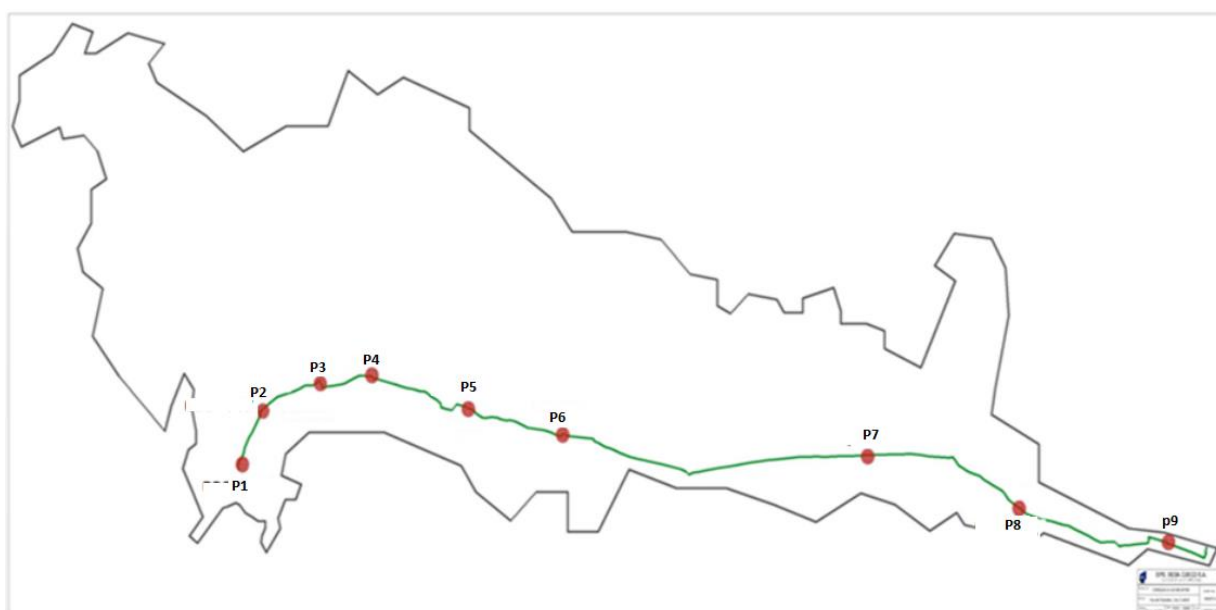
Fuente propia.

Existen hoteles y restaurantes turísticos por este sector, se debería identificar quienes están vertiendo aguas residuales sin previo tratamiento.

### 3.3.2.2. Interceptor

Es uno de los principales colectores de la ciudad del Cusco, este colector pasa por junto al rio Huatanay recolectando aguas residuales de usuarios domésticos como de usuarios no domésticos, llevando estas aguas residuales hasta la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad del Cusco.

**Gráfico 7. Croquis del Interceptor.**



Fuente propia.

**Tabla 10. Resultados del Interceptor mes de Abril.**

Monitoreo Interceptor Abril 2017								
Punto de Monitoreo	OD ABRIL	DBO ABRIL	CT ABRIL	CTT ABRIL	DQO ABRIL	T °C ABRIL	Ph ABRIL	SS ml/L/hr ABRIL
Barrio de Dios	1.8	627.2	5.40E+07	1.70E+07	1283	16.6	8.75	7
Pte. Huancaro	0.7	637.1	9.20E+07	9.20E+07	2283	16.4	8.27	5.5
Huancaro residencial	3.2	558.2	1.40E+07	1.40E+07	1016	17	8.18	4.4
Ovalo de Ttio	2.2	515.3	1.10E+07	1.10E+07	869	18.3	8.07	6
APV. Rosaura	1.8	528.3	1.30E+07	1.30E+07	896	16.8	7.98	4
Pte. Tancarpata	1.7	566.1	2.40E+07	2.40E+07	1003	17.5	7.87	6.2
Via de evitamiento altura uvima-Grifo	1.3	450.4	1.10E+07	1.10E+07	789	17.3	7.83	2.2
Via de evitamiento Maestro	0.9	461.3	1.40E+07	1.40E+07	1723	17.2	7.68	3
Pampachakra	0.4	409.7	7.90E+06	7.90E+06	643	18.1	7.58	2.2

Fuente Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

**Tabla 11. Resultados del Interceptor mes de Mayo.**

Monitoreo Interceptor 2017								
Punto de Monitoreo	OD MAYO	DBO MAYO	CT MAYO	CTT MAYO	DQO MAYO	T °C MAYO	pH MAYO	SS ml/L/hr MAYO
Barrio de Dios	1.3	458.5	1.60E+08	5.70E+07	1320	15.1	8.4	1.5
Pte. Huancaro	1.7	407.8	9.20E+07	5.40E+07	1040	14.2	8.5	15.5
Huancaro residencial	2	383.3	5.40E+07	5.40E+07	909	15.9	8.48	3.5
Ovalo de Ttio	2	317	2.40E+07	2.40E+07	824	15	8.38	4.5
APV. Rosaura	1.9	435	1.30E+07	1.30E+07	1121	15.5	8.41	5.7
Pte. Tancarpata	2.1	435.2	2.40E+07	2.40E+07	901	15.8	8.39	3.8
Via de evitamiento altura uvima-Grifo	1.4	399.1	2.40E+07	2.40E+07	858	16.7	8.23	7.8
Via de evitamiento Maestro	1.7	333.9	2.40E+07	2.40E+07	892	16.4	8.5	6.5
Pampachakra	1	338.1	9.20E+08	5.80E+08	831	18	8.19	4.5

Fuente Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

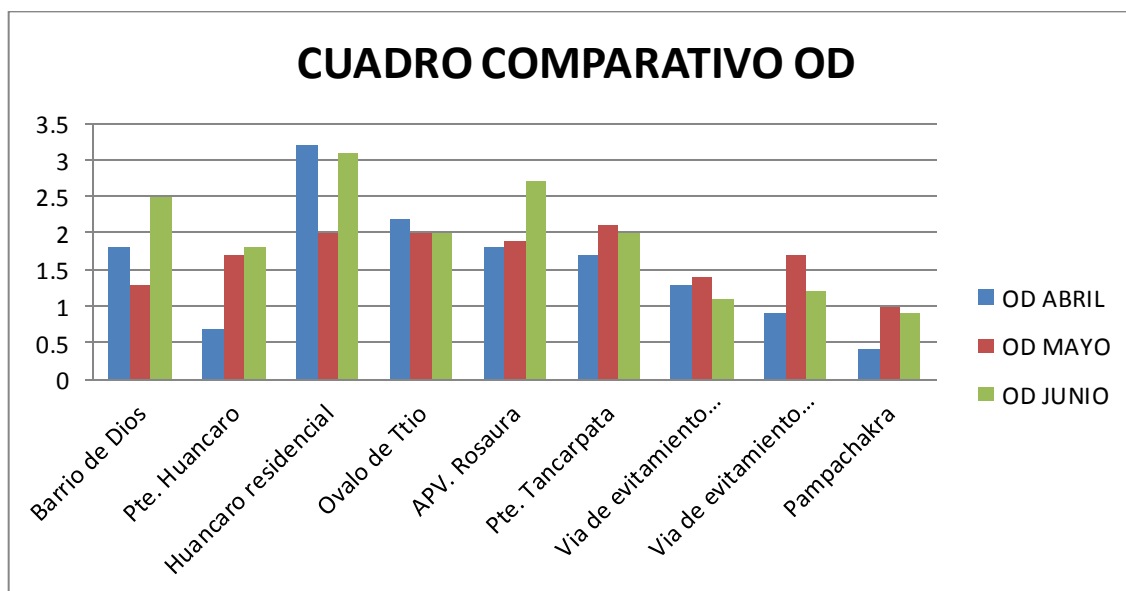


**Tabla 12. Resultados del Interceptor mes de Junio.**

Monitoreo Interceptor 26 de Junio 2017								
Punto de Monitoreo	OD JUNIO	DBO JUNIO	CT JUNIO	CTT JUNIO	DQO JUNIO	T °C JUNIO	pH JUNIO	SS ml/L/hr JUNIO
Barrio de Dios	2.5	228.7	9.20E+07	9.20E+07	961	13.9	8.53	3.6
Pte. Huancaro	1.8	222.6	9.40E+07	7.00E+07	941	15.1	8.45	5
Huancaro residencial	3.1	195.7	1.70E+06	1.30E+06	676	18.1	8.26	3
Ovalo de Ttio	2	297.4	9.20E+07	5.40E+07	928	16.6	8.39	6
APV. Rosaura	2.7	218.5	1.30E+07	4.90E+06	968	16	8.38	3.6
Pte. Tancarpata	2	234.6	9.20E+07	5.40E+07	948	16.2	8.37	4.2
Via de evitamiento altura uvima-Grifo	1.1	316.9	2.40E+07	2.40E+07	981	16.9	8.12	4.5
Via de evitamiento Maestro	1.2	297.9	2.30E+06	2.30E+06	935	17	8.2	5.8
Pampachakra	0.9	315.0	2.40E+07	2.40E+07	888	17.3	8.18	3.2

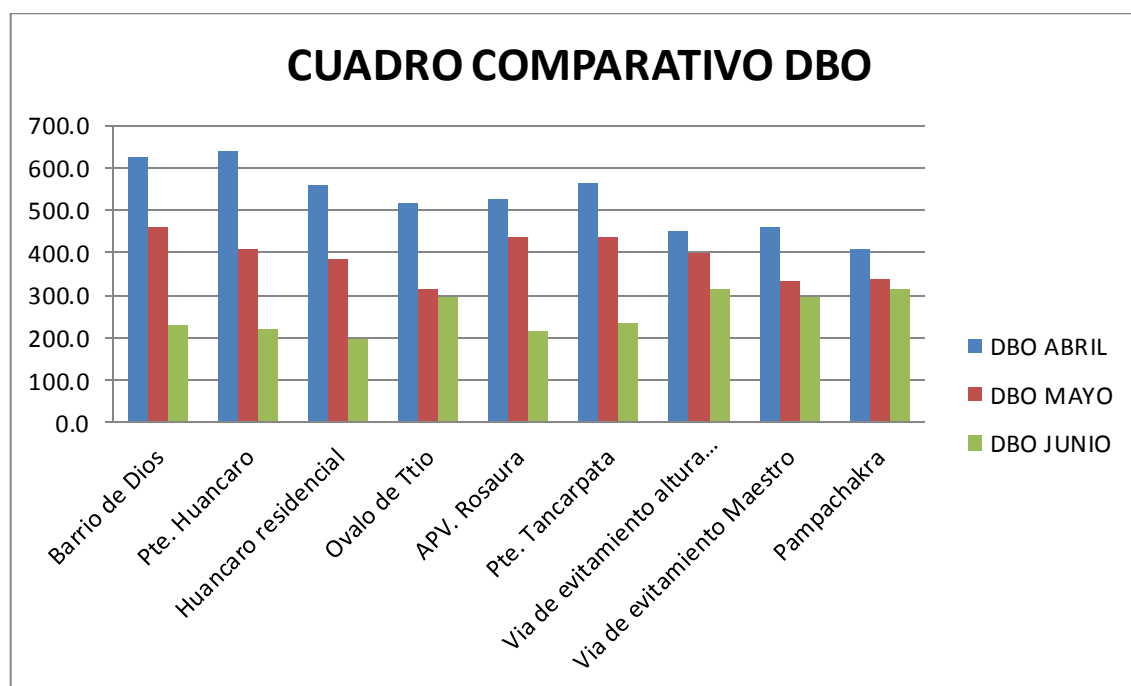
Fuente Laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

**Cuadro 11. Cuadros Comparativos del Interceptor OD.**



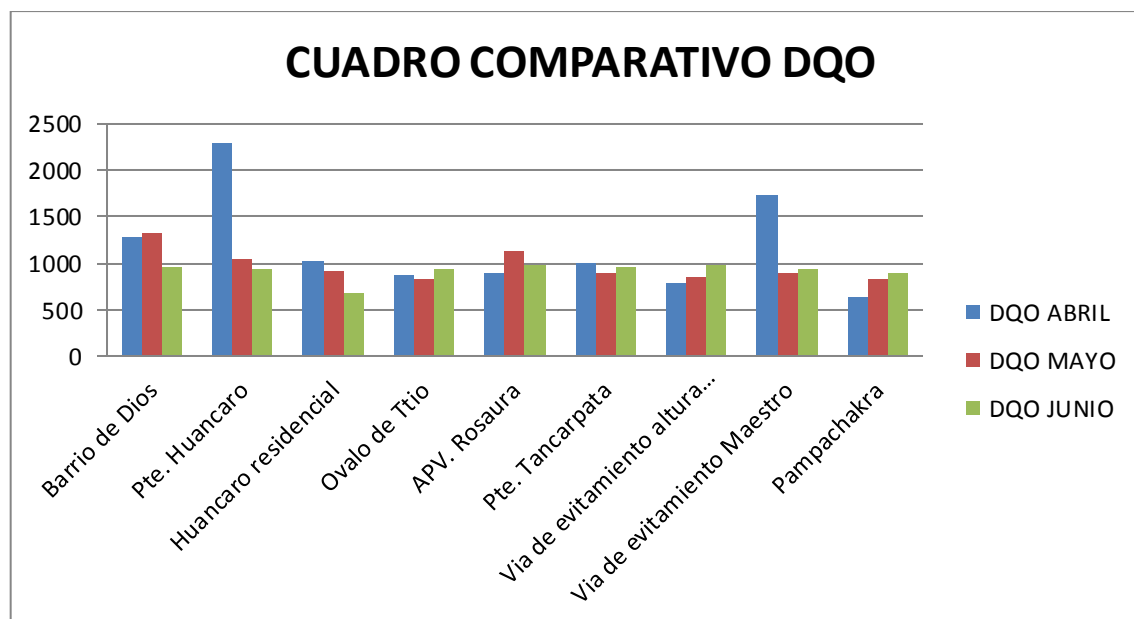
Fuente propia.

**Cuadro 12. Cuadros Comparativos del Interceptor DBO.**

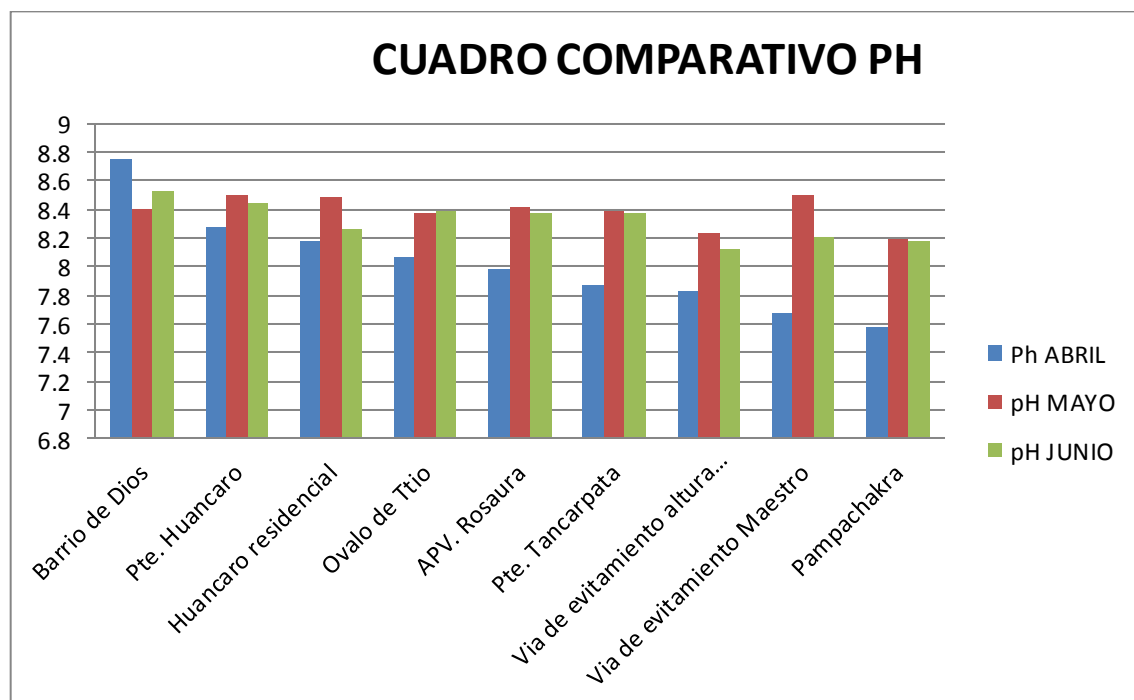


Fuente propia.

- En el mes de abril se observa q los valores de la DBO están elevados, por este sector existen lavaderos de vehículos de debería aplicar el DS. 021-2009 vivienda a estos negocios para traten sus aguas antes de ser descargadas a las redes colectoras de la EPS SEDACUSCO S.A.

**Cuadro 13. Cuadros Comparativos del Interceptor DQO.**

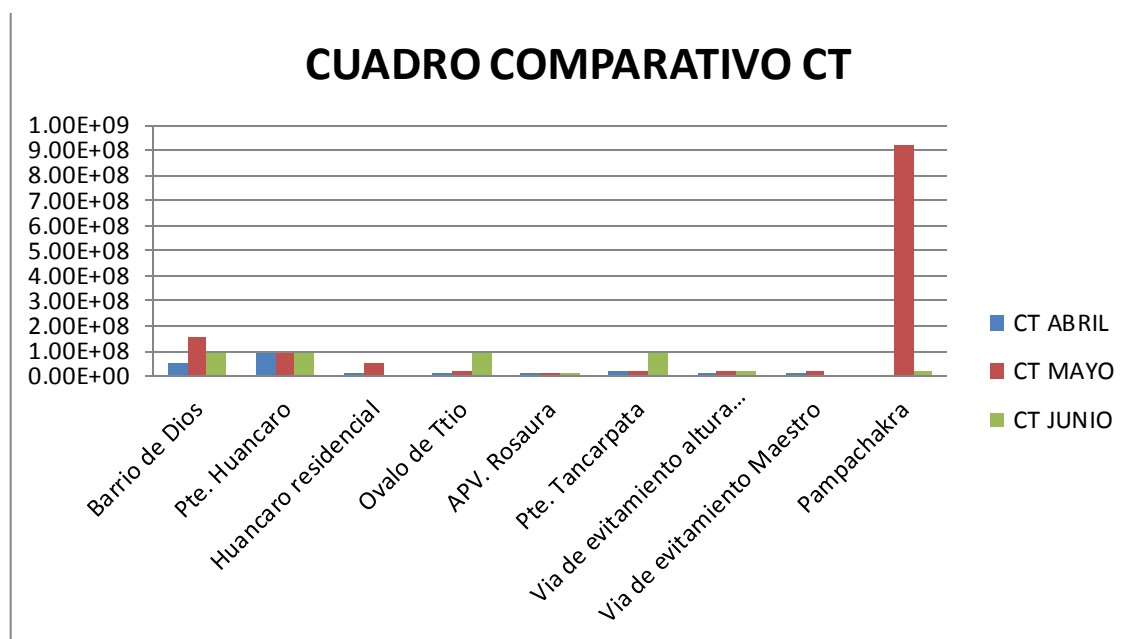
Fuente propia.

**Cuadro 14. Cuadros Comparativos del Interceptor PH.**

Fuente propia.

- En sector de Barrio de Dios el PH es el más elevado por la presencia de varias cevicheras.

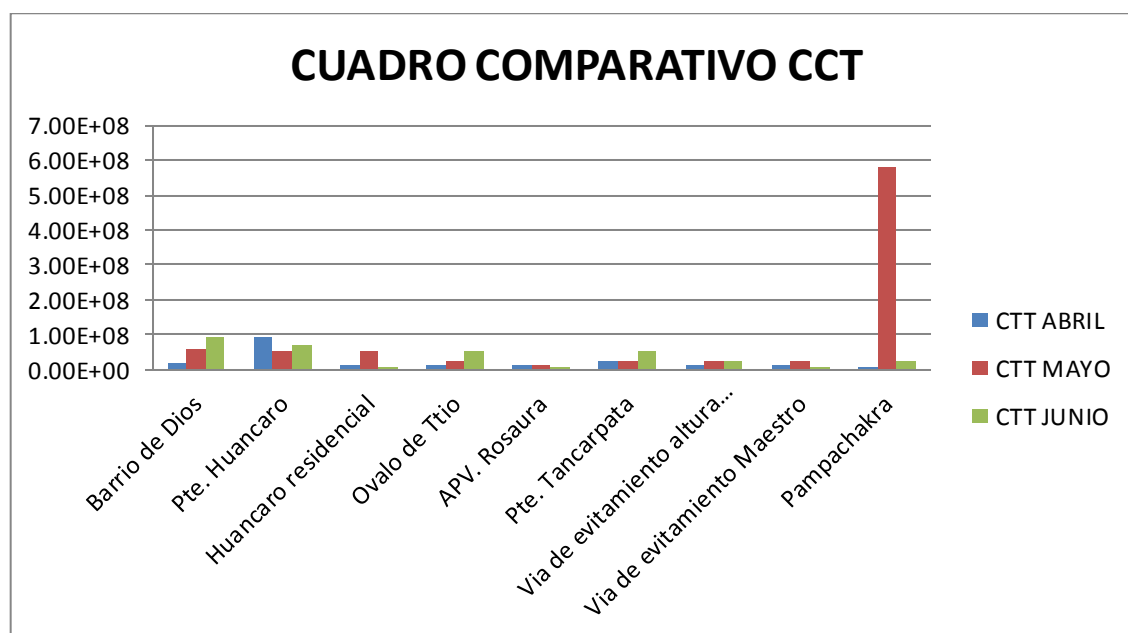
**Cuadro 15. Cuadros Comparativos del Interceptor CT.**



Fuente propia.

- En este sector existen 2 canales que descargan sus aguas residuales sin ningún de tratamiento.

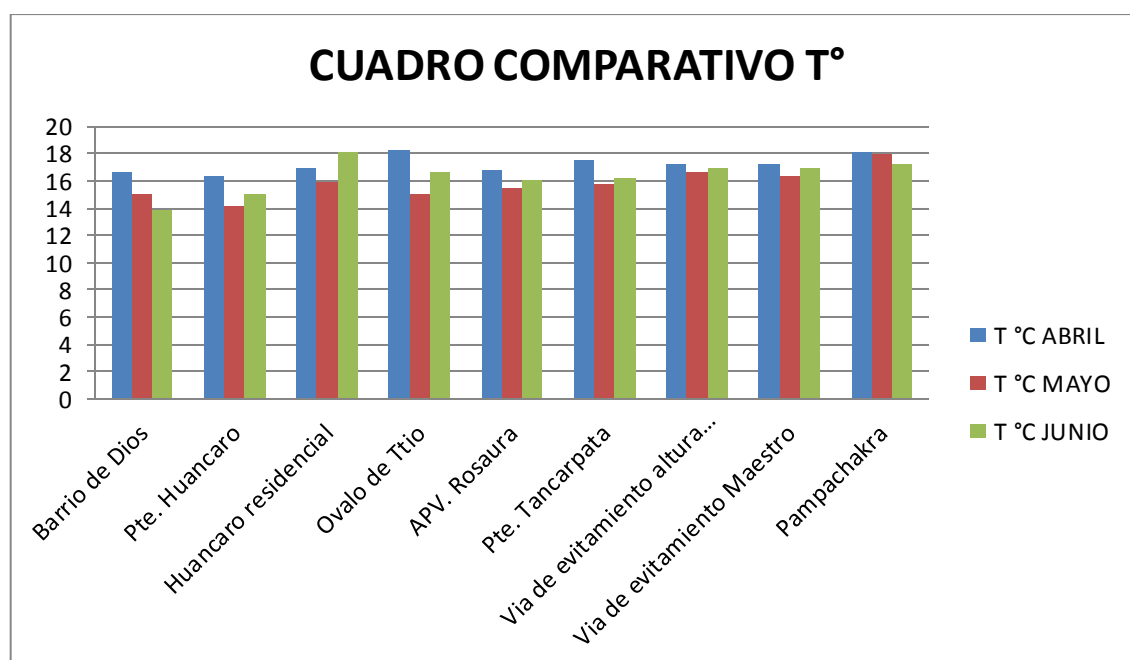
**Cuadro 16. Cuadros Comparativos del Interceptor CTT.**



Fuente propia.

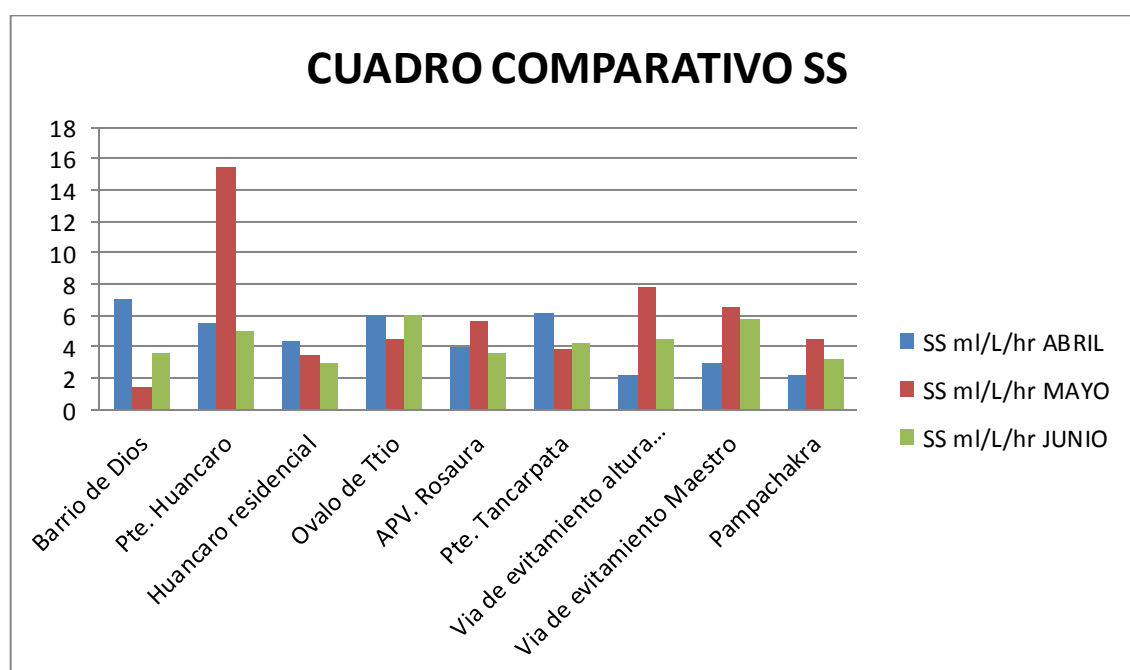
- En este sector existen 2 camales que descargan sus aguas residuales sin ningún de tratamiento.

**Cuadro 17. Cuadros Comparativos del Interceptor T°.**



Fuente propia.

**Cuadro 18. Cuadros Comparativos del Interceptor SS.**



Fuente propia.

- En este sector existen varias cevicheras y lavaderos de vehículos que están vertiendo sus aguas residuales sin previo tratamiento.

### **3.3.3. Colectores y zonas que descargan al Interceptor y al Emisor General.**

Para hacer este trabajo se tuvo que sectorizar la ciudad del Cusco:

- Zonificación de colectores.
- Calles que descargan a colectores de aguas residuales.

#### **3.3.3.1. Colectores que descargan al Interceptor.**

- Zona 3 Colector Sayari.
- Zona 4 Colector Villa el Sol.
- Zona 5 Colector Korimachayhuacniyoc.
- Zona 6 Colector Jaquira.
- Zona 7 Colector Barrio de Dios.
- Zona 15 Colector Margen Derecha.
- Zona 17 Colector Wimpillay.
- Zona 24 Colector Agua Buena.
- Zona 26 Colector Tupac Amaru.
- Zona 27 Colector Pillao Matao.
- Zona 29 Colector Versalles.
- Zona 18 Colector Velasco Astete.
- Zona 16 Colector Costanera.

### 3.3.3.2. Zonas que descargan al Interceptor.

Se monitoreó el interceptor altura de Barrio de Dios descargando los siguientes barrios:

- Apv. Valle Hermosa.
- AA.HH Juan E. Medrano.
- AA.HH Villa Primavera.
- Apv. Victor Raúl.
- Apv. Guadalupe.
- Apv. Erapata.

Se monitoreó en MERCADO DE HUANCARO, descargando los siguientes sectores:

- Apv. Ramiro Priale.
- Apv. Manahuñunca.
- Apv. Manahuañoncca.
- PP.JJ. Vila Hermosa

Se monitoreó a la altura de Korimachayhuayniyoc, descargando los siguientes sectores:

- Urb. Residencial Huancaro.

Se monitoreó a la altura del óvalo de Pachacútec descargando los siguientes sectores:

- U.V. Santiago.
- Ejército e Independencia.
- Koripata Norte.
- Urb. Coripata Norte.
- Urb. el Olivo.



- Urb. Amadeo Repeto
- Urb. Dolores Pata.
- Urb. Primavera.
- Urb. Bancopata.

Se monitoreó a la altura Apv. Rosaura descargando los siguientes sectores:

- Apv. Rosaura.
- AAHH José Olaya.
- Urb. Simón Herrera.

Se monitoreó a la altura Velasco Astete descargando los siguientes sectores:

- PPJJ Gral. Ollanta.
- PPJJ Cesar Vallejo.
- PPJJ Hijos de Wimpillay.
- Apv. Villa Zarate.
- Apv. Porvenir.
- Apv. Sr. de Ccoylloritti.
- PPJJ. Wimpillay.
- Apv. Villa Paraíso.

Se monitoreó a la altura Túpac Amaru descargando los siguientes sectores:

- AAHH Agua Buena.

Se monitoreó a la altura Apv. La Cantuta descargando los siguientes sectores:

- Apv. Uvimas 2.
- Apv. Uvimas 7.
- Apv. Horacio Zevallos.
- Apv. Uvimas 3.

- Apv. Primavera.
- Apv. Uvimas 5.
- Apv. Virgen del Carmen.
- Apv. Los Frutales.
- Apv. Villa Rinconada.
- Urb. Túpac Amaru.
- Urb. Picol.
- Urb. Jardín de Versalles.
- Urb. Villa Los Pinos.
- Apv. Juan Pablo 2.
- Urb. Versalles.
- Urb. Prado de Versalles.
- Urb. Aurora Ruiz Caro.
- Urb. Kantu Versalles.
- Urb. San Juan Masias.
- Urb. La Cantuta.

Se monitoreó a la altura de Pampachacra descargando los siguientes sectores:

- Urb. San Juan de Dos
- Apv. Trigal.
- Apv. Nuevo Horizonte.
- AAHH Virgen rosario.
- Pampachacra.

### **3.3.3.3. Colectores que descargan al Emisor.**

- Zona 25 Colector San Antonio.
- Zona 8 Colector Tulumayo.
- Zona 2 Colector Av. sol.
- Zona 20 Colector Parque Industrial.
- Zona 10 Colector Diagonal.

- Zona 12 Colector Av. Qosqo.
- Zona 11 Colector San Borja.
- Zona 13 Colector Ttio Norte.
- Zona 19 Colector Kenedy a.
- Zona 9 Colector Collasuyo.
- Zona 14 Colector Ttio sur.
- Zona 21 Colector Cachimayo.
- Zona 22 Colector Coviduc.
- Zona 28 Colector Larapa Cachimayo.

#### **3.3.3.4. Zonas que descargan al Emisor.**

Se monitoreó en Av. Sol con Arrayán descargando los siguientes sectores:

- Puntos Colindantes con la Plaza de Armas
- Cl. Palacio.
- Cl. Triunfo.
- Cl. Santa Catalina Ancha.

Se monitoreó en Av. Sol Con Tullumayo Altura Grifo descargando los siguientes sectores:

- Urb. Banco de la Nación.
- Barrios de Av. Huáscar.
- Av. Tullumayo.
- Apv. Atoqsaycuchi.
- Apv. San Marcos.
- Apv. San Blas.

Se monitoreó en Altura Óvalo Pachacútec descargando los siguientes sectores:

- Urb. Coovecrif.
- Av. Manco Cápac.
- Av. Pachacútec.
- Psj. Zavaleta.
- Av. Confraternidad.
- Av. Primavera.
- Av. Infancia.

Se monitoreó Vía Expresa Altura los Brillantes descargando los siguientes sectores:

- Urb. Ttio Norte.
- Urb. Ttio Sur.
- Urb. La Florida.
- Urb. San Borja.
- Urb. El Óvalo.
- Urb. Mateo Pumacahua.

Se monitoreó Vía Expresa Altura Calle Colombia descargando los siguientes sectores:

- Urb. San Judas Grande.
- Urb. Fco. Morales.
- Urb. Entel Perú.
- Urb. Kennedy A.

Se monitoreó Av. la Cultura Frente al Colegio Garcilaso descargando los siguientes sectores:

- Urb. Rosaspata.
- Calle Recoleta.

- Jr. Athualpa.
- Jr. Avel Landeo.
- Urb. Zarumilla.

Se monitoreó Colector Camino Real con Av. de la Cultura descargando los siguientes sectores:

- Urb. Vallecito.
- Urb. Los Marqueses.
- Av. Collasuyo.
- Urb. Quispicanchis.
- Urb. Miravalle.
- Urb. 1 de mayo.
- Urb. Los Portales.

Colector Av. de la Cultura altura Puente San Sebastián con Santa Úrsula descargando los siguientes sectores:

- Calle Naval.
- Calle Miraflores.
- Calle Daniel Artega.
- Calle Malle Mariano Santos.
- Urb. San Agustín.
- Urb. Villa Yacanora.
- Urb. Licenciados.
- Urb. San Agustín.
- Urb. Campiña Baja.
- Apv. . Las Palomas.

Vía Expresa Altura entre la Calle Perú y Sucre descargando los siguientes sectores:

- Apv. 28 de julio.
- Calle Almagro.
- Av. Perú.
- Calle Diego Quispe Tito
- Calle Garcilaso de la Vega.
- Calle Perú.
- Prolongación Diego de Almagro.

Urb. Pueblo Libertador Colector Cachimayo descargando los siguientes sectores:

- Apv. San Martín de Porres.
- Urb. San Tuti Chico.
- Urb. Coviduc.
- Apv. Sol de Oro.
- Urb. Villa Hermosa.
- Urb. Moyopata.
- Villa Santa Rosa.
- Urb. San Miguel.
- Apv. San Gabriel.

Se monitoreó Colector Pampachacra altura Piscina Municipal - San Jerónimo descargando los siguientes sectores:

- Urb. Villa Miraflores.
- Urb. Constructores.
- Apv. Fray Martín.
- Urb. Cedro.
- PPJJ. Tingo.
- Aprovite.

- Apv. Villa Postal
- Apv. Santa María.
- Urb. Banco de Crédito.
- Apv. Arboleda.
- Condominio Los Cipreses.
- Condominio Virgen del Carmen.
- Condominio Bariloche.
- Condominio Las Américas.

### **3.4. Hipótesis de la Investigación.**

#### **3.4.1. Hipótesis General.**

La calidad de aguas residuales en la red de alcantarillado de la EPS. SEDACUSCO S.A., afectan al en funcionamiento óptimo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

#### **3.4.2. Hipótesis Específica.**

Identificación de sectores de mayor contaminación en la red de alcantarillado y como afectan a los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales E.P.S. SEDACUSCO S.A.

### 3.5. Variables.

#### 3.5.1. Variable Independiente.

Calidad de aguas residuales que afectan procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

#### 3.5.2. Variable Dependiente.

Redes de alcantarillado combinados en época de lluvia.

#### 3.5.3. Matriz Operacional de Variables.

VARIABLE	INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
Calidad de Aguas Residuales que afectan a las redes colectoras y a los procesos unitarios de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).	Dbo	Se usa para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua.	Miligramos por litro (mg/l) o ppm.	De intervalo
	Temperatura	Influye sobre varios parámetros como el PH, concentración de oxígeno disuelto, reacciones químicas y velocidades de reacción, para el desarrollo de la vida acuática.	Grados centígrados (c°)	De intervalo



	Conductividad	Se utiliza en análisis de aguas para estimar rápidamente el contenido de sólidos disueltos.	Siemens S/m.	De intervalo
	PH	Concentración de iones hidrógenos.	Alcalinos, Ácidos, Neutro.	De intervalo
	Sólidos sedimentables	Permiten estimar de acuerdo al tipo de agua residual los volúmenes de lodos que deberán ser removidos en las unidades de sedimentación de una planta de tratamiento.	Miligramos por litro (mg/l) o ppm.	De intervalo
	DQO	Mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos.	Miligramos por litro (mg/l) o ppm.	De intervalo
Redes de alcantarillado combinadas en épocas de lluvia.	Precipitación	Las lluvias que afectan el normal desenvolvimiento de redes de alcantarillado.	Mm/seg, lts/seg.	De intervalo

### **3.6. Cobertura de la Investigación.**

#### **3.6.1. Universo.**

La provincia de Cusco tiene una extensión de 719 km<sup>2</sup> con una ubicación de aproximadamente sobre los 3,399 msnm 13° 30 ' 45" latitud sur y a 71° 58' 33" Longitud oeste a partir del meridiano de Greenwich y se divide en ocho distritos: Cusco, Ccorca, Poroy, San Jerónimo, San Sebastián, Santiago, Saylla y Wanchaq

#### **3.6.2. Población.**

Distritos de Cusco, Santiago, Wanchaq, San Jerónimo y San Sebastián.

#### **3.6.3. Muestra.**

Agua residual de los colectores del Emisor y del Interceptor.

#### **3.6.4. Tipo de muestreo.**

Muestreo Aleatorio Simple (MAS).

### **3.7. Personal, instrumentos y fuentes de recolección de datos.**

#### **3.7.1. Personal.**

Las actividades descritas a continuación deben ser realizadas por un profesional y/o técnico debidamente capacitado y avalado por el Laboratorio de Calidad en la

toma de muestras de agua en la operación de los equipos de campo y con conocimientos en química.

a) El muestreador debe ser capaz de tomar una serie de muestras discretas tomadas a intervalos fijos, tomados en recipientes individuales. Por ejemplo, cuando se estudia en periodos para identificar tramos de carga máxima.

b) El muestreador debe ser capaz de tomar una sucesión de muestras compuestas en período corto de muestra compuesta obtenidos en recipientes individuales. Esto también puede ser útil en el control de períodos específicos conocidos de interés.

c) El muestreador debe ser capaz de tomar alícuotas de muestras compuestas, es decir, teniendo volúmenes variables de la muestra según el caudal de la corriente durante un período fijo de tiempo. Esta facilidad puede ser útil cuando se realizan los estudios de carga de sustrato.

d) La capacidad del muestreador para levantar las muestras a la altura requerida para cualquier situación elegida.

d) El muestreador debe ser de diseño sencillo y fácil de mantener, operar y limpiar.

e) Los muestreadores portátiles deben ser ligeros, estar protegidos contra la manipulación y el vandalismo, ser resistente a las inclemencias del tiempo, y ser capaz de operar bajo una amplia gama de condiciones ambientales.

f) Los muestreadores deben ser preparados de funcionar durante largos períodos de muestreo suficientemente sin atención (varios días).

g) Los muestreadores deben ser intrínsecamente libre de chispa con el fin de disminuir el riesgo de explosión, en particular en áreas en las que se pueden encontrar los disolventes orgánicos o volátiles de metano se pueden encontrar.

### **3.7.2. Equipos y Materiales de Muestreo.**

#### **3.7.2.1. Recipiente para la muestra.**

El laboratorio encargado del análisis deberá seleccionar los envases para la muestra (tabla 13).

**Tabla 13. Especificaciones de Envases.**

Determinación/ Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
OD	P,V	100 mL	Refrigerar a = $6^{\circ}\text{C}$	48 horas
DBO <sub>5</sub>	P,V	1000 mL	Refrigerar a = $6^{\circ}\text{C}$	48 horas
DQO	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta PH<2; refrigerar a = $6^{\circ}\text{C}$	28 días
PH (2)		50 mL	No es posible	15 min
Sólidos Sedimentables (2)	P,V	1000 mL	No requiere	7 días
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min

Fuente control de procesos laboratorio de la Ptar San Jerónimo.

- (1) No hay restricción para el volumen máximo de la muestra.
- (2) Serán tomados de muestras puntuales.

El envase debe ser tal que evite las pérdidas debida a la adsorción, la volatilización y la contaminación por sustancias extrañas.

Para el muestreo de aguas residuales, los recipientes de plásticos son los más recomendables para la mayoría de los parámetros. Existen algunas excepciones donde los recipientes deben ser de vidrio, por ejemplo los análisis para:

- Aceites y grasas;
- Los hidrocarburos;
- Detergentes;
- Pesticidas.

Si se recolecta muestras de aguas residuales esterilizados o desinfectadas, los recipientes y los aparatos deben estar esterilizados.

### **3.7.3. Equipo de muestreo manual.**

El equipo más simple utilizado en la toma de muestras de aguas residuales consta de un cubo, cuchara, o una botella de boca ancha que puede ser montado en un mango de una longitud adecuada.

Antes de comenzar el muestreo, el equipo debe ser limpiado con detergente y agua, o como lo indique el fabricante del equipo, y finalmente enjuagar con agua. El equipo de muestreo puede lavarse antes de su uso en la corriente de aguas residuales del cual se extrae la muestra con el fin de minimizar el riesgo de contaminación.

### **3.7.4. Procedimiento de muestreo.**

- Organice los recipientes rotulados, los reactivos, formatos e insumos listados Anteriormente.
- Cuando llegue al punto de muestreo, identifíquese y solicite la colaboración para efectuar el muestreo y saque todo el material correspondiente al sitio.

- Calibre el PH metro siguiendo los procedimientos respectivos. Anote los resultados.
- Mida el caudal del efluente preferiblemente por el método volumétrico manualmente utilizando los procedimientos respectivos.
- Mida los parámetros de campo como PH, Temperatura.
- Lave los electrodos con abundante agua ya que los valores extremos de PH deterioran los electrodos.
- Registre en el formato respectivo los datos de campo.
- Preserve las muestras dependiendo del parámetro a analizar, según el parámetro.

### **3.7.5. Implementos requeridos en el momento del muestreo.**

- Geoposicionador.
- Altimetro (si se tiene).
- Equipos portátiles para mediciones de temperatura, PH y conductividad eléctrica.
- Muestreados (botella Van Dorn, Kemmerer o balde).

- Balde plásticos de 10 L de capacidad con llave, para la composición de muestras y medición de caudal cuando se requiera.
- Caja de poliuretano con suficientes bolsas de hielo para mantener una temperatura cercana a 4°C.
- Piseta.
- Toalla de papel absorbente.
- Cinta adhesiva y masking tape.
- Bolsa para Basura.
- Lapicero y marcador de tinta indeleble.
- Tabla portapapeles.
- Guantes.
- Papel aluminio cuando se requiera.
- Cono Imhoff para análisis de sólidos sedimentables (cuando se requiera).
- Agua destilada o desionizada.



- Preservantes para muestras: Ácido sulfúrico concentrado, Ácido nítrico, Hidróxido de sodio. Acetato de Zinc. Ácido clorhídrico concentrado u otro cuando se requiera.
- Recipientes plásticos y de vidrio varía según requerimientos de análisis.
- Formato de registro de datos de campo.
- Papel indicador de PH.
- Barreta de hierro para levantar las tapas de las cajas de inspección.
- Formato de Notificación de presunto accidente de trabajo.
- Overol o ropa de trabajo cómoda y que le brinde protección adecuada.
- Gafas de seguridad.
- Máscara respiradora con filtros para ácidos y vapores orgánicos.
- Impermeable.
- Botas de jebe.

### **3.7.6. Protocolo de monitoreo.**

Debe contener:

- Caracterizar las aguas residuales de los colectores de aguas residuales.
- Proporcionar información de los sectores de mayor contaminación.
- Suministrar datos para la valorización respectiva si amerita.
- Realizar los ensayos que se realizan en el campo.
- Toma de muestras para enviarlos al laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).
- Equipamiento para la toma de muestras.

## **CAPÍTULO IV**

### **ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **4.1. Resultados generales.**

### **4.1.1. Calidad Fisicoquímica y bacteriológica.**

#### **4.1.1.1. Temperatura.**

La temperatura es una variable muy importante en análisis de aguas debido a que influye sobre varios parámetros como el PH, concentración de oxígeno disuelto, reacciones químicas y velocidades de reacción, para el desarrollo de la vida acuática. Al aumentar la temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno y se aceleran los procesos de descomposición.

#### **4.1.1.2. PH.**

La concentración de iones hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para aguas naturales como residuales. Tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos, la naturaleza de las especies iónicas y el potencial redox del agua. (Romero, J., 2007).

#### **4.1.1.3. Conductividad.**

La conductividad se utiliza en análisis de aguas para estimar rápidamente el contenido de sólidos disueltos. Conductividades elevadas indican la presencia de impurezas y más concretamente de sales disueltas.

#### **4.1.1.4. Sólidos sedimentables (SS).**

Las pruebas en laboratorio de sólidos sedimentables son de suma importancia ya que permiten estimar de acuerdo al tipo de agua residual los volúmenes de

lodos que deberán ser removidos en las unidades de sedimentación de una planta de tratamiento o purificación de aguas.

#### **4.1.1.5. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).**

La DBO5 es el parámetro más utilizado para medir la calidad de las aguas residuales, determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

#### **4.1.1.6. Demanda química de oxígeno (DQO).**

Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida.

#### **4.1.1.7. Coliformes termotolerantes (CT).**

Es de suma importancia para evaluar la eficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales debido a que la contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos para humanos. Por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población.

#### **4.1.2. Incidencia de la calidad de agua residual en los colectores principales de la ciudad del Cusco.**

La caracterización del emisor General y del Interceptor corrobora los resultados obtenidos en la presente investigación y fundamenta la importancia de monitorear la calidad de las aguas residuales que además podrían generar efectos colaterales tanto en las redes colectoras como en los diferentes procesos que se darán en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR.

#### **4.2. Asignación de Recursos.**

##### **4.2.1. Humanos.**

Las actividades descritas deben ser realizadas por un profesional debidamente capacitado y avalado por el Laboratorio de Calidad en la toma de muestras de agua en la operación de los equipos de campo y con conocimientos en química.

#### 4.2.2. Económicos (Presupuesto).

Tabla 14. Cuadro de Presupuesto.

ACTIVIDAD	MATERIALES REQUERIDOS	CANTIDAD	PLAZO DE EJECUCION	TOTAL
Muestreador	-	2	03 Meses	2000.00
Insumos químicos	➤ Análisis de Resultados.	-	03 Meses	6000.00
transporte	Camioneta para transportar las muestras	1	03 Meses	2000.00
Materiales de oficina	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Papel bond A4 de 75 grs.</li> <li>➤ Lapiceros de color azul</li> <li>➤ Archivadores tamaño A4</li> <li>➤ Folder manila tamaño A4</li> <li>➤ Cartulina de Hilo tamaño A4</li> <li>➤ Tóner</li> </ul>	-	04 Meses	1 000.00
			Total	<b>11 000.00</b>

Fuente propia.

### 4.2.3. Cronograma.

Desde el mes de marzo se va a monitorear los principales colectores de la E.P.S. SEDACUSCO S.A.

**Tabla 15. Cronograma de Actividades.**

AÑO 2017						
ACTIVIDADES	10-abril	15-abril	10-mayo	15-mayo	10-junio	10-junio
MUESTREO EMISOR	12 Muestras		12 Muestras		12 Muestras	
MUESTREO INTERCEPTOR		9 Muestras		9 Muestras		9 Muestras

Fuente propia.



#### 4.2.4. Puntos monitoreados del Emisor y del Interceptor.

**Tabla 16. Puntos de Monitoreó.**

	<b>Puntos de Monitoreó Emisor</b>	<b>Punto de Monitoreó Interceptor</b>
1	Calle Arrayán con Av. Sol	Barrio de Dios
2	Av. Tullumayo con confraternidad	Pte. Huancaro
3	Av. 28 de Julio- Ttio	Huancaro Residencial
4	Afluente calle Qosqo	Óvalo de Ttio
5	Vía Expresa altura calle los brillantes	APV. Rosaura
6	Vía Expresa altura PRONA	Pte. Tancarpata
7	Vía Expresa altura colegio Sta. Rosa	Vía de Evitamiento altura Uvima 3
8	Buzón de arranque Backus	Vía de Evitamiento altura Cantuta
9	Altura colegio Garcilaso	Pampachacra
10	Afluente Camino Real	
11	Cachimayo Pueblo Libertador	
12	Pampachacra después del camal	

Fuente propia.

## CONCLUSIONES

1.- Después de analizar y evaluar la calidad de aguas residuales de los principales colectores de la EPS SEDACUSCO SA, se pudo identificar sectores de mayor contaminación y que se debe aplicar el D.S 021-2009 vivienda a los usuarios no domésticos que están vertiendo sus aguas residuales sin previo tratamiento, prueba de ello están los cuadros comparativos del grado de contaminación por puntos monitoreados.

2.- Se identificó y evaluó 21 puntos de monitoreo en los principales colectores de la ciudad del Cusco Emisor General y el Interceptor, llegando a la conclusión que las industrias cerveceras son las que más contaminan el sistema de alcantarillado y el hecho de tener un sistema combinado de agua pluvial y residual constituye un factor de riesgo para los pobladores de la ciudad del Cusco.

3.- Se evaluó funcionamiento de las unidades operativas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), llegando a la conclusión que se ven afectadas por la calidad de agua residual que ingresa a la planta sobre todo en el pre tratamiento, tratamiento primario y secundario por la cantidad de arena, grasa y otros contaminantes que ingresan a la planta, existe arenamiento en el pre tratamiento, atoro de tuberías por la grasas, el digestor baja su producción de biogás por la calidad de los lodos que son bombeados de los espesadores porque en su totalidad no es materia orgánica.

## RECOMENDACIONES

1.- Se debería hacer un monitoreo constantemente de la redes de alcantarillado primarias y secundarias para conocer las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas residuales con el fin de conocer la concentración de los contaminantes para tomar las medidas correctivas.

2.- Se debería poner en práctica el presente trabajo de investigación, ya que se identificó industrias que contaminan el sistema de alcantarillado con valores mayores permitidos en el decreto supremo 021-2009 vivienda y sancionarlos periódicamente para que traten sus efluentes antes de verterlos al sistema de alcantarillado, también se debería separar el sistema de aguas pluviales con el sistema de aguas residuales.

3.- Se debería encapsular el pre tratamiento porque es la zona donde se generan malos olores y la población aledaña se queja constantemente por malos olores, de igual manera debería haber un tamiz de lodos antes de que ingresen a los espesadores para tener un lodo de buena calidad y el digestor produzca biogás de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Enrriquez, R (2011) evaluación del sistema de alcantarillado del barrio Gustavo Andrade. Ambato: UTA.
- 2.- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento Decreto supremo N<sup>o</sup> 021-2009-VIVIENDA (2009).
- 3.- Vargas de Mayo, C. Métodos simplificados de análisis microbiológicos de aguas residuales”, Lima Perú.
- 4.- AGUAS RESIDUALES. COMPOSICIÓN M. ESPIGARES GARCÍA y J. A. PÉREZ LÓPEZ.
- 5.- Tratamiento de aguas residuales a partir de digestión anaerobia, Mass Torres, Karen.
- 6.- D.S. 003-2010-MINAM. Límites máximos permisibles para plantas de tratamiento de agua residual.
- 7.- D.S. 021-2009-VIVIENDA. Valores máximos admisibles para descargas de aguas residuales a la red de alcantarillado sanitario.
- 8.- Muralles, F (2004) determinación del comportamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales durante su puesta en marcha. Guatemala: USCG.
- 9.- Valdez, M (2010) evaluación de efluentes industriales generados en la producción de briquetas y vertidos: Guyana.
- 10.- Romero, J. (2007), “Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño”, Tercera Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- 11.- Sandoval; C. 2008. Problema Global. Incremento Urbano, aguas residuales y la flora. CUDE. CEJUS.  
<http://www.scribd.com/doc/9653322/Problema-Global-to-Urbano-Aguas-Residuales-y-La-Flora>.

12.- Memoria descriptiva de la Planta de tratamiento de aguas residuales PTAR de San Jerónimo.

13.- Características de las aguas residuales.

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Características.PDF>

14.- FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE BIODIGESTORES

YEISON OLAYA ARBOLEDA, Ing. Agrícola. LUIS OCTAVIO GONZÁLEZ SALCEDO, Ing. Civil, MSc.

# **ANEXOS**

## Anexo A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE LOS PRINCIPALES COLECTORES, PARA IDENTIFICAR LOS PROBLEMAS QUE CAUSAN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO E.P.S. SEDACUSCO S.A.**

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECIFICO
<p>¿Cómo afecta la calidad de aguas residuales a las redes de alcantarillado y a la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa prestadora de servicios de saneamiento EPS SEDACUSCO S.A. Año 2017?</p>	<p>Identificar los tramos de mayor contaminación en los principales colectores del sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.</p>	<p>Los problemas que ocasionan los vertidos, con especial consideración efluentes industriales. No solo es el incremento lógico de las aguas cloacales sino también de los residuos industriales, que puede decirse son un gran problema para el tratamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales y la salud de las personas.</p>

## HIPÓTESIS

La calidad de aguas residuales vertidas a la red de alcantarillado de la EPS. SEDACUSCO S.A., afectan al sistema de alcantarillado y al buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

## VARIABLES

### **Variable Independiente**

Calidad de aguas residuales que afectan los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales.

### **Variable Dependiente**

Cambio climático, drenajes combinados en época de lluvia.



## Anexo B: SECTORIZACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DEL CUSCO



Fuente área de recolección de Aguas Residuales de la Ptar de San Jerónimo.

## Anexo C: FOTOS

Fotos del Muestreo



FOTO 1,2



FOTO 3, 4, 5



Abriendo los buzones para el muestreo



FOTO 6,7



FOTO 8,9

Ingreso de agua pluvial a la red de alcantarillado en época de lluvia



FOTO 10,11