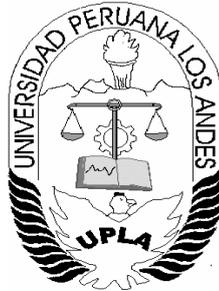


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS**

**“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCIÓN  
HIDRÁULICA EN LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE LA PROVINCIA DE JAUJA”**

PRESENTADO POR:

**Bach. EFRAIN JAIME CHUPAYO RIVERA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2017

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**ING. JULIO BUYU NAKANDAKARE SANTANA**  
**JURADO**

---

**ING. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ**  
**JURADO**

---

**ING. MANUEL IVAN MAITA PEREZ**  
**JURADO**

---

**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

**ASESORES:**

**ING. JUAN JOSÉ BULLÓN ROSAS – ASESOR TEMÁTICO.**

**DR. CARLOS SÁNCHEZ GUZMÁN – ASESOR METODOLÓGICO.**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS**, quién supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para seguir adelante y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación.

**A MIS PADRES**, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	xx
CAPÍTULO I .....	21
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	21
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.2.1. Problema general .....	23
1.2.2. Problemas específicos.....	23
1.3. OBJETIVOS.....	24
1.3.1. Objetivo general .....	24
1.3.2. Objetivos específicos.....	24
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	24
1.4.1. Aspecto práctico .....	24
1.4.2. Aspecto teórico .....	25
1.4.3. Aspecto metodológico .....	25
1.4.4. Aspecto social .....	25
1.5. LIMITACIONES .....	25
1.5.1. Financiera.....	25
1.5.2. Logística .....	25
1.5.3. Humana .....	26
CAPÍTULO II .....	27

MARCO TEÓRICO .....	27
2.1.ANTECEDENTES.....	27
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	27
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	29
2.2.BASES TEÓRICAS .....	30
2.2.1. Aguas residuales .....	30
2.2.2. Contaminación de aguas residuales.....	30
2.2.3. Clasificación de las aguas residuales .....	31
2.2.4. Composición de las aguas residuales domésticas .....	32
2.2.5. Límite máximo permisible .....	34
2.2.6. Estándares de calidad ambiental.....	35
2.2.7. Parámetros para el análisis de aguas residuales domésticas .....	36
2.2.8. Parámetros físicos.....	36
2.2.9. Parámetros químicos.....	39
2.2.10. Parámetros biológicos .....	41
2.2.11. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales .....	41
2.2.12. Eficiencia de remoción.....	42
2.2.13. Lagunas de estabilización.....	42
2.2.14. Lagunas anaerobias .....	43
2.2.15. Lagunas facultativas .....	48
2.2.16. Lagunas de maduración .....	50
2.2.17. Aguas residuales después del tratamiento .....	51
2.3.MARCO CONCEPTUAL.....	52
2.3.1. Aguas residuales .....	52
2.3.2. Límites máximos permisibles.....	52

2.3.3. Estándares de calidad ambiental.....	52
2.3.4. Parámetros físicos.....	52
2.3.5. Parámetros químicos.....	53
2.3.6. Parámetros biológicos.....	53
2.3.7. Eficiencia de remoción.....	53
2.3.8. Lagunas de estabilización.....	53
2.3.9. Lagunas anaerobias.....	53
2.3.10. Lagunas facultativas.....	54
2.3.11. Tiempo de retención hidráulica.....	54
CAPÍTULO III.....	55
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.1. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.1.1. Método de investigación.....	55
3.1.2. Tipo de investigación.....	55
3.1.3. Nivel de investigación.....	56
3.1.4. Diseño de investigación.....	56
3.2. HIPÓTESIS.....	56
3.2.1. Hipótesis general.....	56
3.2.2. Hipótesis específicas.....	56
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	57
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	57
3.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	57
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	57
3.4.1. Población.....	57
3.4.2. Muestra.....	58
3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58

3.5.1. Instrumentos de investigación .....	58
3.6. RECOJO DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	59
3.6.1. Descripción del área de estudio .....	59
3.6.2. Clima .....	59
3.6.3. Humedad relativa (%): .....	59
3.6.4. Precipitación total mensual (mm) .....	59
3.6.5. Velocidad del viento .....	60
3.6.6. Aspectos demográficos .....	60
3.7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	60
3.7.1. Materiales .....	60
3.7.2. Métodos.....	61
3.7.3. Técnicas para la recolección de información y procesamiento.....	61
3.7.4. Procesamiento de datos .....	63
3.7.5. Medición de caudales .....	63
3.7.6. Registro de datos de campo.....	63
3.7.7. Frecuencia de monitoreo .....	63
3.7.8. Análisis e interpretación de datos procesados .....	64
CAPÍTULO IV .....	65
RESULTADOS.....	65
4.1. Tiempo de retención hidráulica y depuración de aguas residuales .....	65
4.2. Tiempo crítico de retención hidráulica y eficiencia.....	68
4.3. Propiedades físicas, químicas y biológicas.....	74
4.3.1. Eficiencia de remoción de la planta de tratamiento. ....	101
CAPÍTULO V .....	103
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	103
5.1. Tiempo de retención hidráulica y la depuración de aguas residuales.....	103
5.2. Tiempo crítico de retención hidráulico y eficiencia.....	105

5.3. Propiedades físicas, químicas y bacteriológicas.....	107
CONCLUSIONES .....	117
RECOMENDACIONES .....	118
BIBLIOGRAFÍA .....	119
ANEXOS .....	122
ANEXO I .....	123
ANEXO II.....	125
ANEXO III.....	128
ANEXO IV .....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición típica del agua residual doméstica bruta. ....	34
Tabla 2. LMPs para los efluentes de PTARs domésticas o municipales.....	34
Tabla 3. Categoría I, III y IV de los estándares de calidad ambiental para agua .....	35
Tabla 4. Población estimada para el 2015. ....	60
Tabla 5. Puntos de muestreos. ....	62
Tabla 6. Datos y parámetros de diseño de laguna anaerobia.....	65
Tabla 7. Cálculo de parámetros de laguna anaerobia.....	66
Tabla 8. Datos y parámetros de diseño de laguna facultativa.....	67
Tabla 9. Cálculo de parámetros de laguna facultativa. ....	68
Tabla 10. Variación del DBO <sub>5</sub> de acuerdo al periodo de limpieza en laguna anaerobia. ....	69
Tabla 11. Determinación de la eficiencia de acuerdo al periodo de retención hidráulico en laguna anaerobia. ....	70
Tabla 12. Variación del DBO <sub>5</sub> de acuerdo al periodo de limpieza en laguna facultativa.....	71
Tabla 13. Determinación de la eficiencia de acuerdo al periodo de retención hidráulico en laguna facultativa.....	73
Tabla 14. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 01. ....	74
Tabla 15. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 02. ....	74
Tabla 16. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 03. ....	75
Tabla 17. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 04. ....	76
Tabla 18. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 01.....	76
Tabla 19. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 02.....	77
Tabla 20. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 03.....	78

Tabla 21. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 04.....	78
Tabla 22. Temperatura – punto de muestreo M 01.....	79
Tabla 23. Temperatura – punto de muestreo M 02.....	80
Tabla 24. Temperatura – punto de muestreo M 03.....	81
Tabla 25. Temperatura – punto de muestreo M 04.....	81
Tabla 26. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01. .....	82
Tabla 27. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02. .....	83
Tabla 28. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03. .....	83
Tabla 29. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04. .....	84
Tabla 30. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01. ..	85
Tabla 31. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02. ..	85
Tabla 32. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03. ..	86
Tabla 33. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04. ..	87
Tabla 34. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 01.....	87
Tabla 35. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 02.....	88
Tabla 36. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 03.....	89
Tabla 37. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 04.....	89
Tabla 38. pH en la muestra M 04 evaluada con el ECA.....	90
Tabla 39. Conductividad en la muestra M 04 evaluada con el ECA.....	91

Tabla 40. Oxígeno disuelto (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.	91
Tabla 41. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	92
Tabla 42. Demanda química de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	93
Tabla 43. N° Coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	93
Tabla 44. N° Coliformes totales (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	94
Tabla 45. N° Caudal de afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	95
Tabla 46. N° Comparaciones entre los datos analizados (M 01 – M 04) .....	96
Tabla 47. Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja. ....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema para la toma de muestras. .....	61
Figura 2. Periodo de limpieza vs tiempo de retención hidráulica en laguna anaerobia. ....	69
Figura 3. Tiempo de retención hidráulica vs DBO <sub>5</sub> final en laguna anaerobia. ....	70
Figura 4. Periodo de limpieza vs eficiencia en laguna anaerobia.....	71
Figura 5. Periodo de limpieza vs tiempo de retención hidráulica en laguna facultativa. ....	72
Figura 6. Tiempo de retención hidráulica vs DBO <sub>5</sub> final en laguna facultativa. ....	72
Figura 7. Periodo de limpieza vs eficiencia en laguna facultativa. ....	73
Figura 8. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 01. ....	74
Figura 9. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 02. ....	75
Figura 10. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 03. ....	75
Figura 11. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 04. ....	76
Figura 12. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 01.....	77
Figura 13. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 02.....	77
Figura 14. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 03.....	78
Figura 15. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 04.....	79
Figura 16. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 01. ....	80
Figura 17. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 02. ....	80
Figura 18. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 03. ....	81
Figura 19. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 04. ....	82
Figura 20. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01. .....	82

Figura 21. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02. .....	83
Figura 22. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03. .....	84
Figura 23. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04. .....	84
Figura 24. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01. .	85
Figura 25. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02. .	86
Figura 26. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03. .	86
Figura 27. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04. .	87
Figura 28. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 01. ....	88
Figura 29. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 02. ....	88
Figura 30. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 03. ....	89
Figura 31. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 04. ....	90
Figura 32. pH en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	90
Figura 33. Conductividad en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	91
Figura 34. Oxígeno disuelto (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.	92
Figura 35. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	92
Figura 36. Demanda química de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	93
Figura 37. Coliformes fecales (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA. ....	94

Figura 38. Coliformes totales (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.....	94
Figura 39. Caudal afluente a la planta de tratamiento de aguas residuales.....	95
Figura 40. Caudal efluente a la planta de tratamiento de aguas residuales.....	96
Figura 41. Comparaciones de pH entre los datos analizados (M 01 – M 04)...	97
Figura 42. Comparaciones de sólidos en suspensión entre los datos analizados (M 01 – M 04).....	97
Figura 43. Comparaciones de temperatura entre los datos analizados (M 01 – M 04).....	98
Figura 44. Comparaciones de DBO <sub>5</sub> entre los datos analizados (M 01 – M 04).....	98
Figura 45. Comparaciones de DQO entre los datos analizados (M 01 – M 04)	99
Figura 46. Comparaciones de conductividad entre los datos analizados (M 01 – M 04).....	99
Figura 47. Comparaciones de oxígeno disuelto entre los datos analizados (M 01 – M 04).....	100
Figura 48. Comparaciones de coliformes totales entre los datos analizados (M 01 – M 04).....	100
Figura 49. Comparaciones de coliformes fecales entre los datos analizados (M 01 – M 04).....	101
Figura 50. Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja. ....	102

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vista de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja. .....	129
Fotografía 2. Vista panorámica de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja. ....	129
Fotografía 3. Levantamiento topográfico de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja. ....	130
Fotografía 4. Levantamiento topográfico de canal en la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja, para la determinación de pendientes y el cálculo del caudal. ....	130
Fotografía 5. Levantamiento topográfico de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja, laguna anaerobia. ....	131
Fotografía 6. Vista de la Poza 01 (laguna anaerobia) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja. ....	131
Fotografía 7. Vista de la Poza 02 (laguna anaerobia) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja. ....	132
Fotografía 8. Vista de la Poza 03 (laguna facultativa) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja. ....	132
Fotografía 9. Vista de la Poza 04 (laguna facultativa) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja. ....	133
Fotografía 10. Primera toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 23/08/2016. ....	133
Fotografía 11. Segunda toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 11/09/2016. ....	134
Fotografía 12. Tercera toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 25/10/2016. ....	134
Fotografía 13. Cuarta toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 17/11/2016. ....	135

Fotografía 14. Última toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 02/12/2016.....	135
Fotografía 15. Efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales. ....	136
Fotografía 16. Efluente (salida al río Mantaro) de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja. ....	136

## RESUMEN

La investigación parte de la problemática: ¿El tiempo de retención hidráulica es un factor que influye en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?; situación por lo cual se ha planteado como objetivo: Evaluar la influencia del tiempo de retención hidráulica en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.

El método general que se utilizó fue el científico con los procedimientos adecuados, tipo de investigación aplicada y con un diseño no experimental.

La hipótesis general fue: El tiempo de retención hidráulica influye en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.

Finalmente se establece como conclusión que el tiempo de retención hidráulica de la planta de tratamiento, considerando el periodo de limpieza de 3 años es de 17.40 días, sin embargo al no haberse realizado la limpieza correspondiente (valor estimado de 4 años después su operación) este es de 16.46 días influyendo así a la depuración de aguas residuales, por lo tanto la planta de tratamiento no cumple con las funciones con la que fue diseñada, lo que aprecia además en los análisis físico, químico y bacteriológico.

Palabras clave: Tiempo de retención, calidad y agua residual.

## **ABSTRACT**

The investigation starts from the problematic: Is the hydraulic retention time a factor that influences the purification of waste water in the treatment plant of the province of Jauja?; The objective of this study was to evaluate the influence of hydraulic retention time on wastewater treatment at the treatment plant in the province of Jauja.

The general method used was the scientist with the appropriate procedures, type of applied research and with a non-experimental design.

The general hypothesis was: The hydraulic retention time influences the treatment of wastewater in the treatment plant of the province of Jauja.

Finally, it is established as a conclusion that the hydraulic retention time of the treatment plant, considering the 3-year cleaning period is 17.40 days, however, since the corresponding cleaning (estimated value of 4 years after its operation) was not performed is of 16.46 days thus influencing to the purification of residual waters, therefore the treatment plant does not fulfill the functions with which it was designed, which also appreciates in the physical, chemical and bacteriological analysis.

Key words: Retention time, quality and residual water.

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Jauja, en la actualidad cuenta con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales zonal – Jauja, contando con cuatro pozas que están en funcionamiento desde el año 2012 no habiéndose realizado la limpieza de lodos del mismo tal como se consideró en el diseño a partir del tercer año de puesta en marcha, situación que afecta su eficiencia y la calidad del efluente.

Por lo mismo, en la presente investigación titulada, “Influencia del tiempo de retención hidráulica en la planta de tratamiento de Jauja”, se trata de determinar si existe influencia del tiempo de retención y la depuración de aguas residuales, así como su intervención en las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas; en el desarrollo de la tesis se ha considerado las características físicas de las pozas que conforman la planta de tratamiento y los análisis físico, químico y bacteriológico del agua residual; consideraciones que han permitido determinar el tiempo de retención hidráulica y la calidad del agua residual.

El desarrollo de la tesis está conformado por cinco capítulos:

El capítulo I enfatiza el planteamiento del estudio, la descripción del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación y limitaciones.

El capítulo II comprende el marco teórico, antecedentes, bases teóricas, marco conceptual.

El capítulo III alberga la metodología de investigación, tipo, método, diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos de investigación, recolección de datos, aspectos éticos considerados en la investigación e hipótesis.

El capítulo IV presenta los resultados, a fin de probar la hipótesis.

El capítulo V da a conocer la discusión de resultados.

Finalmente se determinan las conclusiones y recomendaciones, los anexos que comprende planos, panel fotográfico y resultados de análisis de calidad de agua.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

El progresivo deterioro de la calidad de las aguas es debido principalmente a la presión creciente de las actividades humanas. Los procesos de urbanización, desarrollo industrial y muchas veces la utilización, indiscriminada del agua, la problemática ambiental generada por los vertidos, es un tema de gran importancia tanto a nivel mundial como local. Teniendo en cuenta que el vertido a cauce público es un grave problema que afecta al medio ambiente, las autoridades gubernamentales a nivel global han adoptado normativas que exigen el tratamiento de las aguas residuales.

Actualmente uno de los problemas que más preocupa a la humanidad es la gran cantidad de aguas residuales que son vertidas indiscriminadamente a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento, como consecuencia durante los últimos años se han venido desarrollando métodos de tratamiento de aguas residuales, los cuales no necesariamente son los óptimos.

Los métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como operaciones físicas unitarias. El desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son operaciones físicas unitarias típicas.

En cambio, los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios.

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental tanto para su tratamiento y evacuación, como para la gestión de la calidad medio ambiental. Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y microbiológica. Estas propiedades se relacionan entre sí; por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a la actividad microbiológica como a la cantidad de gases disueltos en el agua, en la actualidad existen muchas formas de realizar cada una de las etapas, que van desde los métodos más simples y generalmente manuales, a los más complejos y automatizados, en todo este proceso de tratamiento de aguas, juega un papel muy importante el tiempo promedio que la fase líquida del barro permanece en el digester (tiempo de retención hidráulica).

El tiempo de retención hidráulico (TRH), es el tiempo promedio que un volumen elemental de agua residual permanece en un tanque, desde la entrada hasta la salida. El TRH en el reactor es de gran importancia, pues define el tiempo promedio durante el cual el sustrato orgánico está sometido a tratamiento (Orozco, 2005).

El TRH es uno de los parámetros más importantes en el sistema de lodos activados, determina el tiempo en que el agua residual es sometida al tratamiento y tiene influencia directa sobre el desempeño del sistema. Un TRH muy bajo no permite el contacto suficiente entre el agua residual y la masa de lodo, resultando en una deficiente adsorción (principal mecanismo de remoción en este tipo de sistemas) y un efluente de mala calidad (Metcalf, y otros, 2003); mientras que con TRH elevados disminuye la capacidad de adsorción y sedimentabilidad del lodo al inhibir la producción de sustancias poliméricas extra celulares.

En sistemas de estabilización por contacto, en conjunto RE y RC deben suministrar el tiempo necesario para que ocurra adecuada adsorción del material orgánico y su metabolización hasta que el lodo este estabilizado. Razón por la

cual el TRH es la suma del tiempo de retención hidráulico en el reactor de contacto (TRHRC) o periodo en el cual el agua residual entra en contacto con el lodo recirculado y es adsorbido el material orgánico, y el tiempo de retención hidráulico en el reactor de estabilización (TRHRE) donde el material absorbido es metabolizado y el lodo es nuevamente activo. El TRHRC oscila entre 30 y 90 min, mientras que en el reactor de estabilización TRHRE está entre 3 y 8 h (Sarioglu, y otros, 2003). Eckenfelder (1986) sugiere que un TRHRC entre 5 y 20 min es suficiente para adsorber el 90% de la DBO<sub>5</sub> soluble en agua residual con predominancia de este tipo de material orgánico; mientras que valores por encima de 40 minutos no tienen mayor influencia sobre la reducción de DQO.

La escogencia del tiempo de retención hidráulico, especialmente el TRHRE es de vital importancia para el buen desempeño del sistema, (Ramalho, 1996) una vez que se alcanza el tiempo requerido para metabolizar el sustrato por parte del floc biológico, este entra en fase endógena, es decir, se produce una degradación del lodo de tal forma que cuando es dirigido a RC no es adecuado para llevar a cabo la adsorción.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Problema general**

¿El tiempo de retención hidráulica es un factor que influye en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es el tiempo de retención hidráulica para la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?
- b) ¿Influye el tiempo crítico de retención hidráulica en la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?

- c) ¿El tiempo de retención hidráulica interviene en las propiedades físicas, químicas y biológicas del efluente de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la influencia del tiempo de retención hidráulica en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a) Identificar el tiempo de retención hidráulica en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.
- b) Determinar la influencia del tiempo crítico de retención hidráulica en la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.
- c) Determinar la intervención del tiempo de retención hidráulica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del efluente en las plantas de tratamiento de la provincia de Jauja.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Teniendo en consideración la problemática, es importante buscar soluciones alternativas a los procesos actuales de tratamiento de aguas residuales que permitan, no sólo cumplir con los límites de vertido y calidad del agua, impuestos actualmente, sino también con los que puedan ser impuestos en un futuro.

La presente investigación propone las siguientes justificaciones:

#### **1.4.1. Aspecto práctico**

El aspecto práctico corresponde si la investigación resolverá un problema real y de ser el caso tenga relación con otros problemas prácticos. (Hernández, y otros, 2006)

En tal situación la investigación ayudará a resolver un problema real que es el tiempo de retención hidráulico en el tratamiento de aguas residuales de la planta de tratamiento de la provincia Jauja.

#### **1.4.2. Aspecto teórico**

La información recopilada y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecerían el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en estudio.

Esta justificación se fundamenta en que la teoría servirá para revisar, desarrollar o apoyar una teoría y otorgar ideas para estudios posteriores. (Hernández, y otros, 2006)

#### **1.4.3. Aspecto metodológico**

Los instrumentos que se elaborarán para la investigación servirá para recopilar la información, asimismo para analizar los resultados de laboratorio en agua residuales. La metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.

#### **1.4.4. Aspecto social**

A partir de los resultados que se hallen en la presente investigación redundará en el bienestar personal, social y de salud de la población, en el Distrito de Jauja de la Región Junín.

### **1.5. LIMITACIONES**

#### **1.5.1. Financiera**

La presente investigación, el costo que esta genera fue asumida por el investigador.

#### **1.5.2. Logística**

De acuerdo a lo establecido en el cronograma establecido en el Taller de Tesis, la investigación se realizará tanto en campo y gabinete en un lapso de 5 meses.

### **1.5.3. Humana**

En la presente investigación, el autor presenta disponibilidad de asumir con los procedimientos que implica la investigación, por lo que no existe limitación humana.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

- De acuerdo a Scavo, M. et. al. (2004) en la investigación, Sistema de tratamiento de aguas residuales complementario, con pasto vetiver (*vetiveria zizanioides* L.), provenientes de una planta de producción de gaseosas, en Villa de Cura, Estado Aragua, trabajo que tuvo por objetivo estudiar el tratamiento complementario de aguas residuales con pasto vetiver, a pequeña escala, mediante la caracterización y comparación de los niveles de los parámetros de calidad en los afluentes y efluentes del sistema de tratamiento, bajo diferentes condiciones de manejo con y sin vetiver y el establecimiento del Tiempo de residencia equivalente ( $T_r$ ) (20, 15, 10 y 5 días) asociados a diferentes Velocidades de flujo ( $V_f$ ) (30, 40, 60 y 120 L día<sup>-1</sup>) conformando los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. El modelo físico constó de 5 tanques interconectados en secuencia para cada condición de manejo. El ensayo se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Pepsi Cola, en Villa de Cura, estado Aragua.

Se evaluó con estadística descriptiva los datos y se compararon con investigaciones similares. Los resultados mostraron que en el sistema vetiver para los indicadores  $DBO_5$  y DQO, se obtuvo una eficiencia de

remoción de 96,86% y 98,07% en el tratamiento 1. El PT se absorbió en 62,05% en el tratamiento 2. Los ST, alcanzaron la mayor tasa de remoción en el tratamiento 2, con 78,3%; y los SS en el tratamiento 4 con 87,5%. No se evidenció ninguna diferencia importante entre los sistemas con vetiver y sin vetiver; ni entre los tratamientos, en las variables Cloruros y Conductividad eléctrica. La mayor eficiencia en la estabilización de pH fue en el tratamiento 1. De manera global el mejor comportamiento se logró con el tratamiento 2, cuando se comparó con la PTAR de Pepsi Cola.

Del Análisis Químico de tejido, realizado al Pasto vetiver, al finalizar cada tratamiento, se concluyó que los tratamientos 1 y 2 favorecieron la absorción de Nitrógeno y Fósforo; y los tratamientos 3 y 4 la absorción de Potasio y Sodio.

- Según Varila, J y Fabio, L. (2008) en la investigación, Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio, realizaron el diseño, la construcción, la puesta en marcha y operación de un bioreactor de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales a escala laboratorio. El modelo seleccionado es una adaptación del propuesto por Reynolds & Richards (2006), las ecuaciones empleadas fueron deducidas según los procedimientos de Metcalf & Eddy (1998) y Ramalho (2003). El reactor construido cuenta con un volumen total de 18 litros de capacidad, de los cuales 12 litros corresponden a la zona de aireación y 6 litros a la zona de sedimentación, dichas zonas se encuentran separadas por medio de un deflector regulable.

El sistema fue evaluado por medio de un agua residual sintética de baja carga y composición conocida durante cuatro semanas con tiempos de retención hidráulica (O) de 5, 14, 24 y 36 horas y celular (Oc) de 7 días. Durante la evaluación se realizaron diariamente determinaciones de pH, temperatura y oxígeno disuelto, así mismo se determinaron tres veces por semana la DQO en el afluente y efluente, la velocidad de utilización de oxígeno, el índice volumétrico de lodos y los sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado (SSVLM). La información generada por estos análisis permitió observar que el sistema tendió a estabilizarse durante las semanas tres y cuatro de operación alcanzando eficiencias de remoción

de materia orgánica en términos de DQO entre 85 y 90 %, como también la determinación de los coeficientes cinéticos de crecimiento biológico  $Y$ ,  $k$ ,  $k_d$ ,  $a$ ,  $b$ .

- De acuerdo a Guzmán, A. (2014) en la investigación, Efecto del tiempo de retención hidráulica en el tratamiento de agua residual doméstica de un reactor aerobio Air Lift se estudió el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) en el funcionamiento de un reactor air lift tratando agua residual doméstica. Se evaluaron varios parámetros: a TRH de 24 y 12 horas donde se obtuvo más remoción fue en el TRH de 24 horas. Se analizaron los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, sólidos suspendidos totales (SST), Temperatura, Nitratos, Sulfatos y Amoníaco. Los resultados demostraron que hay eficiencia del reactor air lift tratando agua residual domestica obteniéndose un porcentaje de remoción de DQO de 44% más alto, así también en sulfatos con un 32% mayor, en cuanto al amoniaco el resultado fue mejor con un porcentaje de 89 mg/l; todo esto comparado con el testigo (agua residual cruda). De esta manera se comprobó que para tratar las aguas residuales domesticas a escalas de laboratorio es utilizando el reactor air lift con un tiempo de retención hidráulica de 24 horas.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

- De la investigación "Viabilidad en tratamientos con cal en aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación", menciona que: En pozas de oxidación diseñadas con tiempos de utilidad mayores a 20 años se puede alcanzar remociones de  $DBO_5$  alrededor del 68% y en condiciones óptimas de funcionamiento es posible conseguir eficiencia de eliminación de hasta 87%, a temperaturas de 25° C. (Sáenz, 2002).
- Del estudio de investigación, "Eficiencia del Tratamiento de Aguas Residuales en pozas de oxidación y manejo de efluente en el distrito de Huamancaca Chico", el sistema de tratamiento teniendo referencia a los resultados obtenidos, ha demostrado tener una eficiencia de 49,29% en cuanto a remoción de los contaminantes que contiene el agua residual doméstica, de acuerdo con las normas sanitarias para la reutilización de

aguas residuales establecidas en el reglamento de la ley de aguas no es apta para el uso en riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales, pero que si bien podría ser reutilizado para riego de zonas recreativas y riego de plantas de tallo alto (viveros, áreas verdes, similares), puesto que se encuentra dentro de los límites de la categoría IV, sin embargo con un diseño y operación óptima del sistema de tratamiento se podrá reutilizar el agua para el riego de vegetales de consumo crudo y bebidas de animales clase III Ley General de Aguas (cultivos agrícolas) (Crisóstomo, 2008).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Aguas residuales**

Se denomina aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales (Orellana, 2005).

Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales (Marsilli, 2005)

### **2.2.2. Contaminación de aguas residuales**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que la contaminación de aguas residuales domiciliarias en diferentes partes del mundo es uno de los mayores problemas ambientales que aqueja este recurso (agua). Desde los años 1980 se adoptan métodos para tratar las aguas residuales domiciliarias obteniendo resultados eficientes logrando el 79.7% de descontaminación, solucionando en forma positiva su calidad de agua (OMS, 2006)

### **2.2.3. Clasificación de las aguas residuales**

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este es el que va a determinar su composición.

Se clasifica en:

#### **Aguas residuales urbanas**

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos, y estas aguas son:

- Aguas negras o fecales.
- Aguas de lavado doméstico.
- Aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas.
- Aguas de lluvia y lixiviados.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc. (Orellana, 2005).

#### **Aguas residuales industriales**

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utiliza el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria. A veces las industrias no emiten vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso

industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día. Son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con contaminación alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tiempo de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo un estudio específico para cada caso (Orellana, 2005).

### **Residuos hospitalarios**

Todos residuos generados en los servicios de salud y similares, especialmente en las salas de atención de enfermedades infectocontagiosas, salas de emergencia, laboratorios clínicos, bancos de sangre, salas de maternidad, cirugía, morgues, radiología, entre otros, su riesgo se debe tener en cuenta por los altos volúmenes de residuos que se pueden presentar, como también son peligrosos por su carácter infeccioso, reactivo, radiactivo e inflamable. Debido a que pueden afectar la salud y como para el medio ambiente (Orellana, 2005).

### **Residuos de laboratorios**

Los residuos de laboratorio es un tipo de desecho producido por una actividad del hombre, lo que debemos tener en cuenta que estos tipos de residuos provienen de procesos con químicos que pueden ser altamente perjudiciales para la salud como para el medio ambiente. Según quien manipule estas sustancias (Orellana, 2005).

#### **2.2.4. Composición de las aguas residuales domésticas**

La composición de las aguas residuales domésticas se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales (OMS, 2006). Entre los componentes de agua residual doméstica tenemos:

#### **Sólidos**

##### **Sólidos orgánicos:**

Los sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales son de origen vegetal o animal y a veces contienen compuestos orgánicos sintéticos. Los glúcidos,

lípidos, proteínas y sus derivados son los grandes grupos de esta clase (OMS, 2006).

### **Sólidos inorgánicos:**

Se incluyen todos los sólidos de origen mineral como son sales minerales, arcilla, lodos, arenas y gravas no biodegradables. Su clasificación se da en 4 grupos (Jimeno, 1993).

### **Sólidos sedimentales:**

Son aquellas partículas más gruesas que se depositan por gravedad en los fondos de los receptores; se componen de un 30% de sólidos inorgánicos (Jimeno, 1993).

### **Sólidos en suspensión:**

Son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basura; generalmente se componen de un 68% de sólidos orgánicos y de 32% de sólidos inorgánicos. Es el más importante, es el gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica (Marsilli, 2005).

### **Líquido:**

Por lo general las aguas residuales urbanas llevan algunos líquidos volátiles como gasolinas, alcoholes (OMS, 2006).

### **Organismos vivos:**

Son seres que mantiene la actividad biológica, producen la fermentación, descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica; estos son seres vegetales y animales (DIGESA, 2009).

Tabla 1 se muestra los contaminantes del agua residual y el grado de concentración.

Tabla 1. Composición típica del agua residual doméstica bruta.

CONTAMINANTES	UNIDADES	CONCENTRACION		
		DEBIL	MEDIA	FUERTE
Sólidos totales (ST)	mg/L	350	720	1200
Sólidos disueltos totales (SDT)	mg/L	250	500	850
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	100	22p	350
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	110	220	400
Demanda química de oxígeno, (DQO)	mg/L	250	500	1000
Coliformes totales	NMP/100mL	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>T</sup>	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>T</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>

Fuente: Dirección General de Salud, 2009

### 2.2.5. Límite máximo permisible

De acuerdo a la Ley 28611 el LMP es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2010). Los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (D.S. N°003 - 2010 – MINAM) están comprendidas tal como se detalla en la Tabla 2:

Tabla 2. LMPs para los efluentes de PTARs domésticas o municipales.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10 000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Mg/l	100
Demanda química de oxígeno	Mg/l	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales en suspensión	M/l	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: D.S. N°003 - 2010 – Ministerio del Ambiente.

## 2.2.6. Estándares de calidad ambiental

De acuerdo a la ley 28611, el ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

En el Perú el estándar de calidad ambiental para calidad de agua lo establece el D.S. 002-2008-MINAM. (Ministerio del Ambiente MINAM, 2008) y para la categoría III (Riego de vegetales y bebida de animales) (MINAM, 2008). Asimismo en la Tabla 3 se muestra los parámetros físicos y químicos de acuerdo a las categorías de tanto I, III y IV.

Tabla 3. Categoría I, III y IV de los estándares de calidad ambiental para agua

Parámetros	Categoría I A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento secundario	Categoría III: Parámetro para riego de vegetales de tallo bajo y alto	Categoría IV: Conservación del ambiente acuático (Ríos de sierra)
<b>Físicoquímicos</b>			
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	10	15	<10
Demanda química de oxígeno (mg/L)	30	40	-----
Conductividad (uS/cm)	-----	<2000	-----
Oxígeno disuelto (mg/L)	>=4	>=4	>=5
pH (unidades de pH)	5,5 – 9,0	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Sólidos suspendidos (mg/L)	-----	-----	<=25 – 100
Temperatura (°C)	-----	-----	-----
<b>Biológicos</b>			
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	20000	1000	2000
Coliformes totales (NMP/100mL)	50000	5000	3000

Fuente: Elaboración propia en base al adaptado del D.S N°002 – 2008 – Ministerio del Ambiente.

NOTA:  
NMP/100: Número más probable en 100 mL

### **2.2.7. Parámetros para el análisis de aguas residuales domésticas**

En un agua residual de concentración media, un 75% de los sólidos suspendidos y un 40% de los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica. Proceden de los reinos animal, vegetal y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de los compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están conformados generalmente por una combinación de carbono, hidrogeno y oxígeno, junto con nitrógeno en algunos casos. Los principales grupos de sustancias orgánicas hallados en el agua residual son las proteínas (40% a 60%), carbohidratos (25% a 50%) grasas y aceites (10%). La urea principal constituyente de la orina, es otro importante compuesto orgánico del agua residual en razón de su rapidez con que se descompone, la urea es muy raramente hallada en un agua residual que no sea muy reciente (Orellana, 2005).

Junto con las proteínas, carbohidratos, grasas, aceites y la urea, el agua residual contiene pequeñas cantidades de un gran número de diferentes moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede variar desde muy simple hasta sumamente compleja. Ejemplos típicos que se tratan, incluyen agente tenso activos (detergentes), fenoles y pesticidas usados en la agricultura. Por otro lado, el número de tales compuestos aumenta año tras año al ir incrementándose la síntesis de moléculas orgánicas. La presencia de estas sustancias ha complicado en los últimos años el tratamiento de aguas residuales, ya que muchas de ellas no pueden descomponerse biológicamente o bien lo hacen muy lentamente.

### **2.2.8. Parámetros físicos**

#### **Temperatura:**

Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el del aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año y sólo son menores que ella durante los meses más calurosos del verano (Marsilli, 2005).

La temperatura es un factor importante en la degradación biológica de desechos orgánicos. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35°C (OMS, 2006).

La temperatura puede afectar negativamente a la vida acuática, la que se desarrolla en un rango estrecho de variación térmica. La recomendación es que la temperatura del curso receptor después de mezclarse con el efluente del agua tratada, no varíe más de 3°C. La temperatura influye en otros parámetros tales como la conductividad, solubilidad de gases, (en especial de oxígeno), pH y densidad (Jimeno, 1993).

El líquido cloacal doméstico tiene una temperatura un poco más elevada que el agua suministrada, al encontrar líquidos con temperaturas muy elevadas indica que se está produciendo una descarga industrial o comercial. El líquido en tales condiciones produce el deterioro de la red cloacal y en caso de llegar sin modificación al sitio de disposición final, provocaría alteraciones en el medio ambiente (Marsilli, 2005).

### **Color y olor:**

Los efluentes domiciliarios tienen color gris cuando es fresco y al envejecer toma un color negro brillante. Cualquier variante indica la presencia de residuos industriales y su color nos puede indicar de qué producto se trata. El color interfiere con la transmisión de la luz, por lo que de volcarse a un curso de agua disminuirá la acción fotosintética. El olor de un efluente doméstico es indicativo de su vejez, pues cuando es fresco es ligeramente pútrido, pero cuando es viejo se septiza y produce hidrógeno sulfurado que le confiere un olor fuertemente pútrido (Jimeno, 1993)

### **Residuos sólidos:**

Es el residuo total por evaporación, sólidos fijos y volátiles. Se mide la suma de las sustancias que existen en el líquido cloacal, en suspensión y en solución, estables a 100 °C. También incluye a los sólidos en suspensión, totales, fijos y volátiles, que son retenidos por un filtro de amianto (Jimeno, 1993).

### **Sólidos suspendidos totales (SST):**

Todas aquellas partículas de materia orgánica o inorgánica separadas por filtración se consideran como sólidos suspendidos o no filtrados. Los sólidos suspendidos que forman una capa flotante en ríos, lagos o en sistemas de tratamientos afectan la transferencia de oxígeno, además de atraer moscas e insectos. Aquellos que permanecen en suspensión provocan “turbidez” impidiendo el paso de la luz solar, afectando la actividad fotosintética, a la flora y la fauna acuática. Los sólidos suspendidos más pesados que el agua, sedimentan y pasan a formar parte del suelo acuático provocando descomposición orgánica en ausencia de oxígeno con olores y gases desagradables. Son materiales de tamaño microscópicos en el agua. Pueden eliminarse por decantación o filtración (Marsilli, 2005).

Se definen los sólidos totales como los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales incluyen los sólidos suspendidos o porción de sólidos totales retenidos por un filtro y los sólidos disueltos totales o porción que atraviesa el filtro (Marsilli, 2005).

La fracción de sólidos filtrables se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre  $10^3$  y 1  $\mu\text{m}$ . Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua. La fracción coloidal no puede eliminarse por sedimentación, por lo general se requiere una coagulación u oxidación biológica seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión (Marsilli, 2005).

### **Conductividad eléctrica:**

Evalúa la cantidad de sales disueltas que está presente en el agua residual. Dado que son los iones los que conducen la corriente eléctrica. La conductividad que se refiere a la mayor o menor resistencia del líquido a permitir el paso de la

corriente eléctrica aumentará a medida que aumentan los compuestos disueltos, principalmente sales minerales (Orellana, 2005).

### **Descarga mensual:**

Es el flujo o cantidad de agua usada en los procesos industriales y por lo tanto su carga contaminante puede tener grandes variaciones. Esta alta variabilidad especialmente en la industria alimentaria hace que cada planta tenga características únicas respecto de otras en lo referente a sus aguas residuales. Las mediciones de descarga mensual o de flujo son esenciales para el conocimiento de la carga orgánica de las aguas de descargas (Orellana, 2005).

### **2.2.9. Parámetros químicos**

#### **pH:**

La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El agua residual con concentraciones de ion-hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion de hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas. La escala de pH puede tomar valores de 0 a 14, siendo el punto  $\text{pH} = 7$  el correspondiente a una disolución neutra, esto es, sin carácter ácido ni alcalino. Para valores menores de 7 se trata de una disolución de carácter ácido siendo mayor la acidez cuando menor sea el valor de pH registrado. Por el contrario, una disolución cuyo pH sea mayor que 7 será una disolución alcalina o básica (Marsilli, 2005).

Siendo mayor el carácter alcalino, cuanto mayor sea el valor del pH.

(Tarchtzky, 2003) El pH óptimo para el uso de microorganismos en el tratamiento es entre 6 y 8. En un efluente doméstico alcanza un valor aproximado de 7 u 8. Cuando es más bajo indica la existencia de volcamientos ácidos y si es alto, estos son alcalinos y ambos provienen de comercios o industrias. En cualquier caso son perjudiciales para las cañerías, equipos de bombeo e impactan en los sitios de disposición final.

### **Oxígeno disuelto:**

En un efluente cloacal fresco existe una pequeña cantidad de oxígeno disuelto, el que desaparece rápidamente cuando comienza a septizarse (Tarchtzky, 2003).

(World Health Organization, 1987) La cantidad de oxígeno disuelto (OD) puede ser un indicador de la cantidad de bacterias o animales acuáticos en el área. Cuando hay una sobrepoblación de bacteria, por ejemplo, esta puede causar una reducción significativa de OD.

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

Es la cantidad de oxígeno expresada en mg/l., necesaria para la degradación biológica de la materia orgánica contenida en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación-bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales en general residuales. El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO<sub>5</sub> a 5 días. La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Jimeno, 1993).

Los resultados de los ensayos de DBO<sub>5</sub> se emplean para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos (Jimeno, 1993).

Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO<sub>5</sub>. Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO<sub>5</sub> máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos

de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo. (Jimeno, 1993).

#### **Demanda química de oxígeno (DQO):**

Es la cantidad de oxígeno expresada en mg/l., necesario para la degradación química de la materia orgánica contenidas en aguas servidas o naturales, se mide en el laboratorio bajo condiciones determinadas. El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido tanto de las aguas naturales como de las residuales (Marsilli, 2005). La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO<sub>5</sub>, siendo esto debido al mayor de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica (Marsilli, 2005).

#### **2.2.10. Parámetros biológicos**

##### **Coliformes totales:**

Pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente, por ejemplo aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición (OMS, 2006).

##### **Coliformes fecales:**

Pueden proceder a aguas orgánicamente enriquecidas como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición. Comprende a los géneros de Escherichia y en menor grado Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter (OMS, 2006).

#### **2.2.11. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales**

El Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA, en calidad de autoridad sanitaria y en cumplimiento al mandato establecido por el Decreto Ley N° 17752 "Ley General de Aguas", como responsable de la preservación, monitoreo y control de la calidad sanitaria de los recursos hídricos, viene ejecutando desde el año 1999 el Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos, cuyo objetivo fundamental es

la preservación sanitaria y ambiental de la calidad de los recursos hídricos a fin de lograr la salud de la población, asegurar la calidad de las aguas en beneficio de las actividades productivas y mantener el equilibrio ecológico en los hábitat acuáticos. El monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos se ejecuta a través de la Red de Vigilancia conformada por la DIGESA y las Direcciones Ejecutivas de Salud Ambiental (DESA's) del país quienes se encargan de la parte operativa llevando a cabo el cumplimiento del "Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de Recursos Hídricos Superficiales", priorizando el uso del recurso a monitorear (fuente de abastecimiento de población; preservación de recurso hídrico de impactos potenciales; la actividad industrial y/o antropogénica), la misma que deberá ser detallada en forma concreta y sustentada. El presente documento establece los criterios fundamentales para el desarrollo de los monitoreos considerando las pautas para identificar los parámetros. Las estaciones de muestreo, procedimientos de toma de muestras, preservación, conservación, envío de muestras y documentos necesarios. Asimismo, permitirá incorporar el aseguramiento y control de calidad del monitoreo (DIGESA, 2009).

### **2.2.12. Eficiencia de remoción**

(Parra Rodriguez, 2006) La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

Donde:

- E : Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes.
- S :Carga contaminante de salida (mg DQO, DBO<sub>5</sub> o SST/L)
- S<sub>0</sub> :Carga contaminante de entrada (mg DQO, DBO<sub>5</sub> o SST/L).

### **2.2.13. Lagunas de estabilización**

(OMS, 2005) Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características

sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días).

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realizarán en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

#### **2.2.14. Lagunas anaerobias**

(Peralta Escobar, y otros, 1999) Los estanques anaerobios se usan para el tratamiento de agua residual de alto contenido orgánico que también contengan una alta concentración de sólidos. Generalmente un estanque anaerobio es un estanque profundo excavado en el terreno, dotado de un sistema de conductos de entrada y de salida adecuados. Para conservar la energía calorífica y mantener las condiciones anaerobias, se construyen estanques de profundidades que varían entre los 2.4m y los 2.9m, siendo profundidades típicas entre 4 y 5m (Metcalf, y otros, 2003). Los residuos a tratar en el estanque se sedimenta en el fondo del mismo, y el efluente parcialmente clarificado se vierte, normalmente, a otro proceso posterior (Scragg, 1995)

Generalmente, estos estanques son anaerobios en toda su profundidad, excepto en una estrecha franja cercana a la superficie. La estabilización se consigue por medio de una combinación de precipitación y de conservación anaerobia e los residuos orgánicos en CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, otros productos gaseosos finales, ácidos orgánicos y tejido celular. Normalmente, es fácil conseguir, de forma continua, rendimientos de eliminación de la DBO<sub>5</sub> superiores al 70%. En condiciones óptimas de funcionamiento, es posible conseguir eficacias de eliminación de hasta el 85%.

Su función es similar al tanque séptico, remueven una alta cantidad de carga orgánica y sólidos en suspensión. Una vez que los sólidos se sedimentan en el

fondo de la laguna son sometidos a un proceso de descomposición anaeróbica por la acción de las bacterias. Debido a esta acumulación de sedimentos es necesario limpiar las lagunas cada cierto tiempo (generalmente 3 a 5 años).

Según la WHO (World Health Organization, 1987), las lagunas anaerobias, facultativas y de maduración requieren niveles decrecientes de carga orgánica para funcionar correctamente. Las plantas de tratamiento suelen estar constituidas por los tres tipos de estanques operando en serie, es decir, uno después del otro. De esta forma se alcanza una mayor calidad en el efluente final del sistema.

La limitante de uso de estas lagunas es la producción de malos olores por lo que el diseño de las mismas deberá considerar un valor máximo de carga de DBO<sub>5</sub>, según la siguiente ecuación:

$$\lambda_i = \frac{L_i Q}{v} = \frac{L_i}{t}$$

Donde:

$\lambda_i$  = es la carga volumétrica diaria de DBO<sub>5</sub> en g/m<sup>3</sup>.día

$L_i$  = es el DBO<sub>5</sub> último del afluente a la laguna en mg/l o g/m<sup>3</sup>.

$Q$  = es el caudal de diseño de la laguna en m<sup>3</sup>/día.

$V$  = es el volumen calculado de la laguna anaerobia en m<sup>3</sup>.

$t$  = es el tiempo de retención de la laguna en días.

Para un correcto diseño el valor debe estar en un rango entre 100 a 400 g/m<sup>3</sup>. Día. De acuerdo a experiencia de autores, el grado de remoción de DBO<sub>5</sub> de una laguna anaerobia está relacionado con el tiempo de retención (Muñoz, y otros, 1996).

Las principales consideraciones que se han tomado en cuenta al diseñar las lagunas se describen a continuación:

- La carga orgánica del efluente.
- El caudal diario.
- La constante global de eliminación de la DBO<sub>5</sub>.
- La temperatura del agua del mes más frío.
- El tiempo de retención hidráulica.
- El factor de dispersión del estanque.
- El área disponible para la instalación de las lagunas.
- El volumen y la profundidad de operación.

### **Diseño de lagunas anaerobias**

El diseño de lagunas anaerobias debe fundamentarse en cargas volumétricas entre 0.1 y 0.4 kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>/día

Los valores alrededor de 0.1 deben ser utilizados en zonas donde la estación fría es prolongada y alrededor de 0.4 donde hay valores anuales de temperatura templados (27 °C – 30 °C) (Scragg, 1995).

El volumen de la laguna será:

$$V = \frac{LiQ}{\lambda v}$$

Donde:

V = Volumen de la laguna en m<sup>3</sup>.

$\lambda v$  = carga volumétrica en g DBO<sub>5</sub> /m<sup>3</sup>/día (100 – 400)

Li = concentración del DBO<sub>5</sub> del efluente en mg/l.

Q = es el caudal de entrada en m<sup>3</sup>/día.

Teóricamente no hay límite para la profundidad de la laguna anaerobia, pero una profundidad de 4m, puede considerarse como óptima desde el punto de vista del tratamiento. Para conservar la energía calorífica y mantener las condiciones anaerobias, se han construido estanques de profundidades de hasta 9,1 metros (Metcalf, y otros, 2003).

Los datos para el dimensionamiento son muy variados, todo ellos fruto de diferentes investigaciones. Diferentes autores proponen valores de la carga volumétrica que varían entre los 40 g y los 500 g DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>día y tiempos de retención entre 2 y 50 días (Muñoz, y otros, 1996).

Asimismo se tiene para el diseño las siguientes fórmulas:

Para el caudal de diseño (Qp en m<sup>3</sup>/día):

$$Qp = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{1000} \times \% \text{ Contribución}$$

Para la carga orgánica (C en kg DBO<sub>5</sub>/día):

$$C = Qp \times DBO_5 \times 0.0864$$

Condición de temperatura vs temperatura del agua:

$$T^{\circ} \text{agua} = T^{\circ} \text{amb} \pm 1^{\circ} C$$

Para la carga superficial de diseño en Kg DBO<sub>5</sub>/Hab/día:

$$Cs \text{ diseño} = 250 \times 1.05^{(T-20)}$$

$$Cs \text{ diseño} = 357.4 \times 1.085^{(T-20)}$$

Área de la laguna:

$$\text{Área} = \frac{\text{Carga}}{Cs \text{ diseño}}$$

Área de cada laguna anaerobia:

$$\frac{Ac}{laguna} = \frac{\text{Área}}{n}$$

Relación largo/ancho de la laguna:

$$\frac{L}{W} = 2 \text{ a } 3$$

Profundidad de la laguna (m): De 1.5 a 3 m.

Talud: 1

Borde libre: 0.50 m

Volumen de lodos:

$$V_{lodos} = \frac{Pob \times Tax \times N}{1000}$$

Altura de lodos:

$$Z_{lodos} = \frac{V_{lodos}}{Af}$$

Periodo de retención en días:

$$PR_{real} = PR_{teórico} \times Fch$$

$$PR_{teórico} = \frac{Volumen}{Qe}$$

Cálculo del factor de dispersión (d).

$$d = \frac{1.158 \times [Rx(W + 2Z)^{0.489}] \times W^{1.511}}{(T + 42.5)^{0.734} \times (L \times Z)^{1.489}}$$

Cálculo de la constante "a":

$$a = \sqrt{(1 + 4KbxRxd)}$$

$$Kb = K20 \times 1.05^{(T-20)}$$

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

Cálculo del DBO<sub>5</sub> final:

$$|DBO_5 \text{ final} = \frac{DBO_5 \times 4 \times a \times e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1+a)^2 + DBO_5 \times 0.4}$$

### 2.2.15. Lagunas facultativas

(Peralta Escobar, y otros, 1999) Los estanques en los que la estabilización de las aguas residuales se lleva a cabo mediante combinación de bacterias facultativas anaerobias y aerobias, se conocen con el nombre de estanques de estabilización facultativas (aerobios – anaerobios).

Descripción del proceso. En un estanque facultativo existen tres zonas:

Una zona superficial en la que existen bacterias aerobias y algas en una relación simbiótica.

Una zona inferior anaerobia en la que se descomponen activamente los sólidos acumulados por acción de las bacterias anaerobias.

Una zona intermedia, que es parcialmente aerobia y anaerobia, en la que la descomposición de los residuos orgánicos la llevan a cabo las bacterias facultativas.

Los estanques de estabilización facultativos son estanques excavados en el terreno que se alimentan con agua residual procedente de un proceso previo de desbaste o con el efluente de un tratamiento primario.

El diseño de la laguna dependerá de la carga superficial de DBO<sub>5</sub> aplicada a la laguna, es decir la cantidad de DBO<sub>5</sub> aplicada por unidad de área de superficie de laguna por día. Esta carga superficial tendrá un valor límite máximo pasado el cual la laguna es (Matamoros, 1996):

$$CSm = 357.4 \times 1.085^{T-20}$$

$$CS_m = 400.6 \times 1.0993^{T_{ai}-20}$$

Donde:

$CS_m$  = es la carga superficial máxima en kg DBO<sub>5</sub>/ha.día

$T$  = es la temperatura del agua del mes más frío en °C.

$T_{ai}$  = es la temperatura del aire del mes más frío en °C.

La carga superficial de diseño tendrá un valor algo menor que la carga superficial máximo debido a:

La existencia de variaciones bruscas de temperatura.

La forma de la laguna (las lagunas de forma alargada son sensibles a variaciones y deben tener menores cargas).

La existencia de desechos industriales.

El tipo de sistema de alcantarillado.

El área de la laguna facultativa se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{LiQ_{diseño}}{CS_{diseño}}$$

Donde:

$A$  = es el área a la mitad de la profundidad de la laguna.

$L_i$  = es la DBO<sub>5</sub> última del afluente a la laguna facultativa.

$Q_{diseño}$  = es el caudal de diseño de la laguna facultativa.

$CS_{diseño}$  = es la carga superficial de DBO<sub>5</sub> de diseño de la laguna.

El tiempo de retención de la laguna facultativa se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{Ah}{Q_{\text{diseño}}}$$

Donde:

h = es la altura efectiva de líquido en la laguna facultativa.

t = es el tiempo de retención hidráulica de la laguna.

El valor de DBO<sub>5</sub> último a la salida de la laguna facultativa se calcula por la siguiente ecuación (Matamoros, 1996):

$$DBO_5 \text{ último de salida} = \frac{DBO_5 \text{ último entrada}}{1 + K'1t}$$

Donde:

K'1 = es el coeficiente de descomposición del DBO<sub>5</sub> en días<sup>-1</sup>. Este coeficiente es función de la temperatura del agua y se calcula:

$$K'1 = 0.3 \times (1.05)^{T-20}$$

Para que una laguna sea considerada facultativa su altura líquida efectiva deberá estar entre 1.50 y 2.50m.

Las lagunas facultativas pueden ser las primeras de una serie o seguir a las lagunas anaerobias.

### **2.2.16. Lagunas de maduración**

(Rolim, 2011) Este tipo de laguna tiene como objetivo principal la eliminación de bacterias patógenas. Además de su efecto desinfectante las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son: la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrición, clarificación del efluente y consecución de un efluente bien oxigenado.

Las lagunas de maduración se construyen con tiempo de retención de 3 a 10 días cada una, mínimo 5 días si se usa una sola, y profundidades de 1.0 – 1.5

m. En la práctica el número de lagunas de maduración lo determina el tiempo de retención necesario para proveer una remoción requerida de coliformes fecales.

Las lagunas de maduración suelen constituir la última etapa del tratamiento por medio de una facultativa primaria o secundaria o de una planta de tratamiento convencional, debido a la eliminación patógenos, si se reutiliza el agua depurada.

Asimismo según Rolim (2011), las lagunas de maduración suelen constituir la última etapa del tratamiento, por medio de una laguna facultativa primaria o secundaria o de una planta de tratamiento convencional, debido a la eliminación de agentes patógenos, si se reutiliza el agua depurada.

### **2.2.17. Aguas residuales después del tratamiento**

Es casi probable que en las aguas residuales municipales, aún después de un proceso de tratamientos, además de un alto contenido de coliformes fecales y otros componentes orgánicos, puedan limitar su uso, inclusive como aguas para riego (Xiong, y otros, 2001).

Radoux et. al., 1982 afirma que la eliminación de microorganismos patógenos en una planta de tratamiento de aguas residuales por lagunaje es muy superior a la alcanzada mediante otros métodos de tratamiento. La desinfección que presenta el efluente de una planta de tratamiento bien diseñada y operada es superior al 99,99 %, con niveles finales de coliformes del orden de  $10^2$ - $10^3$ /100 ml.

Castro de Esparza et. al., 1990 señala que en América Latina, la concentración típica de coliformes fecales (CF) en las aguas residuales crudas es  $10^8$ /100 ml. Con un tratamiento convencional el efluente tendría una concentración de coliformes fecales  $10^6$ /100 ml, lo que corresponde a un agua de muy mala calidad desde el punto de vista microbiológico, pero el tratamiento la ha clarificado logrando un objetivo de protección ecológica y siendo susceptible a ser desinfectada.

Según Yáñez (1986), el empleo de lagunas de estabilización en América Latina y el Caribe obligó a romper con algunas tradiciones del tratamiento, como por ejemplo los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben

tener una DBO<sub>5</sub> y una concentración de sólidos suspendidos menor de 30 mg/l. Los efluentes de las lagunas de estabilización no necesariamente cumplen con estos requisitos, pero su calidad microbiológica es alta. Si lo que se quiere es proteger la salud pública, las lagunas son una herramienta excelente.

El grado de remoción de DBO<sub>5</sub> de las lagunas de estabilización está relacionado con el tiempo de retención, por ende la variación del DBO<sub>5</sub> y por consiguiente la depuración de aguas residuales (Muñoz, y otros, 1996).

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. Aguas residuales**

Se denomina aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales (Orellana, 2005).

### **2.3.2. Límites máximos permisibles**

De acuerdo a la Ley 28611 el LMP es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2010).

### **2.3.3. Estándares de calidad ambiental**

De acuerdo a la ley 28611, el ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

### **2.3.4. Parámetros físicos**

Comprende las características como: temperatura, color y olor, residuos sólidos, sólidos suspendidos totales (SST), conductividad eléctrica y descarga mensual.

### **2.3.5. Parámetros químicos**

Comprende las características como: pH, Oxígeno disuelto, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Demanda química de oxígeno (DQO).

### **2.3.6. Parámetros biológicos**

Comprende las características como: Coliformes totales y Coliformes fecales.

### **2.3.7. Eficiencia de remoción**

Según (Parra Rodriguez, 2006) La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por la relación entre la diferencia de carga de entrada y carga contaminante de salida entre la carga contaminante de entrada.

### **2.3.8. Lagunas de estabilización**

Según la (OMS, 2005) Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días).

### **2.3.9. Lagunas anaerobias**

(Peralta Escobar, y otros, 1999) Los estanques anaerobios se usan para el tratamiento de agua residual de alto contenido orgánico que también contengan una alta concentración de sólidos. Generalmente un estanque anaerobio es un estanque profundo excavado en el terreno, dotado de un sistema de conductos de entrada y de salida adecuados. Para conservar la energía calorífica y mantener las condiciones anaerobias, se construyen estanques de profundidades que varían entre los 2.4m y los 2.9m, siendo profundidades típicas entre 4 m y 5 m (Metcalf & Eddy). Los residuos a tratar en el estanque se sedimenta en el fondo del mismo, y el efluente parcialmente clarificado se vierte, normalmente, a otro proceso posterior (Scragg, 1995).

### **2.3.10. Lagunas facultativas**

(Peralta Escobar, y otros, 1999) Los estanques en los que la estabilización de las aguas residuales se lleva a cabo mediante combinación de bacterias facultativas anaerobias y aerobias, se conocen con el nombre de estanques de estabilización facultativas (aerobios – anaerobios).

### **2.3.11. Tiempo de retención hidráulica**

El tiempo de retención hidráulico (TRH), es el tiempo promedio que un volumen elemental de agua residual permanece en un tanque, desde la entrada hasta la salida, este es de gran importancia, pues define el tiempo promedio durante el cual el sustrato orgánico está sometido a tratamiento.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. Método de investigación

Se fundamenta en el Método Científico y utiliza como procesos lógicos la inducción y la deducción. Consiste en realizar actividades con la finalidad de comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos hechos o principios en forma natural o artificial, de tal forma que permita establecer experiencias para formular hipótesis que permitan a través del proceso científico conducir a generalizaciones científicas, que puedan verificarse en hechos concretos (Sierra Bravo, 2002).

##### 3.1.2. Tipo de investigación

Según (Hernández, y otros, 2006) La investigación es **APLICADA** debido a que “se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ellas se derivan. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar, le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento del valor universal”.

### **3.1.3. Nivel de investigación**

(Hernández, y otros, 2006) La investigación es **EXPLICATIVO**, se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa y efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel dentro de la investigación científica, a nivel explicativo, se dan dos elementos: - **Lo que se quiere explicar**, se trata del objeto, hecho o fenómeno que ha de explicarse, es el problema que genera la pregunta que requiere una explicación. - **Lo que se explica**, la explicación se deduce (a modo de una secuencia hipotética deductiva) de un conjunto de premisas compuesto por leyes, generalizaciones y otros enunciados que expresan regularidades que tienen que acontecer. En este sentido, la explicación es siempre una deducción de una teoría que contiene afirmaciones que explican hechos particulares. Los profundo de conocimientos.

### **3.1.4. Diseño de investigación**

El tipo de investigación por el que se está guiando esta tesis es la descriptiva – correlacional, porque consiste en llegar a conocer las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, procesos y personas de esta manera recolectando datos e identificando la relación que existen entre las variables.

## **3.2. HIPÓTESIS**

### **3.2.1. Hipótesis general**

El tiempo de retención hidráulica influye en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.

### **3.2.2. Hipótesis específicas**

- a) El tiempo crítico de retención hidráulica influye en la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.

- b) El tiempo de retención hidráulica interviene en las propiedades físicas, químicas y biológicas del efluente en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.

### **3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

**Tiempo de retención hidráulica**, Proceso continuo, se define como el cociente entre volumen total de reacción y el caudal a tratar.

**Indicadores:**

- Volumen total de reacción.
- Caudal a tratar.

#### **3.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES**

**Calidad del efluente**, corresponde aquel efluente que se encuentra de los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental.

**Indicadores:**

- Eficiencia de retención.
- Propiedades físicas.
- Propiedades químicas.
- Propiedades biológicas.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1. Población**

La población estuvo constituida por las aguas residuales que existe en las cuatro lagunas de oxidación de la Planta de Tratamiento de la provincia de Jauja.

### **3.4.2. Muestra**

La muestra fue constituida por los cuatro puntos de monitoreo, una muestra en el afluente, dos muestras de salida de las pozas longitudinales y una muestra en la unión para el efluente de agua tratada dentro del sistema de lagunas de oxidación de la Planta de Tratamiento de la provincia de Jauja.

## **3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Deza Rivasplata, Jaime M; Muñoz Ledesma, Sabino (2008). “Metodología de la investigación científica. Las técnicas de recolección de datos serán de: fuentes de los libros, revistas, etc. además archivos locales, archivos privados, otros documentos, estadísticas y fichas bibliográficas; a partir de la observación y la entrevista”

Además a ello se agrega los datos obtenidos a los resultados de los análisis de laboratorio.

### **3.5.1. Instrumentos de investigación**

#### **Medios de observación**

Se empleó una cámara fotográfica para registrar las imágenes fijas en el transcurso de las visitas de campo y evaluaciones, para posteriormente ser descritas por el investigador.

#### **Instrumentos de observación**

Se empleó una libreta de campo, producto de las evaluaciones en campo y laboratorio se registró los datos para luego ser procesados y analizados.

#### **Análisis de datos**

Para realizar el análisis y procesamiento de datos se empleó la estadística usando software como el Excel.

## **3.6. RECOJO DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

### **3.6.1. Descripción del área de estudio**

Región : Junín

Provincia : Jauja

Distrito : Jauja

### **3.6.2. Clima**

Variable de semi-frío a frío

- La temperatura media máxima es de 13.4°C, entre los meses de octubre y diciembre.
- La temperatura media mínima es de 10.3° C, entre los meses de junio y julio.
- La temperatura mínima más baja del año es de 8.5°C registrado el mes de junio.

### **3.6.3. Humedad relativa (%):**

La humedad relativa media mensual es de: 78.00.

### **3.6.4. Precipitación total mensual (mm)**

Las lluvias comienzan en octubre y caen con cierta regularidad hasta diciembre, intensificándose entre enero y marzo en el área de estudio. Durante los siete meses del año (octubre - marzo) la precipitación es de 90 mm/mes, alcanzando un máximo en enero con 124 mm/mes. Durante el mes de marzo disminuye, siendo en este período la precipitación de 650 mm en promedio (87% de la precipitación anual). En el período de baja precipitación (junio-agosto) la media alcanza 16 mm/mes.

### 3.6.5. Velocidad del viento

Los vientos alcanzan mayor velocidad durante los meses de primavera (setiembre - diciembre), con un período de 1,8 m/seg. Debilitando hacia el Otoño (marzo - junio) en 0,8 m/seg.

### 3.6.6. Aspectos demográficos

La provincia de Jauja está conformada por 3 distritos principales (Sausa, Yauyos y Jauja) tal como se muestra en la Tabla 4, para 2015 cuenta con una población estimada de 26,982 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2009).

Tabla 4. Población estimada para el 2015.

DISTRITO	POBLACIÓN ESTIMADA
Jauja	14717
Sausa	3009
Yauyos	9256
<b>Total</b>	<b>26,982</b>

Fuente: Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, según Departamento, Provincia y Distrito, 2000-2015; (INEI; 2009)

## 3.7. MATERIALES Y MÉTODOS

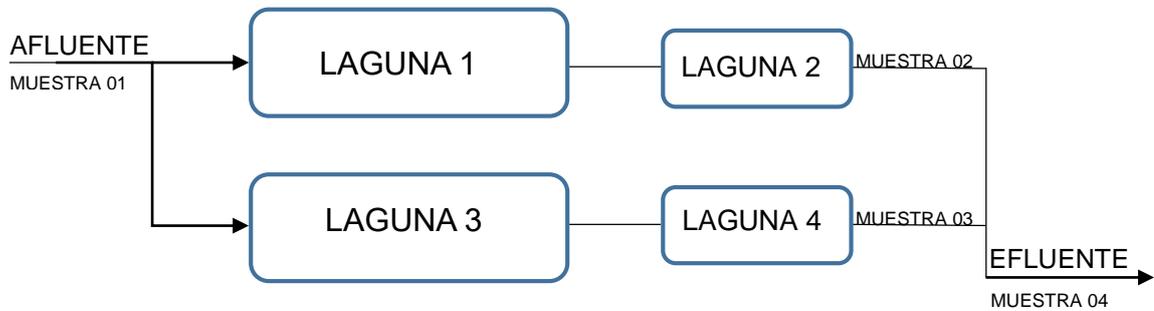
### 3.7.1. Materiales

Para el desarrollo de la investigación se utilizó información recopilada de fuentes como: investigaciones, memorias, noticias, etc.

### 3.7.2. Métodos

Se utilizó el siguiente esquema para la toma de muestras en la figura 1 se muestra los puntos de toma de muestras para los análisis correspondientes:

Figura 1. Esquema para la toma de muestras.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.7.3. Técnicas para la recolección de información y procesamiento

#### Muestreo

Se solicitó el análisis de laboratorio para los parámetros: físico, químico y biológico; cinco muestreos para el afluente al ingreso de las aguas residuales (M 01), así como también diez muestras al final de las dos pozas longitudinales (M 02 y M 03) y cinco muestras al unirse las aguas tratadas de las dos pozas que es el efluente (M 04), la frecuencia de monitoreo se realizó mensualmente; se evaluó también el caudal con la misma frecuencia. La toma de muestra se realizó durante los meses de agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2016.

#### Fase de pre campo

La recopilación de la información básica se realizó en base a datos manejados por la Municipalidad provincial de Jauja, así como, el expediente técnico de la ejecución de las pozas de oxidación.

## Fase de campo y laboratorio

El trabajo de campo se realizó tomando en cuenta las recomendaciones descritas en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales – DIGESA; tal como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Puntos de muestreos.

PUNTOS DE MUESTREO	CODIFICACIÓN	COORDENADAS UTM WGS84	
Afluente a la poza N° 1	M 01	447641 E	8695956 N
Salida de las pozas longitudinales	M 02	448213 E	8696027 N
	M 03	448263 E	8695962 N
Efluente de la poza N° 4	M 04	448488 E	8695926 N

Fuente: Elaboración propia.

## Fase de gabinete

Los registros de los datos de caudal fueron procesados en Excel, a fin de determinar el caudal medio. Los datos de laboratorio se procesaron en la planilla de Excel para determinar la calidad de aguas residuales en las lagunas de oxidación con contraste a los límites máximos permisibles y los estándares de calidad.

## Instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron:

- Frascos de muestreo.
- Nivel de ingeniero y mira.
- GPS.
- Cinta métrica de 50 metros.

#### **3.7.4. Procesamiento de datos**

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú para su procesamiento en las fechas 23/08/2016, 11/09/2016, 25/10/2016, 17/11/2016 y 02/12/2016.

Los parámetros evaluados fueron: pH, sólidos suspendidos, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad, oxígeno disuelto (OD), coliformes totales y coliformes fecales.

#### **3.7.5. Medición de caudales**

Para la medición de caudales utilizó el método de Manning y volumétrico.

#### **3.7.6. Registro de datos de campo**

**Registro de campo:** Se utilizó un cuaderno de campo en el monitoreo que tuvo la siguiente información (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2011):

- Código de los puntos de muestreo.
- Fecha y hora de la toma de las muestras.
- Lugar de la toma de las muestras.
- Registro del caudal.

(Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2011)

#### **3.7.7. Frecuencia de monitoreo**

La frecuencia de muestreo se establece de acuerdo a la estacionalidad debiéndose realizar el muestreo en época de avenida y época de estiaje, pudiendo ampliar la frecuencia de acuerdo a los impactos negativos que se generan en los recursos hídricos y población; así como la disponibilidad de recursos económicos necesarios para la ejecución del monitoreo y análisis de laboratorio (Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2011).

### **3.7.8. Análisis e interpretación de datos procesados**

Se determinó el tiempo de retención hidráulica, tanto actual, teórico y crítico; asimismo para la calidad de aguas tratadas se elaboró una base de datos de los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Tiempo de retención hidráulica y depuración de aguas residuales

##### EN LAS LAGUNAS ANAEROBIAS

En la Tabla 6 se muestra los parámetros de diseño para la laguna anaerobia, es dable considerar que ambas lagunas anaerobias son idénticas.

Tabla 6. Datos y parámetros de diseño de laguna anaerobia.

PARÁMETROS DE DISEÑO DE LAGUNA ANAEROBIA		
Contribución:	70.0	lts/hab/dia
Población:	37765.0	hab
Contribución:	3.0	%
Temperatura:	8.5	°C
%Solidos:	10.0	%
DBO <sub>5</sub> (Demanda bioquímica de oxígeno):	236.00	mg/l
Tasa de acumulación de lodos:	40.00	litros/hab/año
Periodo de limpieza:	3.00	años
Qe(Qpromd-Q(inft+evap)):	15.00	m <sup>3</sup> /s
Factor de corrección hidráulica:	0.55	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se detalla el diseño de la laguna anaerobia; asimismo esta alberga cada uno de los parámetros necesarios que influyen para el cálculo del tiempo de retención hidráulica.

Por otro lado se esclarece que esta tabla muestra lo correspondiente a una sola poza anaerobia por considerarse que la otra poza es idéntica.

Tabla 7. Cálculo de parámetros de laguna anaerobia.

<b>DISEÑO DE LA LAGUNA ANAEROBIA</b>			
<b>Caudal de diseño (Qp en m<sup>3</sup>/día)</b>		<b>Volumen de lodos (V lodos en m<sup>3</sup>)</b>	
Qp=	3476.736	m <sup>3</sup> /día	
		Vlodos=	4531.8 m <sup>3</sup>
		Vtotal=	46800 m <sup>3</sup>
<b>Carga orgánica (C, en KgDBO/día)</b>		Vefec=	42268.2 m <sup>3</sup>
C=	820.5097	<b>Altura de lodo (Z lodos en m)</b>	
		KgDBO/día	
<b>Condición temperatura vs temperatura del agua</b>		Af=	31200
T°agua=	9.5	°C	
		Zlodos=	0.14525 m
<b>Carga superficial, KgDBO5/Haxdía</b>		<b>Periodo de retención, días</b>	
Norma de saneamiento OS090 - Reglamento Nacional de Edificaciones		Q=	1738.368
Csdiseño=	149.7794972	KgDBO/Haxdía	
Csdiseño=	151.75	KgDBO/Haxdía	Pr teorico= 24.3149
Csdiseño=	151.75	KgDBO/Haxdía	Pr real= 13.37318105
<b>Área de la laguna (Área, en Ha)</b>		<b>Cálculo de factor de dispersion (d)</b>	
Area=	5.406814	Ha	
		d=	0.91344
		d<2	ok
<b>Área de cada laguna</b>		<b>Calculo de la constante "a"</b>	
Ac/Laguna=	2.703406942	Norma de saneamiento OS090 - Reglamento Nacional de Edificaciones	
	27034.06942	m <sup>2</sup>	
<b>Relación largo/ancho de la Laguna</b>		Kb20	0.3 dia-1
L/W=	2	Kb=	0.1797
L=	312.0000	m	Kb= 0.4133
W=	100.0000	m	Kb= 0.0899
		a=	2.322220989
<b>Profundidad de la laguna (Z en m)</b>		<b>Coliformes en el efluente, N</b>	
Z=	1.5	m	No 1802600
<b>Talud (Zp)</b>		N=	829360.17
Zp=	1		
<b>Borde libre (BL en m)</b>		<b>Cálculo de la DBO<sub>5</sub></b>	
BL=	0.50	m	DBO <sub>5</sub> inicial= 236
			DBO <sub>5</sub> final= 202.98

Fuente: Elaboración propia.

## EN LAS LAGUNAS FACULTATIVAS

En la Tabla 8 se muestra los parámetros de diseño para la laguna facultativa, es dable considerar que ambas lagunas facultativas son idénticas, por lo que se considera el diseño en una sola.

Tabla 8. Datos y parámetros de diseño de laguna facultativa.

PARÁMETROS DE DISEÑO DE LAGUNA FACULTATIVA		
<b>Contribución:</b>	70.0	lts/hab/dia
<b>Población:</b>	37765.0	hab
<b>Contribución:</b>	3.0	%
<b>Temperatura:</b>	8.5	°C
<b>%Solidos:</b>	10.0	%
<b>DBO<sub>5</sub> (Demanda bioquímica de oxígeno):</b>	202.98	mg/l
<b>Tasa de acumulación de lodos:</b>	40.00	litros/hab/año
<b>Periodo de limpieza:</b>	3.00	años
<b>Qe(Qpromd-Q(inft+evap)):</b>	15.00	m <sup>3</sup> /s
<b>Factor de corrección hidráulica:</b>	0.55	

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la laguna facultativa se detalla en la Tabla 9; asimismo esta alberga cada uno de los parámetros necesarios (volumen total, volumen efectivo, caudal, etc.) que influyen para el cálculo del tiempo de retención hidráulica en la misma.

Cabe esclarecer que la Tabla 9 muestra lo correspondiente a una sola poza facultativa por considerarse que la otra poza es idéntica.

Tabla 9. Cálculo de parámetros de laguna facultativa.

<b>DISEÑO DE LA LAGUNA FACULTATIVA</b>			
<b>Caudal de diseño (Qp en m<sup>3</sup>/día)</b>		<b>Volumen de lodos (V lodos en m<sup>3</sup>)</b>	
Qp=	1738.368	m <sup>3</sup> /día	
		Vlodos=	4531.8 m <sup>3</sup>
		Vtotal=	17280 m <sup>3</sup>
		Vefec=	12748.2 m <sup>3</sup>
<b>Carga orgánica (C, en KgDBO/día)</b>		<b>Altura de lodo (Z lodos en m)</b>	
C=	352.8565	KgDBO/día	
		Af=	11520
		Zlodos=	0.393385417 m
<b>Condición temperatura vs temperatura del agua</b>		<b>Periodo de retención, días</b>	
T°agua=	9.5	°C	
		Q=	1738.368
		Pr teorico=	7.3334
		Pr real=	4.033386487
<b>Carga superficial, KgDBO5/Haxdia</b>		<b>Cálculo de factor de dispersion (d)</b>	
Norma de saneamiento OS090 - Reglamento Nacional de Edificaciones			
Csdiseño=	149.7794972	KgDBO/Haxdia	
Csdiseño=	151.75	KgDBO/Haxdia	
Csdiseño=	151.75	KgDBO/Haxdia	
<b>Área de la laguna (Área, en Ha)</b>		d= 0.25800	
Area=	2.325176	Ha	d<2 ok
<b>Área de cada laguna</b>		<b>Calculo de la constante "a"</b>	
Ac/Laguna=	2.325176178	m <sup>2</sup>	
	23251.76178		
<b>Relación largo/ancho de la Laguna</b>		Norma de saneamiento OS090 - Reglamento Nacional de Edificaciones	
L/W=	1		
L=	180.0000	m	Kb20 0.3 dia-1
W=	64.0000	m	Kb= 0.1797
			Kb= 0.4133
			Kb= 0.0899
			a= 1.172264812
<b>Profundidad de la laguna (Z en m)</b>		<b>Coliformes en el efluente, N</b>	
Z=	1.5	m	No 1802600
<b>Talud (Zp)</b>		N= 829360.17	
Zp=	1		
<b>Borde libre (BL en m)</b>		<b>Cálculo de la DBO<sub>5</sub></b>	
BL=	0.50	m	DBO <sub>5</sub> inicial= 202.9814933
			DBO <sub>5</sub> final= 173.49

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Tiempo crítico de retención hidráulica y eficiencia

### EN LAS LAGUNAS ANAEROBIAS

En la siguiente tabla se muestra la variación del DBO<sub>5</sub>, de acuerdo al periodo de limpieza variable, DBO<sub>5</sub> inicial constante y volumen total según lo existente correspondiente a la poza anaerobia.

En la Tabla 10 se observa que al aumentar el periodo de limpieza el volumen efectivo decrece aumentando así la DBO<sub>5</sub>.

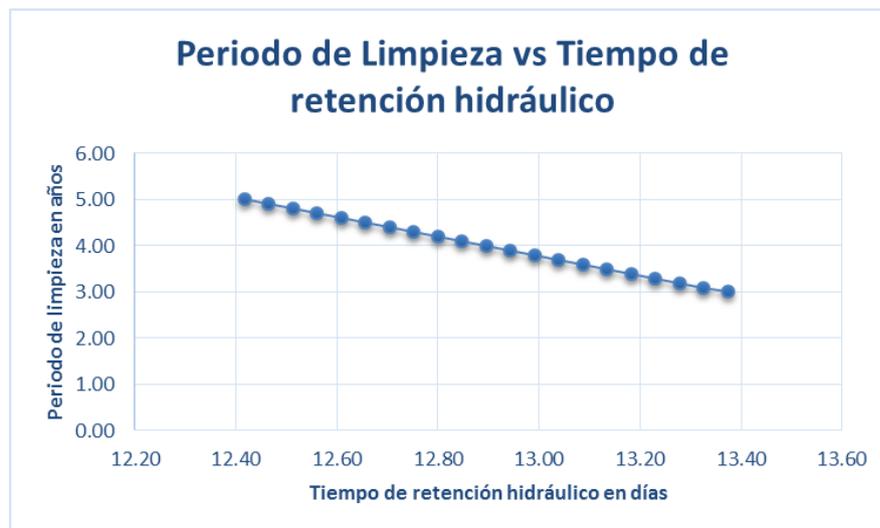
Tabla 10. Variación del DBO<sub>5</sub> de acuerdo al periodo de limpieza en laguna anaerobia.

Periodo de limpieza	DBO <sub>5</sub> inicial	Volumen de lodos	Volumen total	Volumen efectivo	TRH teórico (días)	TRH real (días)	dispersión "d"	a	DBO <sub>5</sub> final	Variación BDO <sub>5</sub>
3.00	236.00	4531.80	46800.00	42268.20	24.31	13.37	0.91	2.32	202.98	33.02
3.10	236.00	4682.86	46800.00	42117.14	24.23	13.33	0.91	2.32	203.68	32.32
3.20	236.00	4833.92	46800.00	41966.08	24.14	13.28	0.91	2.31	204.38	31.62
3.30	236.00	4984.98	46800.00	41815.02	24.05	13.23	0.90	2.30	205.08	30.92
3.40	236.00	5136.04	46800.00	41663.96	23.97	13.18	0.90	2.30	205.78	30.22
3.50	236.00	5287.10	46800.00	41512.90	23.88	13.13	0.90	2.29	206.48	29.52
3.60	236.00	5438.16	46800.00	41361.84	23.79	13.09	0.89	2.28	207.18	28.82
3.70	236.00	5589.22	46800.00	41210.78	23.71	13.04	0.89	2.28	207.89	28.11
3.80	236.00	5740.28	46800.00	41059.72	23.62	12.99	0.89	2.27	208.60	27.40
3.90	236.00	5891.34	46800.00	40908.66	23.53	12.94	0.88	2.26	209.31	26.69
4.00	236.00	6042.40	46800.00	40757.60	23.45	12.90	0.88	2.25	210.02	25.98
4.10	236.00	6193.46	46800.00	40606.54	23.36	12.85	0.88	2.25	210.73	25.27
4.20	236.00	6344.52	46800.00	40455.48	23.27	12.80	0.87	2.24	211.44	24.56
4.30	236.00	6495.58	46800.00	40304.42	23.19	12.75	0.87	2.23	212.16	23.84
4.40	236.00	6646.64	46800.00	40153.36	23.10	12.70	0.87	2.23	212.87	23.13
4.50	236.00	6797.70	46800.00	40002.30	23.01	12.66	0.86	2.22	213.59	22.41
4.60	236.00	6948.76	46800.00	39851.24	22.92	12.61	0.86	2.21	214.31	21.69
4.70	236.00	7099.82	46800.00	39700.18	22.84	12.56	0.86	2.21	215.03	20.97
4.80	236.00	7250.88	46800.00	39549.12	22.75	12.51	0.85	2.20	215.75	20.25
4.90	236.00	7401.94	46800.00	39398.06	22.66	12.47	0.85	2.19	216.48	19.52
5.00	236.00	7553.00	46800.00	39247.00	22.58	12.42	0.85	2.19	217.20	18.80

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 detalla la tendencia del periodo de limpieza versus el tiempo de retención hidráulica.

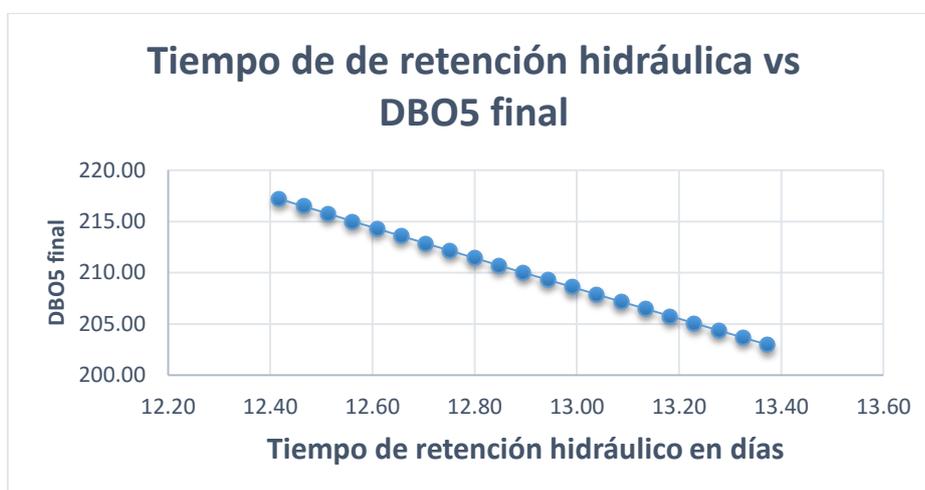
Figura 2. Periodo de limpieza vs tiempo de retención hidráulica en laguna anaerobia.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 detalla la tendencia de la DBO<sub>5</sub> versus el tiempo de retención hidráulica.

Figura 3. Tiempo de retención hidráulica vs DBO<sub>5</sub> final en laguna anaerobia.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla 11 se observa que al aumentar el periodo de limpieza el tiempo de retención hidráulica decrece y a su vez la eficiencia desciende.

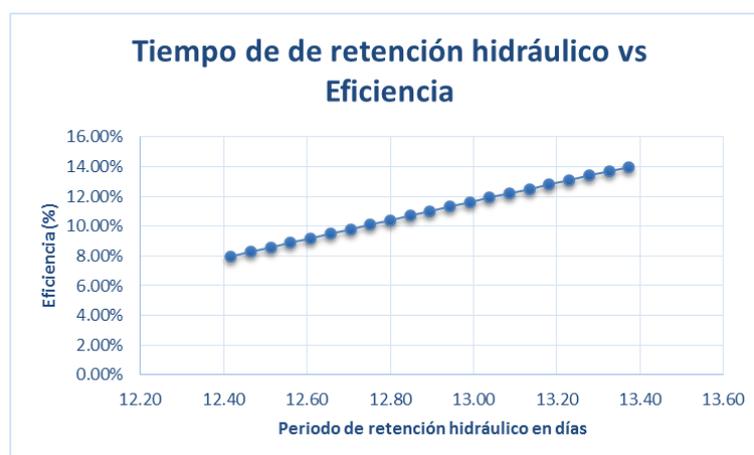
Tabla 11. Determinación de la eficiencia de acuerdo al periodo de retención hidráulico en laguna anaerobia.

Periodo de limpieza	TRH real (días)	DBO <sub>5</sub> inicial	DBO <sub>5</sub> final	Eficiencia (%)
3.00	13.37	236.00	202.98	13.99%
3.10	13.33	236.00	203.68	13.70%
3.20	13.28	236.00	204.38	13.40%
3.30	13.23	236.00	205.08	13.10%
3.40	13.18	236.00	205.78	12.81%
3.50	13.13	236.00	206.48	12.51%
3.60	13.09	236.00	207.18	12.21%
3.70	13.04	236.00	207.89	11.91%
3.80	12.99	236.00	208.60	11.61%
3.90	12.94	236.00	209.31	11.31%
4.00	12.90	236.00	210.02	11.01%
4.10	12.85	236.00	210.73	10.71%
4.20	12.80	236.00	211.44	10.41%
4.30	12.75	236.00	212.16	10.10%
4.40	12.70	236.00	212.87	9.80%
4.50	12.66	236.00	213.59	9.49%
4.60	12.61	236.00	214.31	9.19%
4.70	12.56	236.00	215.03	8.89%
4.80	12.51	236.00	215.75	8.58%
4.90	12.47	236.00	216.48	8.27%
5.00	12.42	236.00	217.20	7.97%

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4 detalla la tendencia del TRH versus la eficiencia, donde predomina que mientras aumenta el tiempo de retención la eficiencia también se incrementa.

Figura 4. Periodo de limpieza vs eficiencia en laguna anaerobia.



Fuente: Elaboración propia.

## EN LAS LAGUNAS FACULTATIVAS

De acuerdo a la Tabla 12 se detalla que, el periodo de limpieza el volumen efectivo decrece aumentando así la DBO<sub>5</sub>.

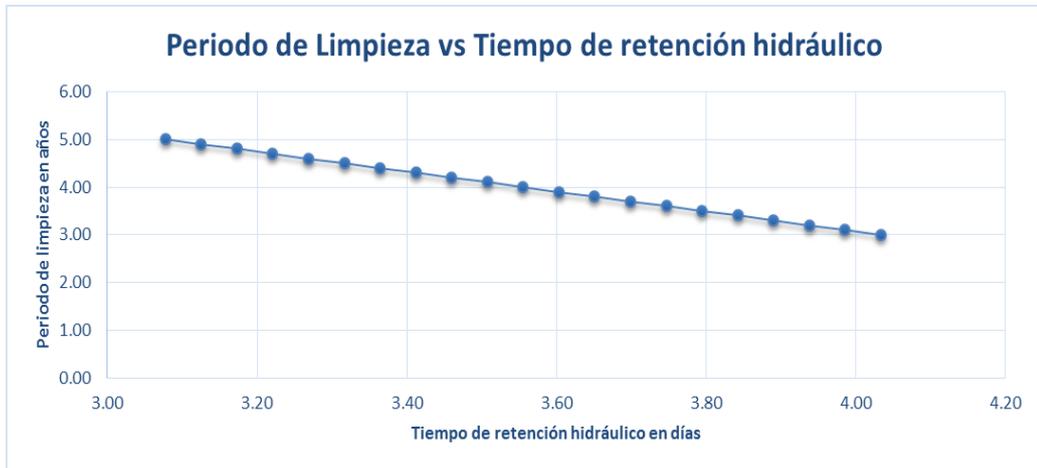
Tabla 12. Variación del DBO<sub>5</sub> de acuerdo al periodo de limpieza en laguna facultativa.

Periodo de limpieza	DBO <sub>5</sub> inicial	Volumen de lodos	Volumen total	Volumen efectivo	TRH teórico (días)	TRH real (días)	dispersión "d"	a	DBO <sub>5</sub> final	Variación BDO <sub>5</sub>
3.00	202.98	4531.80	17280.00	12748.20	7.33	4.03	0.26	1.17	120.42	82.57
3.10	202.98	4682.86	17280.00	12597.14	7.25	3.99	0.25	1.17	121.00	81.98
3.20	202.98	4833.92	17280.00	12446.08	7.16	3.94	0.25	1.16	121.59	81.39
3.30	202.98	4984.98	17280.00	12295.02	7.07	3.89	0.25	1.16	122.18	80.80
3.40	202.98	5136.04	17280.00	12143.96	6.99	3.84	0.25	1.16	122.78	80.20
3.50	202.98	5287.10	17280.00	11992.90	6.90	3.79	0.24	1.15	123.39	79.59
3.60	202.98	5438.16	17280.00	11841.84	6.81	3.75	0.24	1.15	124.00	78.98
3.70	202.98	5589.22	17280.00	11690.78	6.73	3.70	0.24	1.15	124.62	78.36
3.80	202.98	5740.28	17280.00	11539.72	6.64	3.65	0.23	1.14	125.24	77.74
3.90	202.98	5891.34	17280.00	11388.66	6.55	3.60	0.23	1.14	125.88	77.11
4.00	202.98	6042.40	17280.00	11237.60	6.46	3.56	0.23	1.14	126.51	76.47
4.10	202.98	6193.46	17280.00	11086.54	6.38	3.51	0.22	1.13	127.16	75.82
4.20	202.98	6344.52	17280.00	10935.48	6.29	3.46	0.22	1.13	127.81	75.17
4.30	202.98	6495.58	17280.00	10784.42	6.20	3.41	0.22	1.13	128.47	74.52
4.40	202.98	6646.64	17280.00	10633.36	6.12	3.36	0.22	1.12	129.13	73.85
4.50	202.98	6797.70	17280.00	10482.30	6.03	3.32	0.21	1.12	129.80	73.18
4.60	202.98	6948.76	17280.00	10331.24	5.94	3.27	0.21	1.12	130.48	72.50
4.70	202.98	7099.82	17280.00	10180.18	5.86	3.22	0.21	1.11	131.16	71.82
4.80	202.98	7250.88	17280.00	10029.12	5.77	3.17	0.20	1.11	131.86	71.13
4.90	202.98	7401.94	17280.00	9878.06	5.68	3.13	0.20	1.11	132.55	70.43
5.00	202.98	7553.00	17280.00	9727.00	5.60	3.08	0.20	1.10	133.26	69.72

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5 detalla la tendencia del periodo de limpieza versus el tiempo de retención hidráulica.

Figura 5. Periodo de limpieza vs tiempo de retención hidráulica en laguna facultativa.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 detalla la tendencia de la DBO<sub>5</sub> versus el tiempo de retención hidráulica.

Figura 6. Tiempo de retención hidráulica vs DBO<sub>5</sub> final en laguna facultativa.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13 se observa que al aumentar el periodo de limpieza el tiempo de retención hidráulica decrece y a su vez la eficiencia desciende.

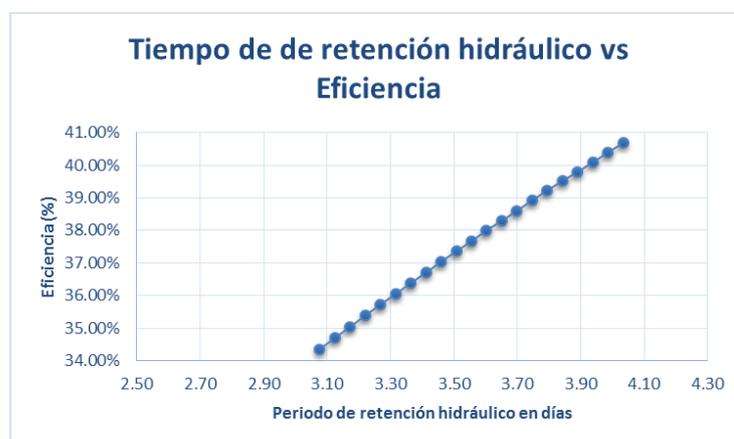
Tabla 13. Determinación de la eficiencia de acuerdo al periodo de retención hidráulico en laguna facultativa.

Periodo de limpieza	TRH real (días)	DBO <sub>5</sub> inicial	DBO <sub>5</sub> final	Eficiencia (%)
3.00	4.03	202.98	120.42	40.68%
3.10	3.99	202.98	121.00	40.39%
3.20	3.94	202.98	121.59	40.10%
3.30	3.89	202.98	122.18	39.81%
3.40	3.84	202.98	122.78	39.51%
3.50	3.79	202.98	123.39	39.21%
3.60	3.75	202.98	124.00	38.91%
3.70	3.70	202.98	124.62	38.61%
3.80	3.65	202.98	125.24	38.30%
3.90	3.60	202.98	125.88	37.99%
4.00	3.56	202.98	126.51	37.67%
4.10	3.51	202.98	127.16	37.36%
4.20	3.46	202.98	127.81	37.03%
4.30	3.41	202.98	128.47	36.71%
4.40	3.36	202.98	129.13	36.38%
4.50	3.32	202.98	129.80	36.05%
4.60	3.27	202.98	130.48	35.72%
4.70	3.22	202.98	131.16	35.38%
4.80	3.17	202.98	131.86	35.04%
4.90	3.13	202.98	132.55	34.70%
5.00	3.08	202.98	133.26	34.35%

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7 detalla la tendencia TRH versus la eficiencia, donde predomina que mientras aumenta el tiempo de retención la eficiencia también se incrementa.

Figura 7. Periodo de limpieza vs eficiencia en laguna facultativa.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Propiedades físicas, químicas y biológicas.

Propiedades físicas:

En la Tabla 14 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros sólidos suspendidos en el punto de muestreo M1.

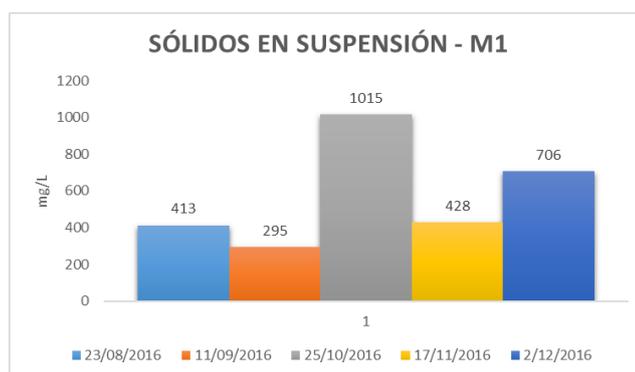
Tabla 14. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 01.

MUESTRAS	PARÁMETRO: SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M1	413	295	1015	428	706	150

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 detalla la variación de los sólidos en suspensión en el punto de muestreo M1 según la fecha de muestreo.

Figura 8. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 01.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 15 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros sólidos suspendidos en el punto de muestreo M2.

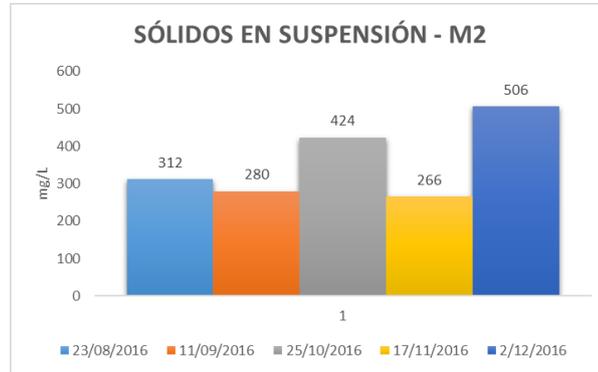
Tabla 15. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 02.

MUESTRAS	PARÁMETRO: SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M2	312	280	424	266	506	150

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 9 detalla la variación de los sólidos en suspensión en el punto de muestreo M2 según la fecha de muestreo.

Figura 9. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 02.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros sólidos suspendidos en el punto de muestreo M3.

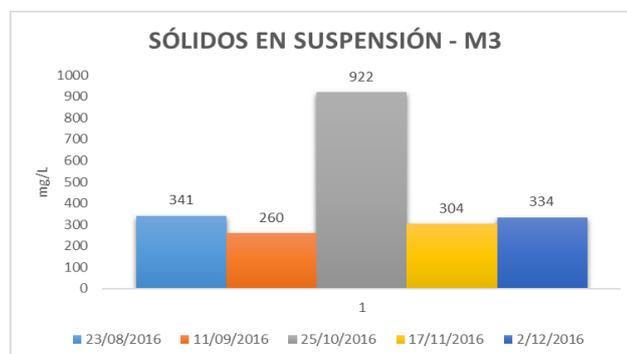
Tabla 16. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 03.

MUESTRAS	PARÁMETRO: SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M3	341	260	922	304	334	150

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 10 detalla la variación de los sólidos en suspensión en el punto de muestreo M3 según la fecha de muestreo.

Figura 10. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 03.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 17 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros sólidos suspendidos en el punto de muestreo M4.

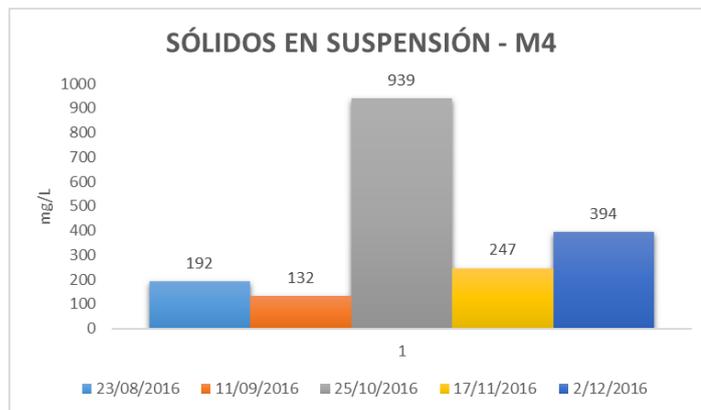
Tabla 17. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 04.

MUESTRAS	PARÁMETRO: SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	192	132	939	247	394	150

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 11 detalla la variación de los sólidos en suspensión en el punto de muestreo M4 según la fecha de muestreo.

Figura 11. Sólidos suspendidos (mg/L) – punto de muestreo M 04.



Fuente: Elaboración propia.

## POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

En la Tabla 18 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

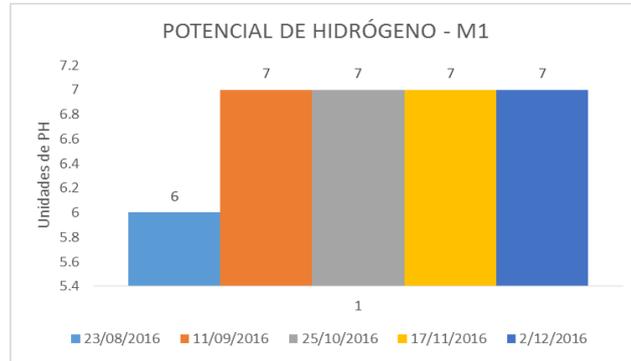
Tabla 18. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 01.

MUESTRAS	PARÁMETRO: pH (Unidades de pH)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M1	6	7	7	7	7	8.5

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 12 detalla la variación del potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

Figura 12. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 01.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 19 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

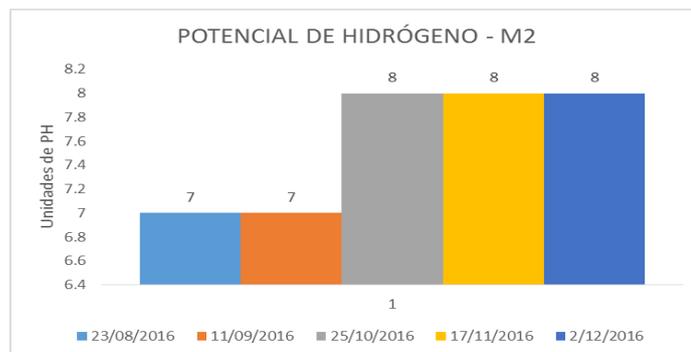
Tabla 19. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 02.

MUESTRAS	PARÁMETRO: pH (Unidades de pH)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M2	7	7	8	8	8	8.5

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 detalla la variación del potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

Figura 13. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 02.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

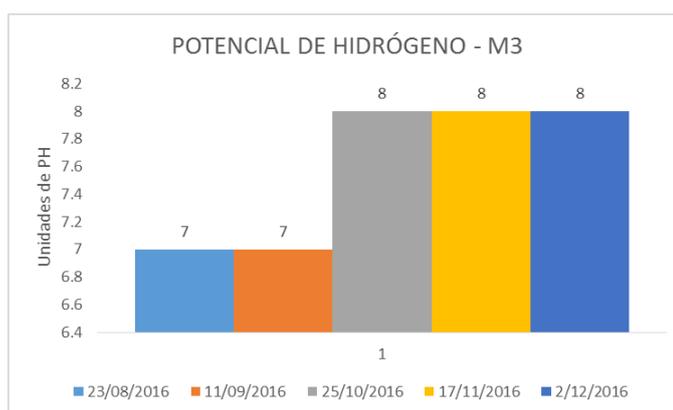
Tabla 20. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 03.

MUESTRAS	PARÁMETRO: pH (Unidades de pH)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M3	7	7	8	8	8	8.5

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 14 detalla la variación del potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

Figura 14. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 03.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 21 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

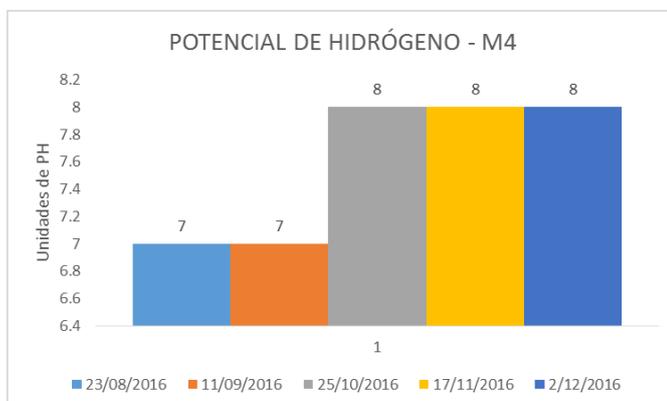
Tabla 21. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 04.

MUESTRAS	PARÁMETRO: pH (Unidades de pH)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	7	7	8	8	8	8.5

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 15 detalla la variación del potencial de hidrogeno (pH) en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

Figura 15. pH (Unidades de pH) – punto de muestreo M 04.



Fuente: Elaboración propia.

## TEMPERATURA

En la Tabla 22 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros temperatura en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

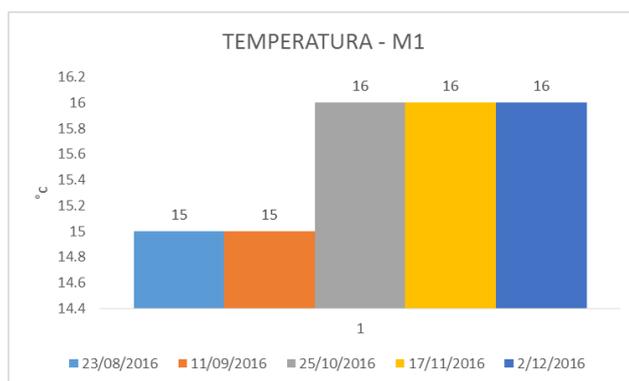
Tabla 22. Temperatura – punto de muestreo M 01.

MUESTRAS	PARÁMETRO: TEMPERATURA (°C)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M1	15	15	16	16	16	35

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 16 detalla la variación de la temperatura (°C) en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

Figura 16. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 01.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 23 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros temperatura en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

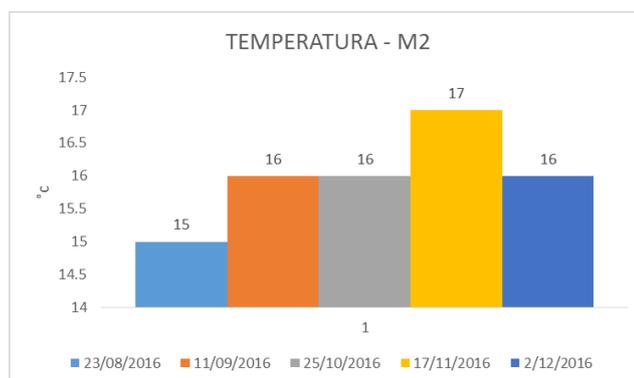
Tabla 23. Temperatura – punto de muestreo M 02.

MUESTRAS	PARÁMETRO: TEMPERATURA (°C)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M2	15	16	16	17	16	35

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 17 detalla la variación de la temperatura (°C) en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

Figura 17. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 02.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 24 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros temperatura en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

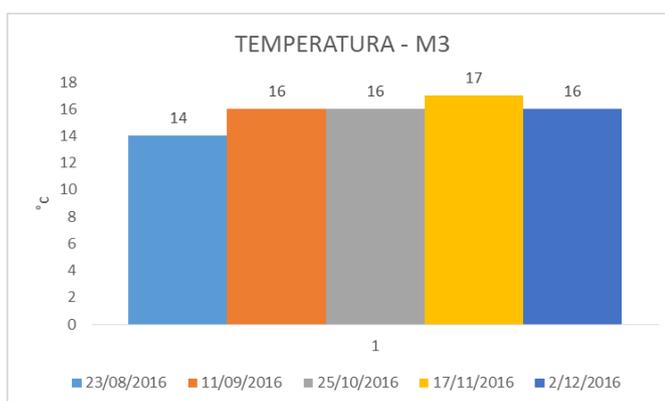
Tabla 24. Temperatura – punto de muestreo M 03.

MUESTRAS	PARÁMETRO: TEMPERATURA (°C)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M3	14	16	16	17	16	35

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 18 detalla la variación de la temperatura (°C) en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

Figura 18. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 03.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 25 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros temperatura en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

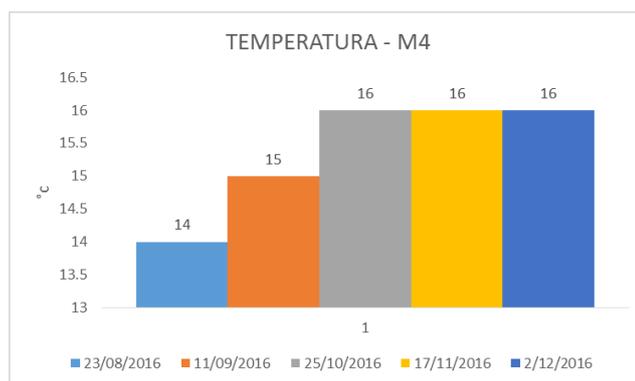
Tabla 25. Temperatura – punto de muestreo M 04.

MUESTRAS	PARÁMETRO: TEMPERATURA (°C)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	14	15	16	16	16	35

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 19 detalla la variación de la temperatura (°C) en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

Figura 19. Temperatura (°C) – punto de muestreo M 04.



Fuente: Elaboración propia.

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

En la Tabla 26 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

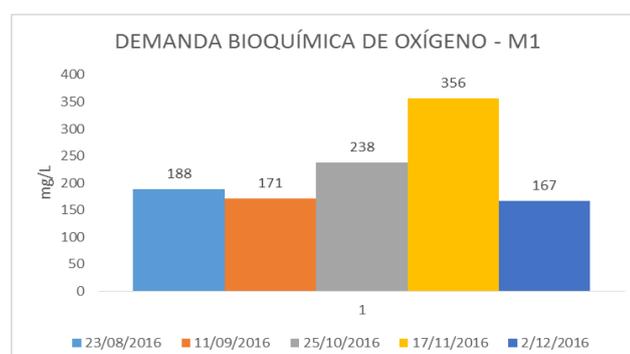
Tabla 26. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M1	188	171	238	356	167	100

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 20 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

Figura 20. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 27 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

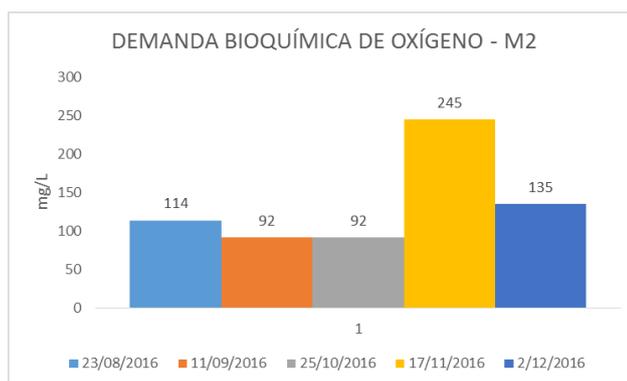
Tabla 27. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M2	114	92	92	245	135	100

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 21 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

Figura 21. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 28 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

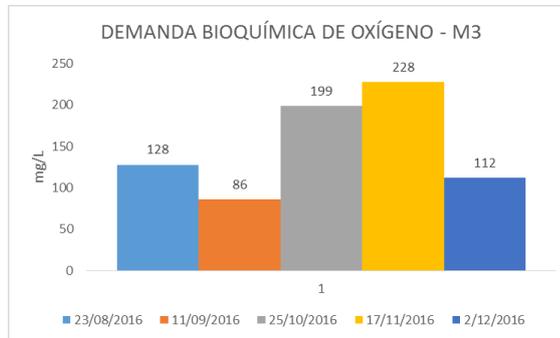
Tabla 28. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M3	128	86	199	228	112	100

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 22 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

Figura 22. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 29 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

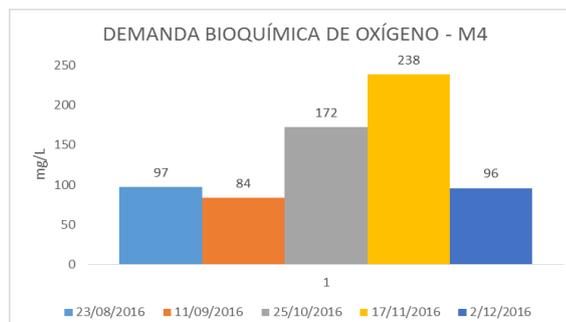
Tabla 29. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	97	84	172	238	96	100

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 23 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

Figura 23. Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04.



Fuente: Elaboración propia.

## DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO

En la Tabla 30 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda química de oxígeno en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

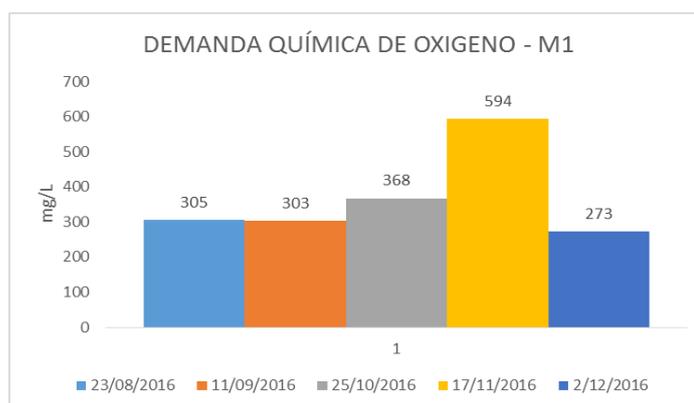
Tabla 30. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M1	305	303	368	594	273	200

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 24 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

Figura 24. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 01.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 31 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda química de oxígeno en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

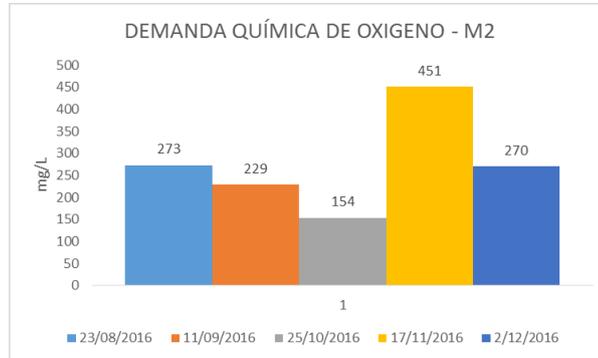
Tabla 31. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M2	273	229	154	451	270	200

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 25 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

Figura 25. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 02.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 32 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda química de oxígeno en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

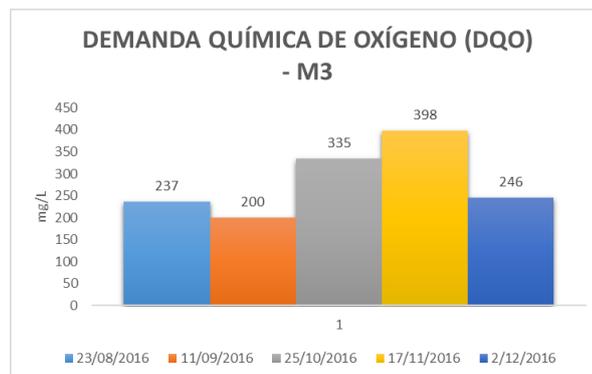
Tabla 32. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M3	237	200	335	398	246	200

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 26 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

Figura 26. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 03.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 33 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros demanda química de oxígeno en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

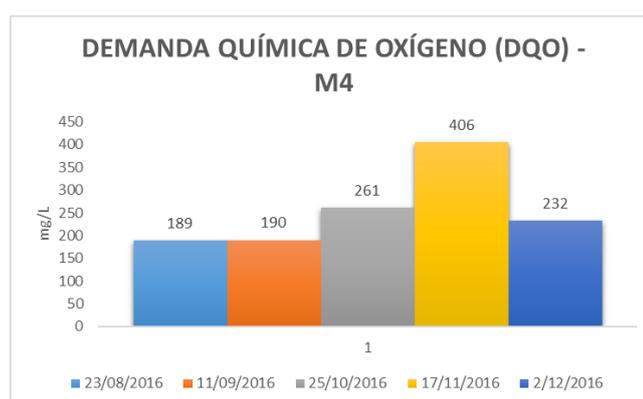
Tabla 33. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	189	190	261	406	232	200.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 27 detalla la variación de la demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

Figura 27. Demanda química de oxígeno (mg/L) – punto de muestreo M 04.



Fuente: Elaboración propia.

## Nº DE COLIFORMES FECALES

En la Tabla 34 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

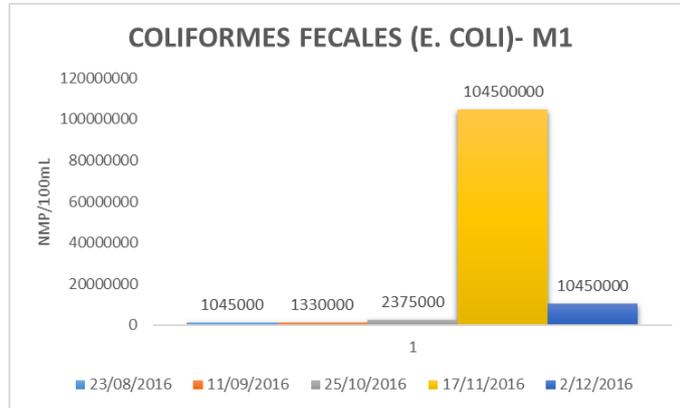
Tabla 34. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 01.

MUESTRAS	PARÁMETRO: N° COLIFORMES FECALES (E. COLI) (NMP/100mL)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M1	1045000	1330000	2375000	104500000	10450000	10000.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 28 detalla la variación del N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M1, según fecha de muestreo.

Figura 28. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 01.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 35 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

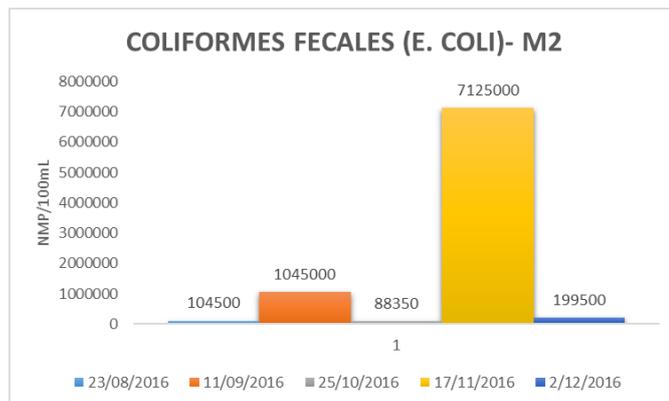
Tabla 35. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 02.

MUESTRAS	PARÁMETRO: N° COLIFORMES FECALES (E. COLI) (NMP/100mL)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M2	104500	1045000	88350	7125000	199500	10000.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 29 detalla la variación del N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M2, según fecha de muestreo.

Figura 29. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 02.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 36 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

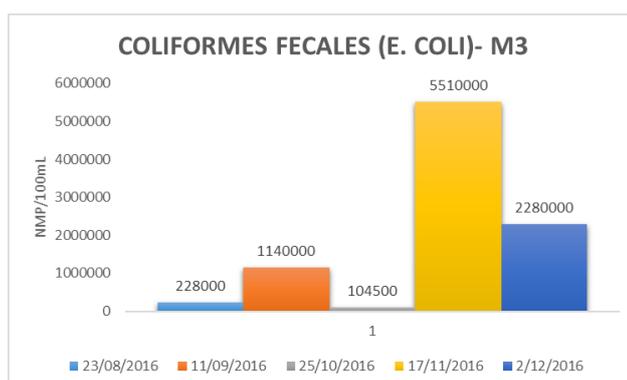
Tabla 36. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 03.

MUESTRAS	PARÁMETRO: N° COLIFORMES FECALES (E. COLI) (NMP/100mL)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M3	228000	1140000	104500	5510000	2280000	10000.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 30 detalla la variación del N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M3, según fecha de muestreo.

Figura 30. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 03.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 37 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

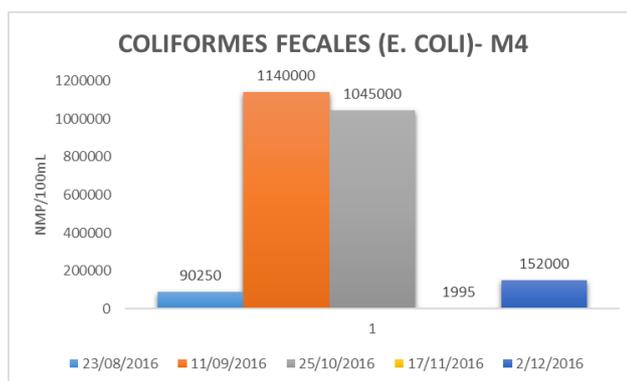
Tabla 37. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 04.

MUESTRAS	PARÁMETRO: N° COLIFORMES FECALES (E. COLI) (NMP/100mL)					LMP
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	90250	1140000	1045000	1995	152000	10000.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 31 detalla la variación del N° de coliformes fecales en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo.

Figura 31. N° de coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) – punto de muestreo M 04.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 38 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros potencial de hidrogeno en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

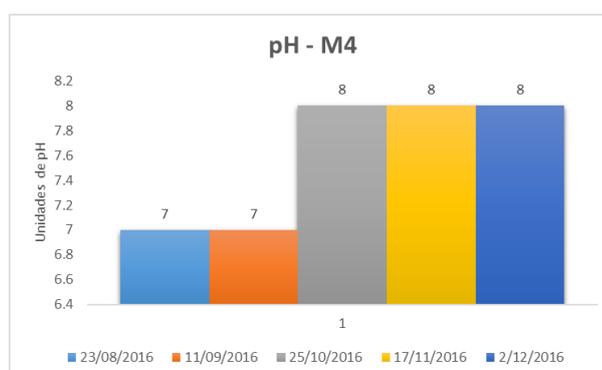
Tabla 38. pH en la muestra M 04 evaluada con el ECA.

MUESTRAS	PARÁMETRO: pH (Unidades de pH)					ECA
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	7	7	8	8	8	8.5

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 32 detalla la variación del potencial de hidrogeno en el punto de muestreo M4, según fecha de muestreo evaluado con los estándares de calidad ambiental.

Figura 32. pH en la muestra M 04 evaluada con el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 39 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro conductividad en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

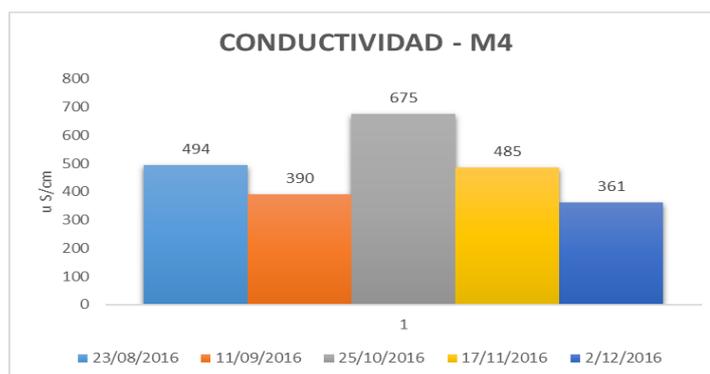
Tabla 39. Conductividad en la muestra M 04 evaluada con el ECA.

MUESTRAS	PARÁMETRO: CONDUCTIVIDAD (uS/cm)					ECA
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	494	390	675	485	361	2000.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 33 detalla la variación del parámetro conductividad en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

Figura 33. Conductividad en la muestra M 04 evaluada con el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 40 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro oxígeno disuelto en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

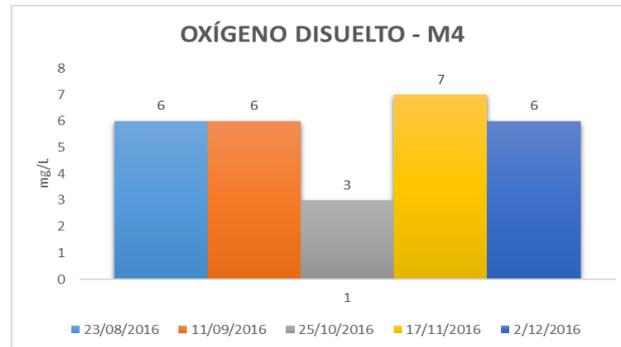
Tabla 40. Oxígeno disuelto (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.

MUESTRAS	PARÁMETRO: OXÍGENO DISUELTO (mg/L)					ECA
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	6	6	3	7	6	4.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 34 detalla la variación del parámetro oxígeno disuelto en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

Figura 34. Oxígeno disuelto (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 41 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

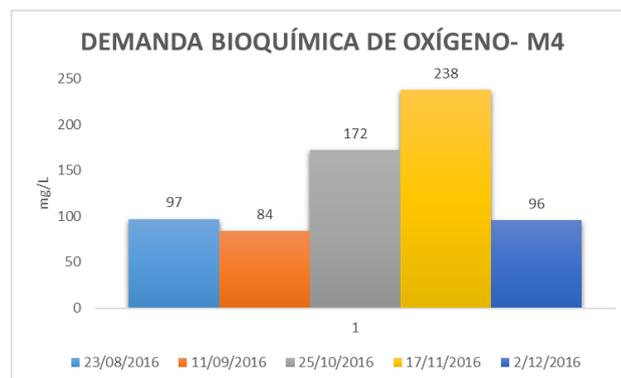
Tabla 41. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					ECA Tipo III
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	97	84	172	238	96	15.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 35 detalla la variación del parámetro demanda bioquímica de oxígeno en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

Figura 35. Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 42 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro demanda química de oxígeno en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

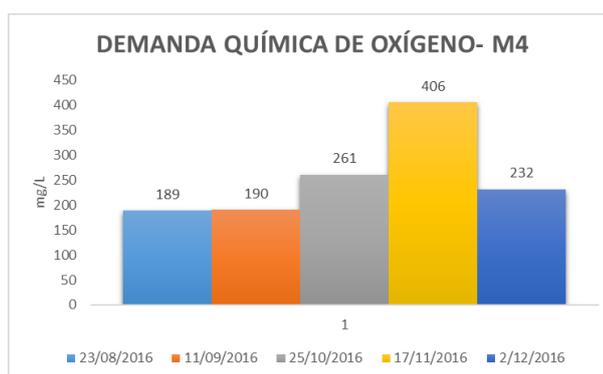
Tabla 42. Demanda química de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.

MUESTRAS	PARÁMETRO: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/L)					ECA Tipo III
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	189	190	261	406	232	40.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 36 detalla la variación del parámetro demanda química de oxígeno en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

Figura 36. Demanda química de oxígeno (mg/L) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 43 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro N° Coliformes fecales en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

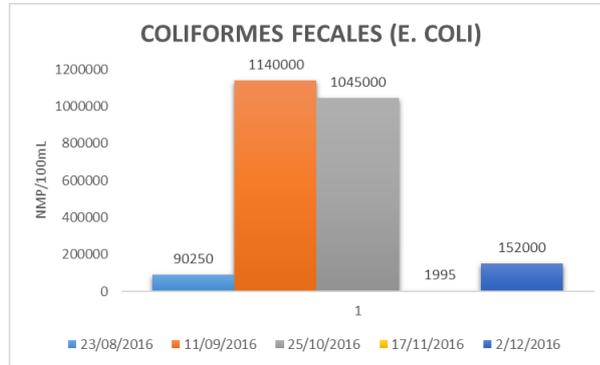
Tabla 43. N° Coliformes fecales (E. COLI) (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.

MUESTRAS	PARÁMETRO: N° COLIFORMES FECALES (E. COLI) (NMP/100mL)					ECA Tipo III
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	90250	1140000	1045000	1995	152000	1000.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 37 detalla la variación del parámetro N° Coliformes fecales en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

Figura 37. Coliformes fecales (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 44 se observa los resultados del análisis de agua, parámetro N° Coliformes totales en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

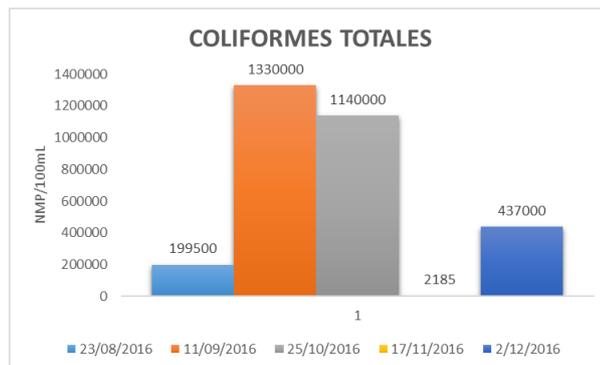
Tabla 44. N° Coliformes totales (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.

MUESTRAS	PARÁMETRO: N° COLIFORMES TOTALES (NMP/100mL)					ECA Tipo III
	23/08/2016	11/09/2016	25/10/2016	17/11/2016	2/12/2016	
M4	199500	1330000	1140000	2185	437000	5000.0

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 38 detalla la variación del parámetro N° Coliformes totales en el punto de muestreo M4, evaluado con los estándares de calidad ambiental.

Figura 38. Coliformes totales (NMP/100mL) en la muestra M 04 evaluada con el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 45 se observa los valores promedios de los caudales de afluente y efluente durante los meses del año 2016 en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jauja.

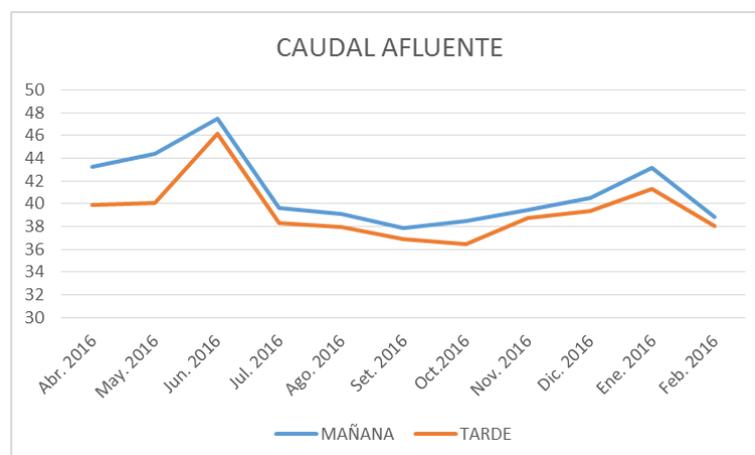
Tabla 45. N° Caudal de afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.

FECHA	Caudal Afluente (L/s)		Caudal Efluente (L/s)	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
<b>Abr. 2016</b>	43.25	39.85	43.11	38.75
<b>May. 2016</b>	44.37	40.08	42.76	40.01
<b>Jun. 2016</b>	47.5	46.2	47.32	45.47
<b>Jul. 2016</b>	39.62	38.28	39.55	37.95
<b>Ago. 2016</b>	39.11	37.97	40.15	38.25
<b>Set. 2016</b>	37.88	36.85	38.56	37.91
<b>Oct. 2016</b>	38.51	36.43	37.95	36.3
<b>Nov. 2016</b>	39.48	38.76	39.16	38.01
<b>Dic. 2016</b>	40.54	39.37	42.11	40.57
<b>Ene. 2016</b>	43.19	41.32	42.78	39.98
<b>Feb. 2016</b>	38.79	38.04	38.63	37.25
<b>Promedio</b>	<b>41.11</b>	<b>39.38</b>	<b>41.10</b>	<b>39.13</b>

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 39 detalla la variación del caudal de afluente en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jauja.

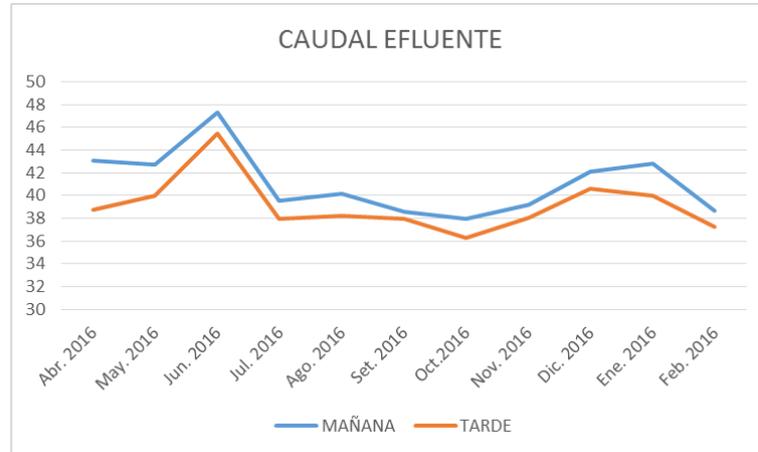
Figura 39. Caudal afluente a la planta de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 40 detalla la variación del caudal de efluente en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jauja.

Figura 40. Caudal efluente a la planta de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 46 se observa la comparación del promedio de los diferentes parámetros realizados en el análisis de agua entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

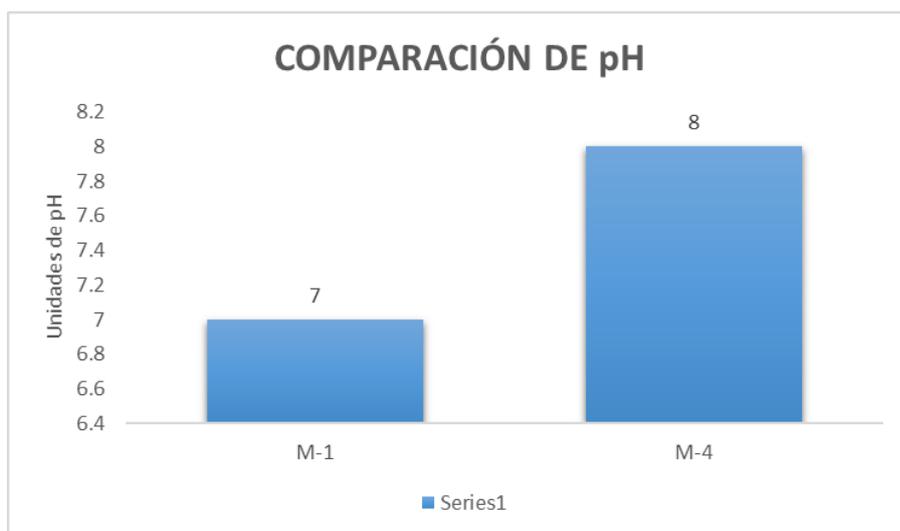
Tabla 46. N° Comparaciones entre los datos analizados (M 01 – M 04)

Muestra N°	Parámetros								
	pH	Sólidos Suspendidos	Temperatura	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Demanda Química de Oxígeno	Conductividad	Oxígeno Disuelto	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
M-1	7	571	16	224	369	756	0	28861000	23940000
M-4	8	381	16	137	256	481	6	621737	485849

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 41 detalla la comparación del potencial de hidrogeno (pH) entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

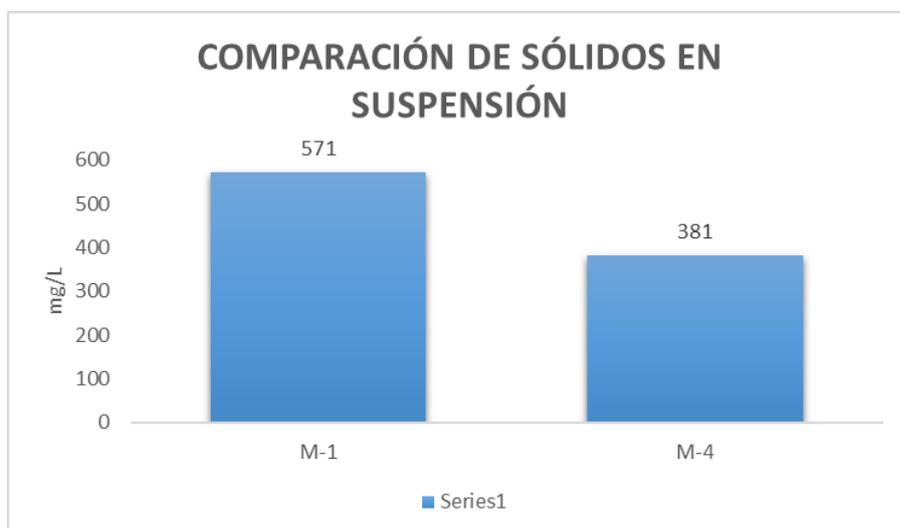
Figura 41. Comparaciones de pH entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 42 detalla la comparación de los sólidos en suspensión entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

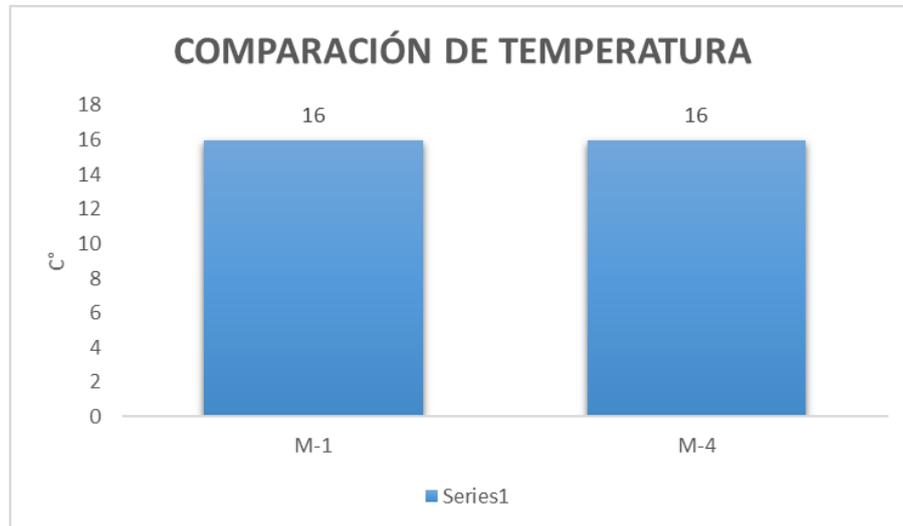
Figura 42. Comparaciones de sólidos en suspensión entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 43 detalla la comparación de la temperatura entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

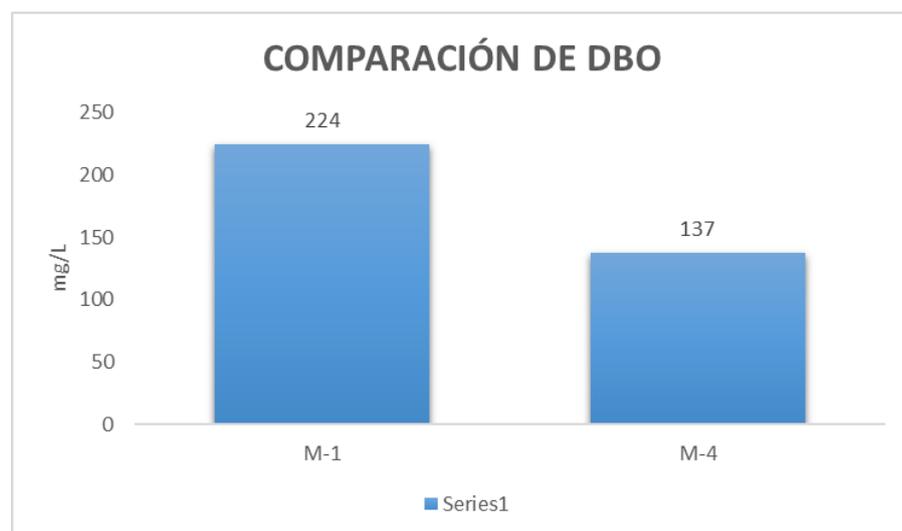
Figura 43. Comparaciones de temperatura entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 44 detalla la comparación de la demanda bioquímica de oxígeno entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

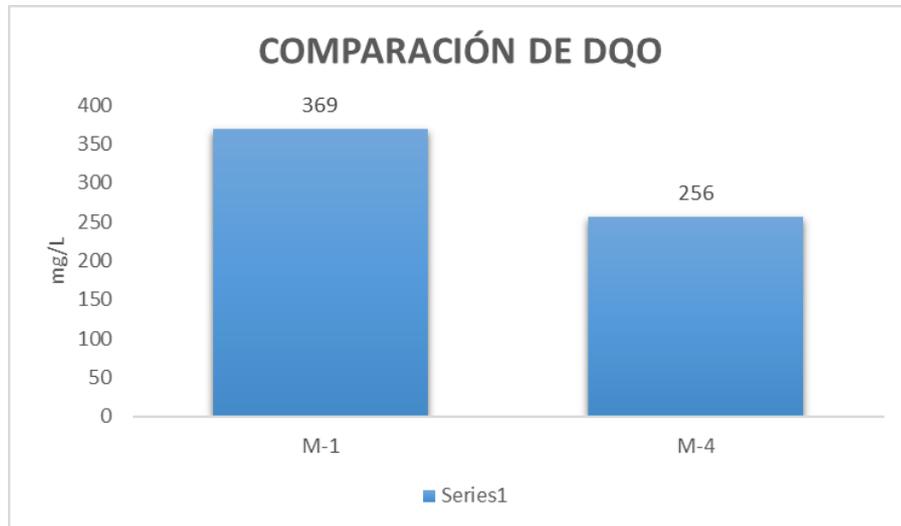
Figura 44. Comparaciones de DBO<sub>5</sub> entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 45 detalla la comparación de la demanda química de oxígeno entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

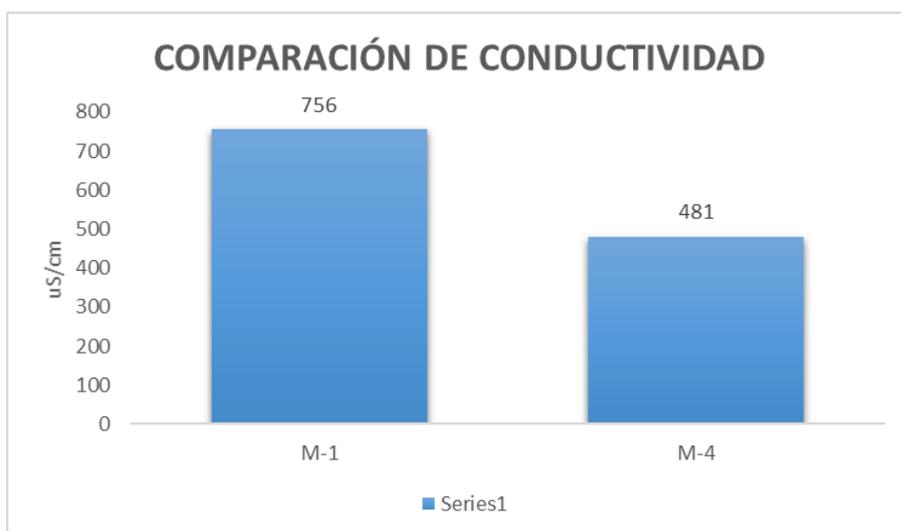
Figura 45. Comparaciones de DQO entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 46 detalla la comparación de la conductividad entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

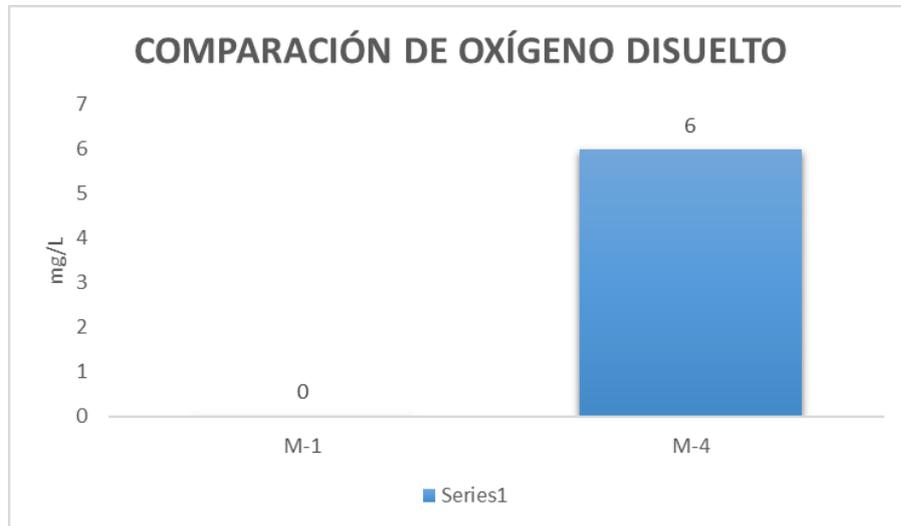
Figura 46. Comparaciones de conductividad entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 47 detalla la comparación del oxígeno disuelto entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

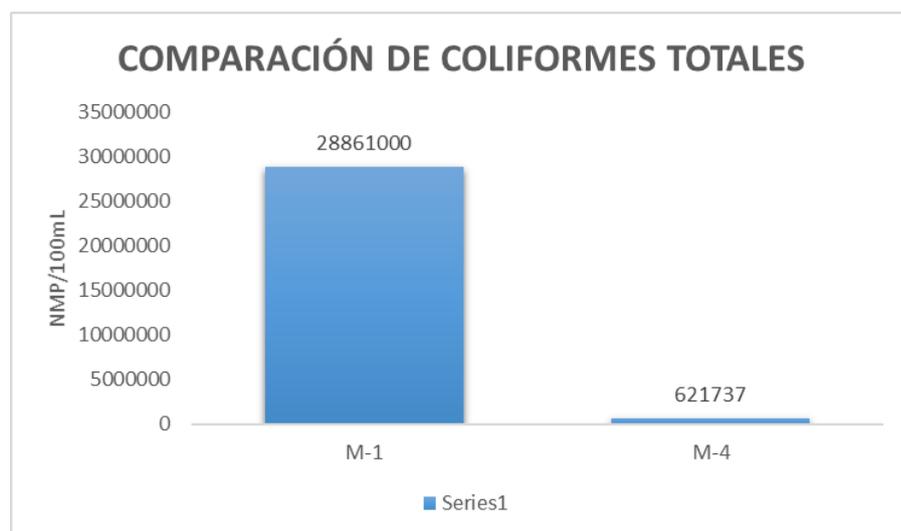
Figura 47. Comparaciones de oxígeno disuelto entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 48 detalla la comparación de coliformes totales entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

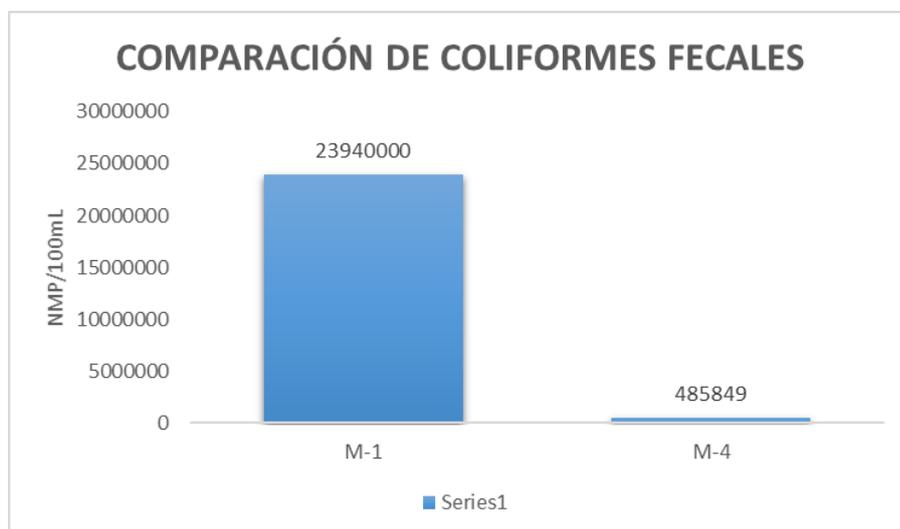
Figura 48. Comparaciones de coliformes totales entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 49 detalla los resultados obtenidos del análisis de agua (análisis bacteriológico), comparación del número de coliformes fecales entre los puntos de muestreo (M1 – M4).

Figura 49. Comparaciones de coliformes fecales entre los datos analizados (M 01 – M 04)



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.1. Eficiencia de remoción de la planta de tratamiento.

En la Tabla 47 se determinó el porcentaje de la eficiencia en los parámetros demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales.

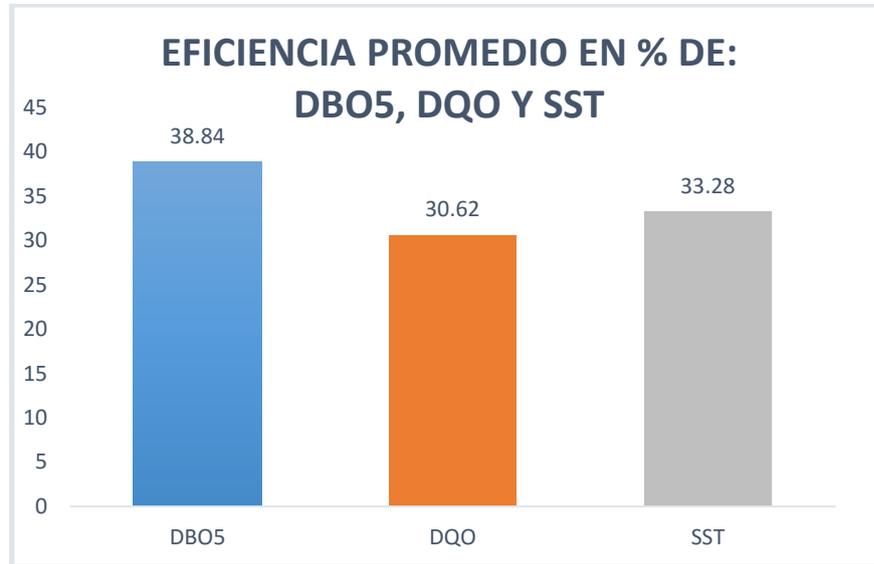
Tabla 47. Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.

% EFICIENCIA	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	EFICIENCIA BUENA
	38.84	30.62	33.28	100

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 50 detalla los porcentajes de la eficiencia en los parámetros demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales.

Figura 50. Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.



Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Tiempo de retención hidráulica y la depuración de aguas residuales

Respecto al primer objetivo planteado se constituye que, de acuerdo a la Tabla 6 se ha establecido los parámetros de diseño referente a las lagunas anaerobias, a fin de calcular los parámetros correspondientes tal como se muestra en la Tabla 7, siendo el caudal de diseño de 3476.736 m<sup>3</sup>/día este valor es repartido en parte iguales en las dos lagunas anaerobias, la carga orgánica resultante viene a ser de 820.5097 kg DBO<sub>5</sub>/día, la condición de temperatura de acuerdo final (de diseño) es de 9.5°C, valor que varía por fórmula teniendo en cuenta que la temperatura mínima de la zona Jauja es de 8.5°C, lo que corresponde a la carga superficial, el área de la laguna, la relación de largo y ancho, la profundidad, talud, borde libre; son valores que han asumidos de lo ya existente los cuales se pueden observar en los planos adjuntos; no obstante el volumen de lodos se ha calculado de acuerdo a la población siendo esta de 4531.8 m<sup>3</sup> (valor resultante considerado con un periodo de limpieza de 3 años de acuerdo a lo especificado en el expediente técnico de la planta de tratamiento en estudio), la altura de lodos es de 0.145 m; con estos valores se obtiene un volumen efectivo de 42268.2 m<sup>3</sup> (el volumen total de la laguna anaerobia es de 46800 m<sup>3</sup>), se prosiguió a la determinación del tiempo de retención siendo este de 13.37 días, valor esperado con el periodo de limpieza ya especificado, para determinar el DBO<sub>5</sub> final o este caso DBO<sub>5</sub> después del tratamiento en la laguna

anaerobia se ha calculado el factor de dispersión  $d$  y la constante  $a$  teniendo estos valores de 0.91344 y 2.3222, siendo así que el  $\text{DBO}_5$  final después del tratamiento en la laguna anaerobia de 202.98 mg/l, valor menor al ingresante (afluente) que es de 236 mg/l, cabe resaltar que este valor final del  $\text{DBO}_5$  corresponde a un valor teórico, lo cual contrastado con los resultados de los análisis obtenidos en laboratorio.

Los resultados establecen que, de acuerdo a lo especificado por Muñoz, Lehmann y Martínez en 1996 especificando que el grado de remoción de  $\text{DBO}_5$  de las lagunas anaerobias está relacionado con el tiempo de retención, por ende la variación del  $\text{DBO}_5$  y por consiguiente la depuración de aguas residuales tal como se especificó en párrafos anteriores.

De acuerdo a la Tabla 8 se ha establecido los parámetros de diseño para una laguna facultativa (ambas lagunas facultativas que conforman la planta de tratamiento son idénticas), a fin de calcular los parámetros correspondientes tal como se muestra en la Tabla 9, siendo el caudal de diseño de 1738.368  $\text{m}^3/\text{día}$  este valor pertenece a una laguna facultativa, la carga orgánica resultante viene a ser de 352.856 kg  $\text{DBO}_5/\text{día}$ , la condición de temperatura de acuerdo final (de diseño) es de 9.5°C, valor que varía por fórmula teniendo en cuenta que la temperatura mínima de la zona Jauja es de 8.5°C, lo que corresponde a la carga superficial, el área de la laguna, la relación de largo y ancho, la profundidad, talud, borde libre; son valores que han asumidos de lo ya existente los cuales se pueden observar en los planos adjuntos; no obstante el volumen de lodos se ha calculado de acuerdo a la población siendo esta de 4531.8  $\text{m}^3$  (valor resultante considerado con un periodo de limpieza de 3 años de acuerdo a lo especificado en el expediente técnico de la planta de tratamiento en estudio), la altura de lodos es de 0.393 m; con estos valores calculados se obtiene como volumen efectivo de 12748.2  $\text{m}^3$  (el volumen total de la laguna facultativa es de 17280  $\text{m}^3$ ), se prosiguió a la determinación del tiempo de retención siendo este de 4.033 días, valor esperado con el periodo de limpieza ya especificado, para determinar el  $\text{DBO}_5$  final o este caso  $\text{DBO}_5$  después del tratamiento en la laguna anaerobia se ha calculado el factor de dispersión  $d$  y la constante  $a$  teniendo estos valores de 0.25800 y 1.17226, siendo así que el  $\text{DBO}_5$  final teórico después del tratamiento

en la laguna facultativa es de 173.488 mg/l, valor menor al ingresante (afluente) que es de 202.98 mg/l.

Los resultados establecen que, de acuerdo a lo especificado por Muñoz, Lehmann y Martínez en 1996 especificando que el grado de remoción de DBO<sub>5</sub> de las lagunas facultativas está relacionado con el tiempo de retención, por ende la variación del DBO<sub>5</sub> y por consiguiente la depuración de aguas residuales tal como se especificó en párrafos anteriores.

## **5.2. Tiempo crítico de retención hidráulico y eficiencia**

Según lo establecido por el segundo objetivo se detalla que, en la Tabla 10 se muestra la variación del tiempo de retención en la laguna anaerobia, siendo este dependiente del valor que se le asigne al periodo de limpieza, tal como se detalla en la bibliografía este valor varía debido a que a mayor tiempo que se otorgue al periodo de limpieza el volumen de lodos aumenta y por ende el volumen efectivo se reduce, para tal efecto se estableció valores desde 3 años hasta los 5 años, se considera valores consecutivos a 3 años debido a que la planta de tratamiento ha sido diseñada para este periodo de limpieza, como se puede observar mientras que el valor del periodo de limpieza aumenta (situación que se asemeja a la realidad debido a que no se ha realizado la limpieza de las pozas) el periodo de retención disminuye, tal de ser el caso que considerado 3 años después una limpieza el tiempo de retención hidráulica hasta los 4 años (situación actual) disminuye de 13.37 días a 12.90 días; asimismo esta variación del tiempo de retención va de la mano con el DBO<sub>5</sub> final (efluente de la laguna anaerobia), al reducirse el tiempo de retención hidráulico el DBO<sub>5</sub> aumenta, siendo el caso que de 3 años de periodo de limpieza a 4 años (valor de la actualidad) varía de 202.98 mg/l a 210.02 mg/l; cantidad que va aumentando al transcurso de los años al no realizarse la limpieza correspondiente tal como se muestra que llegado los 5 años el DBO<sub>5</sub> es de 217.20 mg/L.

En la Figura 2 se muestra el gráfico lineal pero decreciente entre el periodo de limpieza y el tiempo de retención hidráulica, asimismo en la Figura 3 se grafica

el tiempo de retención hidráulico vs el DBO<sub>5</sub> final (efluente de la planta de tratamiento).

Lo que concierne a la eficiencia de retención hidráulica en la laguna anaerobia, en la Tabla 11 se muestra que este valor también se ve afectado de acuerdo al periodo de limpieza de la laguna, siendo así que el valor del DBO<sub>5</sub> final (efluente de la laguna anaerobia) aumenta de acuerdo a lo estipulado ya en párrafos arriba, lo que involucra que la eficiencia va en decreciendo, siendo el caso que de un tiempo de limpieza de 3 años con tiempo de retención hidráulica de 13.37 días la eficiencia es de 13.99%, más considerando 4 años con tiempo de retención hidráulica de 12.90 días la eficiencia es de 11.01%, valor que se reduce con el transcurso del tiempo.

En la Figura 4 se muestra la variación gráfica entre periodo de retención hidráulico y la eficiencia.

Los resultados establecen que, de acuerdo a lo especificado por Muñoz, Lechman y Martínez en 1996 especificando que el grado de remoción de DBO<sub>5</sub> de las lagunas anaerobias está relacionado con el tiempo de retención y teniendo en cuenta lo especificado en el numeral 2.2.17 la eficiencia depende de valor inicial del DBO<sub>5</sub> y del DBO<sub>5</sub> después del tratamiento.

En la 12 se muestra la variación del tiempo de retención en la laguna facultativa, siendo este dependiente del valor que se le asigne al periodo de limpieza, tal como se detalla en la bibliografía este valor varía debido a que a mayor tiempo que se otorgue al periodo de limpieza el volumen de lodos aumenta y por ende el volumen efectivo se reduce, para tal efecto se estableció valores desde 3 años hasta los 5 años, se considera valores consecutivos a 3 años debido a que la planta de tratamiento ha sido diseñada para este periodo de limpieza, como se puede observar mientras que el valor del periodo de limpieza aumenta (situación que se asemeja a la realidad debido a que no se ha realizado la limpieza de las pozas) el periodo de retención disminuye, tal de ser el caso que considerado 3 años después una limpieza el tiempo de retención hidráulica hasta los 4 años (situación actual) disminuye de 4.03 días a 3.56 días; asimismo esta variación del tiempo de retención va de la mano con el DBO<sub>5</sub> final (efluente de la laguna

anaerobia), al reducirse el tiempo de retención hidráulico el DBO<sub>5</sub> aumenta, siendo el caso que de 3 años de periodo de limpieza a 4 años (valor de la actualidad) varía de 120.42mg/l a 126.51 mg/l; cantidad que va aumentando al transcurso de los años al no realizarse la limpieza correspondiente tal como se muestra que llegado los 5 años el DBO<sub>5</sub> es de 133.26 mg/L.

En la Figura 5 se muestra el gráfico lineal pero decreciente entre el periodo de limpieza y el tiempo de retención hidráulica, asimismo en la Figura 6 se grafica el tiempo de retención hidráulico vs el DBO<sub>5</sub> final (efluente de la planta de tratamiento).

Lo que concierne a la eficiencia de retención hidráulica en la laguna facultativa, en la Tabla 13 se muestra que este valor también se ve afectado de acuerdo al periodo de limpieza de la laguna, siendo así que el valor del DBO<sub>5</sub> final (efluente de la laguna anaerobia) aumenta de acuerdo a lo estipulado ya en párrafos arriba, lo que involucra que la eficiencia va en decreciendo, siendo el caso que de un tiempo de limpieza de 3 años con tiempo de retención hidráulica de 4.03 días la eficiencia es de 40.68%, mas considerando 4 años con tiempo de retención hidráulica de 3.56 días la eficiencia es de 37.67%, valor que se reduce con el transcurso del tiempo.

En la Figura 7 se muestra la variación gráfica entre periodo de retención hidráulico y la eficiencia.

Los resultados establecen que, de acuerdo a lo especificado por Muñoz, Lechman y Martínez en 1996 especificando que el grado de remoción de DBO<sub>5</sub> de las lagunas facultativas está relacionado con el tiempo de retención y teniendo en cuenta lo especificado en el numeral 2.2.17 la eficiencia depende de valor inicial del DBO<sub>5</sub> y del DBO<sub>5</sub> después del tratamiento.

### **5.3. Propiedades físicas, químicas y bacteriológicas**

Cabe detallar que la toma de muestras en cada uno de los puntos de muestreos se realizó en las fechas de: 23/08, 11/09, 25/10, 17/11 y 02/12 del año 2016.

Lo que concierne al parámetro de sólidos suspendidos:

En la En la Tabla 14 se observa los resultados del análisis de agua, parámetros sólidos suspendidos en el punto de muestreo M1.

Tabla 14 y la Figura 8 se puede observar que las evaluaciones realizadas en la muestra M 01 dan como resultado: 413, 295, 1015, 428 y 706 mg/L, superando excesivamente el LMP que tolera un máximo de 150 mg/L. La excesiva cantidad de sólidos suspendidos se da debido a que el punto M 01 es el afluente de la planta de tratamiento, donde ingresa la materia orgánica de la ciudad de Jauja sin ningún tratamiento. En Tabla 15 y la La Figura 9 detalla la variación de los sólidos en suspensión en el punto de muestreo M2 según la fecha de muestreo.

Figura 9 se observa que las evaluaciones realizadas en la muestra M 03 los valores son: 341, 260, 922, 304 y 334 mg/L, excediendo el LMP (el LMP para sólidos suspendidos es de 150 mg/L). La Tabla 17 y la Figura 11 muestras los valores de la muestra M 04, que viene a ser la salida de la Planta de Tratamiento de aguas residuales. Las evaluaciones se realizaron dan como valores: 192, 132, 939, 247 y 394 mg/L respectivamente. Dichos valores exceden el LMP según el D.S N°003-2010- MINAM que es de 150 mg/L. De acuerdo a lo ya señalado este parámetro sobrepasa lo estipulado por la normativa, deduciendo así que no existe un debido tratamiento.

Lo que involucra al parámetro de pH:

Según la Tabla 18 y Figura 12 correspondiente al afluente de la planta de tratamiento estos valores no sobrepasan los límites máximos permisibles. No obstante en los puntos de muestreo M 02 y M 03 estos no sobrepasan los límites máximos permisibles. Mas en el punto de muestreo M 04 los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que establece la normativa (Tabla 21 y Figura 15). Los resultados de este parámetro en las aguas residuales de la ciudad de Jauja son ligeramente alcalinos y no ácidos ni básicos.

Los resultados de este parámetro en las aguas residuales son ligeramente alcalinos y no ácidos ni básicos debido a que según Tarchtzky, las aguas ácidas

y básicas se encuentran en zonas mineras e industriales, mientras que en los efluentes domésticos alcanzan valores aproximados entre 7 u 8. Contrastando con la investigación, se observa que los valores de pH se encuentran comprendidos entre 6 a 8 tal y como lo refiere el estudio.

Lo que respecta a la temperatura:

El punto de muestreo M 01 trae consigo valores según la Tabla 22 y Figura 16, presentó valores de 15,0; 15,0; 16,0; 16,0 y 16,0 °C, que comparado con el LMP del D.S N°003 - 2010 – MINAM (Temperatura <35) se encuentran dentro de los rangos permitidos. En la Tabla 23 y Figura 17 concerniente al punto de muestreo M 02 dieron como resultado para el parámetro temperatura 15,0; 16,0; 16,0; 17,0 y 16,0 valores que también se encuentra dentro de los límites establecidos. Tanto en los puntos de muestreos M 03 y M 04 los valores de temperatura se encuentra dentro de los límites máximos límites permisibles. Según Marsilli, encontrar líquidos con temperaturas muy elevadas indica que se está produciendo una descarga industrial o comercial. Por consiguiente, en la investigación de las temperaturas de los puntos de muestreo M 01, M 02, M 03 y M 04 no son elevadas, por lo que no hay la presencia de descargas industriales y comerciales, así como no estaría provocando alteraciones en el medio ambiente.

Para la demanda bioquímica de oxígeno:

En la Tabla 26 y el Figura 20 se observa que en el punto de muestreo M 01 fueron de 188; 171; 238; 356 y 167 mg/L, superando excesivamente el LMP que tolera hasta un máximo de 100 mg/L. La excesiva cantidad de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) se da debido a que el punto M 01 es el afluente de la planta de tratamiento, donde se requiere mayor consumo de oxígeno por parte de los microorganismos para degradar la materia orgánica. Los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) para el punto de muestreo M 02 evaluada a la salida de las pozas N° 01 y 02 de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales fueron: 114; 92; 92; 245 y 135 mg/L. Según el D.S N°003 – 2010 – MINAM, solo dos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que establece la norma en la Tabla 27 y la Figura 21 mientras que el resto se encuentra fuera de los límites máximos permisibles. En la Tabla 28 y la

Figura 22 se observa que las evaluaciones realizadas en la muestra M 03, que viene a ser el resultado de la poza 3 y poza 4, fueron de 128; 86; 199; 228 y 112 mg/L, excediendo el LMP en casi todas sus evaluaciones a excepción de una con valor de 86 mg/L (el LMP para la demanda bioquímica de oxígeno es de 100 mg/L). El punto de muestreo M 04, donde se evaluó el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) en la Tabla 29 y Figura 23, presentó valores de 97,0; 84,0; 172,0; 238,0 y 96,0 mg/L. Comparando con el LMP del D.S N°003 - 2010 – MINAM ( $DBO_5 < 100$ ) no se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma a excepción de tres evaluaciones, que se obtuvo como valor 97,0 mg/L; 84,0 mg/L y 96,0 mg/L.

Lo que concierne a la demanda química de oxígeno:

En la Tabla 30 y Figura 24 se observa que las evaluaciones realizadas en la muestra M 01, los valores son: 305; 303; 368; 594 y 273 mg/L, excediendo el LMP en todas sus evaluaciones (El LMP para la demanda química de oxígeno es de 200 mg/L). Según el D.S N°003 – 2010 – MINAM, los valores de demanda química de oxígeno para el punto de muestreo M 02 que se evaluó a la salida de las Pozas N°01 y N°02 de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales los valores resultantes son: 273; 229; 154; 451 y 270 mg/L. Estos valores se encuentran fuera de los límites máximos permisibles ( $DQO < 200$  mg/L) que establece la norma en la Tabla 31 y la Figura 25, a excepción de la tercera evaluación dando como resultado 154 mg/L. En la Tabla 32 y la Figura 26 se observó que las evaluaciones realizadas en la muestra M 03 (salida de las pozas N° 03 y 04 de la planta de tratamiento de aguas residuales) obteniendo: 237; 200; 335; 398 y 246 mg/L, superando el LMP en todas sus evaluaciones que tolera hasta un máximo de 200 mg/L. Los valores de demanda química de oxígeno (DQO) para el punto de muestreo M 04 evaluado a la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es: 189,0; 190,0; 261,0; 406,0 y 232,0 mg/L. Según el D.S N°003 – 2010 – MINAM, solo dos valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que establece la norma en la Tabla 33 y la Figura 27 mientras que el resto se encuentra fuera de los límites máximos permisibles.

Respecto al parámetro de coliformes fecales:

El punto de muestreo M 01, donde se evaluó el parámetro coliformes fecales (entrada de las Aguas Residuales a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) en la Tabla 34 y Figura 28, presentó valores de 1045000; 1330000; 2375000; 104500000 y 10450000 NMP/100 mL. Comparando con el LMP del D.S N°003 - 2010 – MINAM (Coliformes Fecales <10000) se encuentran excesivamente fuera de los límites establecidos. En la Tabla 35 y la Figura 29 se da a conocer que las evaluaciones realizadas en la muestra M 02 (salida de las pozas N°01 y 02 de en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) siendo los valores: 104500; 1045000; 88350; 7125000 y 199500 NMP/100mL, superando excesivamente el LMP que tolera hasta un máximo de 10000 mg/L. Los valores de coliformes fecales para el punto de muestreo M 03 son: 228000; 1140000; 104500; 5510000 y 2280000 mg/L. Según el D.S N°003 – 2010 – MINAM, estos valores no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (Coliformes fecales<10000 mg/L) que establece la norma en la Tabla 36 y la Figura 30. En la Tabla 37 y Figura 31 se observa que las evaluaciones realizadas en la muestra M 04, que viene a ser el resultado de la salida de las aguas tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales siendo los siguientes valores. 90250; 1140000; 1045000; 1995 y 152000 NMP/100 mL, excediendo el LMP en casi todas sus evaluaciones a excepción de una con valor de 1995 NMP/ mg/L (El LMP para los coliformes fecales es 10000 NMP/100 mL).

De la comparación con los ECAs:

Los valores de pH para el punto de muestreo M 04 son: 7; 7; 8; 8 y 8 unidades de pH. Según el D.S N°002 – 2008 – MINAM, todos los valores se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua categoría III (Riego de vegetales) que establece la norma en la Tabla 38 y Figura 32. Se utilizó estos estándares de agua del tipo III porque se podría dar otros usos,. Por lo tanto, al no cumplir la salida con los ECAs, se requiere el mejoramiento de la planta de tratamiento.

En la Tabla 39 y el Figura 33 se da a conocer que las evaluaciones realizadas en la muestra M 04 el parámetro conductividad fueron de 494,0; 390,0; 675,0;

485,0 y 361,0 uS/cm, no excediendo el ECA tipo III que tolera hasta un máximo de 2000 uS/cm. Según Orellana, 2005, la conductividad aumentará a medida que aumentan los compuestos disueltos, principalmente sales minerales. Sin embargo, los resultados de la investigación presentaron una conductividad menor al establecido en la norma, por lo que no se encontró la presencia de sales minerales.

El punto de muestreo M 04, donde se evaluó el parámetro oxígeno disuelto siendo en la Tabla 40 y la Figura 34 la especificación de los valores siendo estos: 6,0; 6,0; 3,0; 7,0 y 6,0 mg/L. Comparando con el ECA tipo III del D.S N°002 - 2008 – MINAM (OD  $\geq$ 4) se encuentran dentro de los estándares establecidos a excepción de la tercera evaluación, que resultó ser 3,0 mg/L. A pesar de que los resultados dan a conocer que son aptas para el riego, es necesario tener en consideración la evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la demanda química de oxígeno (DQO) para comprobar si es apta para riego. Asimismo, según WHO, 2004, la cantidad de OD puede ser un indicador de la cantidad de bacterias o animales acuáticos en el área. Cuando hay una sobrepoblación de bacteria, por ejemplo, esta puede causar una reducción significativa de OD. En la investigación se puede observar que los niveles de OD se encuentran en un nivel aceptable, por lo que no hay una sobrepoblación de las bacterias

En la Tabla 41 y la Figura 35 se observó que las evaluaciones realizadas en la muestra M 04 el parámetro demanda bioquímica de oxígeno fueron de 97,0; 84,0; 172,0; 238,0 y 96,0 mg/L, superando el ECA tipo III en todas sus evaluaciones que tolera hasta un máximo de 15,0 mg/L, lo cual hace ver que el agua tratada no es conveniente para el riego de vegetales.

Los valores de demanda química de oxígeno para el punto de muestreo M 04 que se evaluó a la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas son: 189,0; 190,0; 261,0; 406,0 y 232,0 mg/L. Según el D.S N°002 – 2008 – MINAM, estos valores no se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría III (DQO < 40,0 mg/L) que establece la norma en la Tabla 42 y la Figura 36. El resultado no es lo esperado porque la planta solo cuenta

con dos pozas que son de tipo anaerobio y facultativa, haciendo falta la poza de maduración con su cascada para su respectiva aireación, mencionado por Rolim, 2000.

En la Tabla 43 y la Figura 37 se presencié que las evaluaciones realizadas en la muestra M 04, para el parámetro coliformes fecales fueron de 90250; 1140000; 1045000; 1995 y 152000 NMP/100 mL, excediendo el ECA tipo III en todas sus evaluaciones (El ECA tipo III para los coliformes fecales es de 1000 mg/L). Según Xiong *et al.* 2001, es casi probable que en las aguas residuales municipales, aún después de un proceso de tratamientos, además de un alto contenido de coliformes fecales, y otros componentes orgánicos, puedan limitar su uso, inclusive como aguas para riego. En el estudio se demuestra que existe una excesiva cantidad de coliformes fecales debido a la presencia de materia orgánica proveniente de la ciudad de Jauja, y a pesar de su tratamiento limitan el uso como aguas de tipo III (Riego de vegetales)

El punto de muestreo M 04, donde se evaluó el parámetro coliformes totales (salida del agua tratada en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) en la Tabla 44 y la Figura 38, presentó valores de 199500; 1330000; 1140000; 2185 y 437000 NMP/100mL. Comparando con el ECA tipo III del D.S N°002 - 2008 – MINAM (Coliformes totales <5000) no se encuentran dentro de los estándares establecidos por la norma a excepción de una evaluación, que se obtuvo como valor 2185 NMP/100mL.

De acuerdo a los registros evaluados se tiene en la Tabla 45 que el caudal de entrada (afluente) es similar al caudal de salida (efluente) permitiendo esto el buen funcionamiento de la planta de tratamiento. En el estudio se contrasta que los caudales promedio del efluente son 41,10 l/s para turno mañana y 39,13 l/s para turno tarde, siendo similares a los valores promedios del afluente con 41,11 l/s para el turno mañana y 39,38 l/s para el turno tarde. Asimismo, el comportamiento de los caudales en el efluente y el afluente durante el turno mañana es mayor que el de la tarde, debido a que las mayores actividades de la población en la ciudad de Jauja lo realizan en las mañanas. Finalmente, el registro de los mayores caudales se tuvo durante los meses de abril, mayo, junio

y enero del presente con valores promedios de 41,24; 41,81; 46,62 y 41,82 l/s en comparación con los otros meses.

En la Tabla 46, se comparó el afluente (M 01) con el efluente (M 04) promedio de las 05 evaluaciones realizadas a distintas fechas. Se observó que los parámetros pH (7,0 y 8,0 unidades de pH) y temperatura (16,0 y 16,0 °C) no sufrieron cambios tanto en el afluente como en el efluente. Sin embargo, los parámetros sólidos suspendidos (571,0 en M-1 y 381,0 mg/L en M4), demanda bioquímica de oxígeno (224,0 en M1 y 137,0 mg/L en M4), demanda química de oxígeno (369,0 en M-1 y 256,0 en M4), conductividad (756,0 en M-1 y 481,0 uS/cm en M4), coliformes totales (30380000 en M1 y 654460 NMP/100mL en M4) y coliformes fecales (23940000 en M1 y 485849 NMP/100mL en M4) presentaron variaciones siendo el afluente mayor que el efluente; lo que hace ver la reducción de los contaminantes de las aguas residuales al final de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Jauja. Por otra parte, el parámetro químico oxígeno disuelto presentó una variación entre el M 01 con 0 mg/L y M 04 con 6,0 mg/L, presentando una mejoría en la calidad del efluente (salida) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Las Figura 41, Figura 42, Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46, Figura 47, Figura 48 y Figura 49 ilustran las diferencias en el afluente (M 01) y efluente (M 04).

En la Tabla 47 y Figura 50 muestran la eficiencia promedio expresado en porcentaje de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Jauja. Los parámetros evaluados fueron DBO<sub>5</sub> (Demanda bioquímica de oxígeno), DQO (Demanda química de oxígeno) y SST (Sólidos totales en suspensión) según Parra, 2006.

Los resultados obtenidos de DBO<sub>5</sub> con 38,84%, DQO con 30,62% y SST con 33,28% dan a conocer que la Planta de Tratamiento no está funcionando adecuadamente porque presentan eficiencias menores al establecido (100%). Por lo tanto la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es deficiente.

Radoux et. al., 1982 menciona que una planta de tratamiento bien diseñada y operada presenta niveles de coliformes finales del orden 10<sup>2</sup>-10<sup>3</sup>/100 ml. Por

otra parte, en la investigación se observó que los niveles de coliformes fecales y totales en los cuatro puntos de muestreo superan lo establecido por Radoux, por lo que la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jauja no se encuentra bien diseñada y operada.

Además, el resultado no es lo esperado debido a que la planta solo cuenta con dos pozas que son de tipo anaerobio y facultativa, faltando la poza de maduración con su cascada para su respectiva aireación y producción de los microorganismos para reducir la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) mencionado por la WHO (World Health Organization) en 1987. Las plantas de tratamiento constituidas por tres pozas deben estar en serie para su correcto funcionamiento.

En contraste a ello, en la investigación se observó que los sólidos suspendidos y la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) presentaron niveles por encima de los 100 mg/L y mas aún no corresponden a lo calculado tal como se especifica en los numerales 5.1 y 5.2, lo que hace ver que la Planta de Tratamiento de la ciudad de Jauja no está funcionando adecuadamente.

Es dable señalar adicionalmente la eficiencia de remoción:

La Figura 50 muestra la eficiencia promedio expresado en porcentaje de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja. Los parámetros evaluados fueron  $DBO_5$  (Demanda bioquímica de oxígeno), DQO (Demanda química de oxígeno) y SST (Sólidos totales en suspensión) de acuerdo a lo establecido por Parra (2006) se obtuvo los siguientes resultados:  $DBO_5$  con 38,84%, DQO con 30,62% y SST con 33,28% dan a conocer que la Planta de Tratamiento no está funcionando adecuadamente porque presentan eficiencias menores al establecido (100%). Por lo tanto la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es deficiente.

Sáenz, 2002 menciona en su investigación que pozas de oxidación diseñadas con tiempos de utilidad mayores a 20 años y en condiciones óptimas de funcionamiento es posible conseguir una eficiencia de eliminación de hasta un 87% de DBO<sub>5</sub>, a temperaturas de 25°C. Sin embargo, en la investigación realizada se observó que la eficiencia de eliminación llega solo hasta un 38,84% con promedio de temperatura menor a 16 ° C.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) 2006, los métodos para tratar las aguas residuales domiciliarias obtienen resultados eficientes logrando el 79,7% de descontaminación. Por contraste, la presente investigación dio como resultado una eficiencia de 38,84% dando una descontaminación incompleta.

Radoux et. al., 1982 menciona que una planta de tratamiento bien diseñada y operada presenta niveles de coliformes finales del orden 102-103/100 ml. Por otra parte, en la investigación se observó que los niveles de coliformes fecales y totales en los cuatro puntos de muestreo superan lo establecido por Radoux et. al. (1982), por lo que la planta de tratamiento de aguas residuales – zonal Jauja no se encuentra bien diseñada y operada

Yáñez (1986) afirma que el empleo de lagunas de estabilización obligó a romper algunas tradiciones del tratamiento como la concentración sólidos suspendidos y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) menor de 30 mg/l, pero con una calidad microbiológica. En contraste a ello, en la investigación se observó que los sólidos suspendidos y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) presentaron niveles por encima de los 100 mg/L, lo que hace ver que la Planta de Tratamiento de aguas residuales – zonal Jauja, no está funcionando adecuadamente.

## CONCLUSIONES

1. El tiempo de retención hidráulica influye en la depuración de aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jauja.
2. El tiempo de retención hidráulica de la poza anaerobia, considerando el periodo de limpieza de 03 años es de 13.37 días, mas como no se ha realizado la limpieza correspondiente (valor estimado de 4 años) este es de 12.90 días; asimismo en la laguna facultativa, considerando el periodo de limpieza de 03 años es de 4.03 días, no obstante al no haberse realizado la limpieza correspondiente (valor estimado de 4 años) este es de 3.56 días.
3. El tiempo crítico viene a ser aquel pasado el periodo de limpieza de las lagunas, siendo que para 4 años en total es de 16.46 días; lo que afecta el DBO<sub>5</sub> final, siendo este de 210.02 mg/l; cantidad que va aumentando al transcurso de los años llegando que a los 5 años el DBO<sub>5</sub> final es de 217.20 mg/L. La eficiencia desde el periodo de diseño al actual es de 13.99% a 11.01%.
4. De acuerdo al análisis tanto físico, químico y bacteriológico en cada punto de muestreo, se ha determinado que los resultados en su gran mayoría se encuentran fuera de los límites máximos permisibles y los estándares de calidad de agua.
5. Los resultados calculados respecto a tiempo de retención hidráulica son valores teóricos, con la investigación se ha procurado que estos valores se asemejen con lo real.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que, al diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales se deberá considerar un incremento de DBO<sub>5</sub> según el periodo de diseño con la finalidad de asegurar la depuración de las aguas.
2. A fin de incrementar el tiempo de retención hidráulica se recomienda la limpieza correspondiente de las pozas que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jauja.
3. Se exhorta que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales zonal Jauja se implemente una poza de maduración y un cascajo de descarga con la finalidad de reducir las características físicas, químicas y bacteriológicas a niveles aceptables según la normativa vigente.
4. La evaluación de la Planta de Tratamiento se debe realizar de manera trimestral, para verificar los límites máximos permisibles.
5. Se propone que, el mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales zonal Jauja sea de manera permanente.

## BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2011. Protocolo de monitoreo de la calidad. Lima, Perú : MINAM, 2011.

Castro de Esparza, M y Sáenz Forero, R. 1990. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. Lima : CEPIS, 1990.

Crisóstomo, F. 2008. Eficiencia del tratamiento de aguas residuales en pozas de oxidación y manejo del efluente en el distrito de Huamancaca Chico. Huancayo : s.n., 2008.

DIGESA. 2009. Gestión de residuos peligrosos en el Perú. Lima, Perú : Dirección General de Salud, 2009.

Guzmán, A. 2014. Efecto del tiempo de retención hidráulica en el tratamiento de agua residual doméstica de un reactor aerobio air lift. Colombia : s.n., 2014.

Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Lucio, Baptista. 2006. Metodología de la Investigación. México : McGraw-Hill, 2006.

INEI. 2009. Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000 - 2015. Lima, Perú : INEI, 2009.

Jimeno, B. 1993. Análisis de agua y desagüe. Lima : Ingeniería Ambiental, 1993.

Julia, Varila. y Díaz, Fabio. 2008. Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. Colombia : s.n., 2008.

Marsilli, A. 2005. Tratamiento de aguas residuales. s.l. : Enlaces, 2005.

Metcalf y Eddy. 2003. Wastewater engineering: Treatment and reuse. New York : McGraw-Hill, 2003.

MINAM. 2008. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Lima, Perú : MINAM, 2008.

—. 2010. Aprueban los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas o Municipales. Lima, Perú : MINAM, 2010.

Muñoz, A, Lehmann, A y Martínez, P. 1996. Manual de depuración URALITA. s.l. : Paraninfo, 1996.

OMS. 2005. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Lima, Perú : OMS, 2005.

—. 2006. Guías para la calidad del agua potable (Primer apéndice). Ginebra, Suiza : OMS, 2006.

- Orellana, J. 2005. Características de los líquidos reesiduales. Ingeniería Sanitaria. [En línea] 5 de Noviembre de 2005. [Citado el: 14 de octubre de 2016.] [http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_08\\_Caracteristicas\\_de\\_Liquidos\\_Residuales.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf)..
- Orozco, A. 2005. Bioingeniería de aguas residuales. Colombia : ACODAL, 2005.
- Parra Rodriguez, L. 2006. Tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas. Lima, Perú : UNAL, 2006.
- Peralta Escobar, Fausto, Yungan Yunga, Jacqueline y Ramirez Alcivar, Wellinton. 1999. Diseño de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales provenientes de las industrias procesadoras (Empacadoras) de Camarón. Guayaquil, Ecuador : Escuela superior politecnica del litoral, 1999.
- Radoux, M y Kemp, D. 1982. Approche ecologique et experimentale des potentialités épuratives de quelques hélophytes: Phragmites australis, Typha latifolia et Carex acuta. Brasil : Cebedau, 1982.
- Ramalho, R. 1996. Tratamiento de aguas residuales. Barcelona : Reverté, 1996.
- Rolim, I. 2011. Diseño de sistemas de tratamiento de las aguas servidas. Madrid : España, 2011.
- Sáenz, F. 2002. Variabilidad en tratamientos con cal en aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación. Lima : s.n., 2002.
- Sarioglu, M, y otros. 2003. Design procedure for carbon removal in contact stabilization activated sludge process. New York : Water Science and Technology, 2003.
- Scavo, Mónica, Rodríguez, Oscar y Luque, Oswaldo. 2004. Sistema de tratamiento de aguas residuales complementario, con pasto Vetiver (vetiveria zizanoides) provenientes de una planta de producción de gaseosas, en Villa Cura, Estado Aragua. Villa de Cura : s.n., 2004.
- Scragg, A. 1995. Biotecnología para ingenieros. Sistemas biológicos en procesos tecnológicos. Lima : Limusa, 1995.
- Tarchtzky, J. 2003. Tratamiento de aguas residuales y reúso en el Agro. Israel : s.n., 2003.
- World Health Organization. 1987. Wastewater Stabilization Ponds: Principles of Planning and Practica. Alexandria, Egypt : WHO EMRO Technical Publication, 1987.
- Xiong, X, y otros. 2001. Heavy metal contamination of pasture soils by irrigated municipal sewage. s.l. : Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 2001.

Yáñez, F. 1986. Reducción de organismo patógenos y diseño de lagunas de estabilización en países en desarrollo. Lima : CEPIS, 1986.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I**

### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TÍTULO: “INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA PROVINCIA DE JAUJA”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACIÓN	METODOLOGIA
<p>General:</p> <p>¿El tiempo de retención hidráulica es un factor que influye en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?</p>	<p>General:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar la influencia del tiempo de retención hidráulica en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teniendo en consideración la problemática, es importante buscar soluciones alternativas a los procesos actuales de tratamiento de aguas residuales que permitan, no sólo cumplir con los límites de vertido y calidad del agua, impuestos actualmente, sino también con los que puedan ser impuestos en un futuro. La presente investigación propone las siguientes justificaciones:</li> <li>El aspecto práctico corresponde si la investigación resolverá un problema real y de ser el caso tenga relación con otros problemas prácticos. (Hernández, y otros, 2006)</li> <li>En tal situación la investigación ayudará a resolver un problema real que es el riesgo de inundaciones en Huancayo.</li> <li>La información recopilada y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares, ya que enriquecerían el marco teórico y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en estudio.</li> <li>Esta justificación se fundamenta en que la teoría servirá para revisar, desarrollar o apoyar una teoría y otorgar ideas para estudios posteriores. (Hernández, y otros, 2006)</li> <li>Los instrumentos que se elaborarán para la investigación servirá para recopilar la información, asimismo para analizar los resultados de laboratorio en agua residuales. La metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.</li> <li>A partir de los resultados que se hallen en la presente investigación redundará en el bienestar personal, social y de salud de la población, en el Distrito de Jauja de la Región Junín.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>V1: <b>Tiempo de retención hidráulica</b>, proceso continuo, se define como el cociente entre volumen total de reacción y el caudal a tratar.</li> <li>V2: <b>Calidad del efluente</b>, corresponde aquel efluente que se encuentra de los límites máximos permisibles y estándares de calidad ambiental.</li> </ul>	<p>General:</p> <p>El tiempo de retención hidráulica influye en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.</p>	<p>V1: “Tiempo de retención hidráulica”</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Volumen total de reacción.</li> <li>Caudal a tratar.</li> </ul>	<p><b>Método de investigación</b></p> <p>Se fundamenta en el Método Científico y utiliza como procesos lógicos la inducción y la deducción. Consiste en realizar actividades con la finalidad de comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos hechos o principios en forma natural o artificial, de tal forma que permita establecer experiencias para formular hipótesis que permitan a través del proceso científico conducir a generalizaciones científicas, que puedan verificarse en hechos concretos (Sierra Bravo, 2002).</p> <p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>(Hernández, y otros, 2006) La investigación es APLICADA debido a que “se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ellas se derivan. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar, le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento del valor universal”.</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>(Hernández, y otros, 2006) La investigación es EXPLICATIVO, se encarga de buscar el por qué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa y efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel dentro de la investigación científica, a nivel explicativo, se dan dos elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lo que se quiere explicar, se trata del objeto, hecho o fenómeno que ha de explicarse, es el problema que genera la pregunta que requiere una explicación.</li> <li>- Lo que se explica, la explicación se deduce (a modo de una secuencia hipotética deductiva) de un conjunto de premisas compuesto por leyes, generalizaciones y otros enunciados que expresan regularidades que tienen que acontecer. En este sentido, la explicación es siempre una deducción de una teoría que contiene afirmaciones que explican hechos particulares. Los profundo de conocimientos.</li> </ul> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>El tipo de investigación por el que se está guiando esta tesis es la descriptiva – correlacional, porque consiste en llegar a conocer las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, procesos y personas de esta manera recolectando datos e identificando la relación que existen entre las variables.</p>
<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es el tiempo de retención hidráulica para la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?</li> <li>¿Influye el tiempo crítico de retención hidráulica en la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?</li> <li>¿El tiempo de retención hidráulica interviene en las propiedades físicas, químicas y biológicas del efluente de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja?</li> </ul>	<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar el tiempo de retención hidráulica en la depuración de aguas residuales en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.</li> <li>Determinar la influencia del tiempo crítico de retención hidráulica en la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.</li> <li>Determinar la intervención del tiempo de retención hidráulica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del efluente en las plantas de tratamiento de la provincia de Jauja.</li> </ul>			<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El tiempo crítico de retención hidráulica influye en la eficiencia de la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.</li> <li>El tiempo de retención hidráulica interviene en las propiedades físicas, químicas y biológicas del efluente en la planta de tratamiento de la provincia de Jauja.</li> </ul>	<p>V2: “Calidad del efluente”</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiencia de retención.</li> <li>Propiedades físicas.</li> <li>Propiedades químicas.</li> <li>Propiedades biológicas.</li> </ul>	

Fuente: Elaborado por Bach. EFRAIN JAIME CHUPAYO RIVERA.

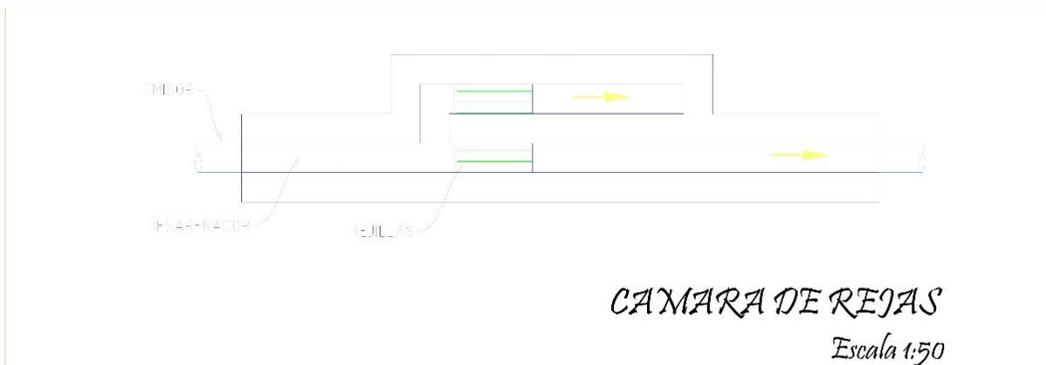
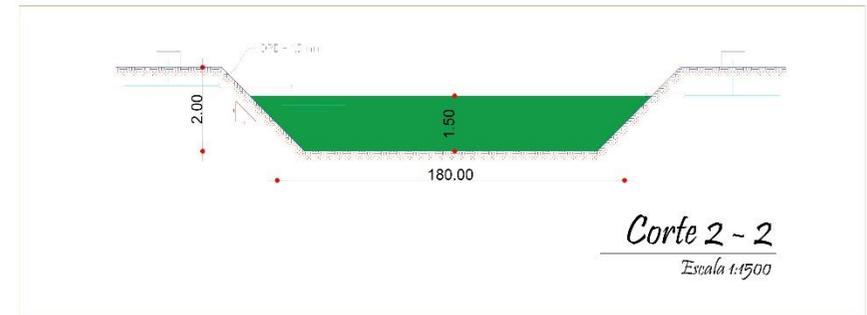
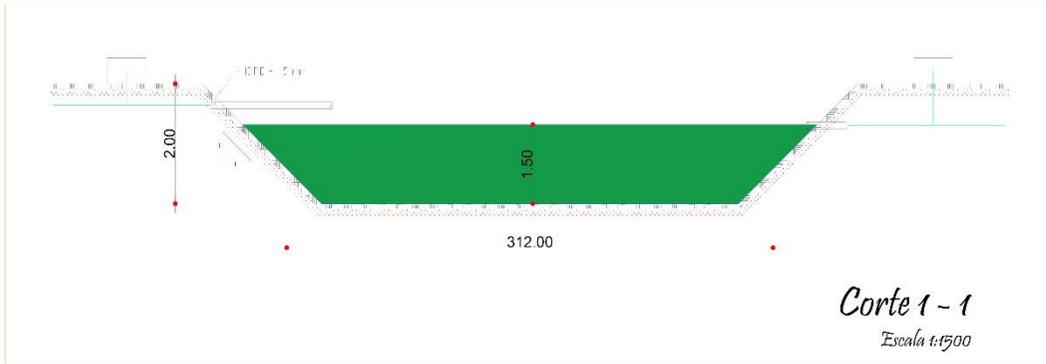
**ANEXO II**

**PLANOS**



**PLANTEAMIENTO GENERAL**  
Escala 1:2000

	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		TESIS "INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA PROVINCIA DE JAUJA"	
	ASesor TEMATICO: ING. JUAN BULLON ROSAS		PLANO DE PLANTEAMIENTO GENERAL Lagunas anaerobias y facultativas	
ASesor METODOLOGICO: DR. CARLOS SANCHEZ GUZMAN		LUGAR JAUJA	ESCALA 1/2000	LAMINA <b>PG - 01</b>
		DISEÑO E.CH.R	FECHA DICIEMBRE - 2016	



	UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	<b>TESIS</b> "INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA PROVINCIA DE JAUJA"		
	<b>ASESOR TEMÁTICO:</b> ING. JUAN BULLON ROSÁS	<b>PLANO DE</b> DISTRIBUCIÓN GENERAL Lagunas anaerobias y facultativas	<b>LUGAR</b> JAUJA	<b>ESCALA</b> 1/200
<b>ASESOR METODOLÓGICO:</b> DR. CARLOS SANCHEZ GUZMAN	<b>DISEÑO</b> E.CH.R	<b>FECHA</b> DICIEMBRE - 2016		

**ANEXO III**

**PANEL FOTOGRÁFICO**

Fotografía 1. Vista de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja.



Fotografía 2. Vista panorámica de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja.



En la Fotografía 1 y Fotografía 2 se muestra la vista panorámica de la planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja.

Fotografía 3. Levantamiento topográfico de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal  
– Jauja.



Fotografía 4. Levantamiento topográfico de canal en la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja, para la determinación de pendientes y el cálculo del caudal.



Fotografía 5. Levantamiento topográfico de la Planta de tratamiento de aguas residuales zonal  
– Jauja, laguna anaerobia.



Se ha realizado el levantamiento topográfico de la planta de tratamiento de aguas residuales zonal – Jauja (Fotografía 3, Fotografía 4 y Fotografía 5), a fin de determinar las características físicas de esta.

Fotografía 6. Vista de la Poza 01 (laguna anaerobia) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja.



Fotografía 7. Vista de la Poza 02 (laguna anaerobia) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja.



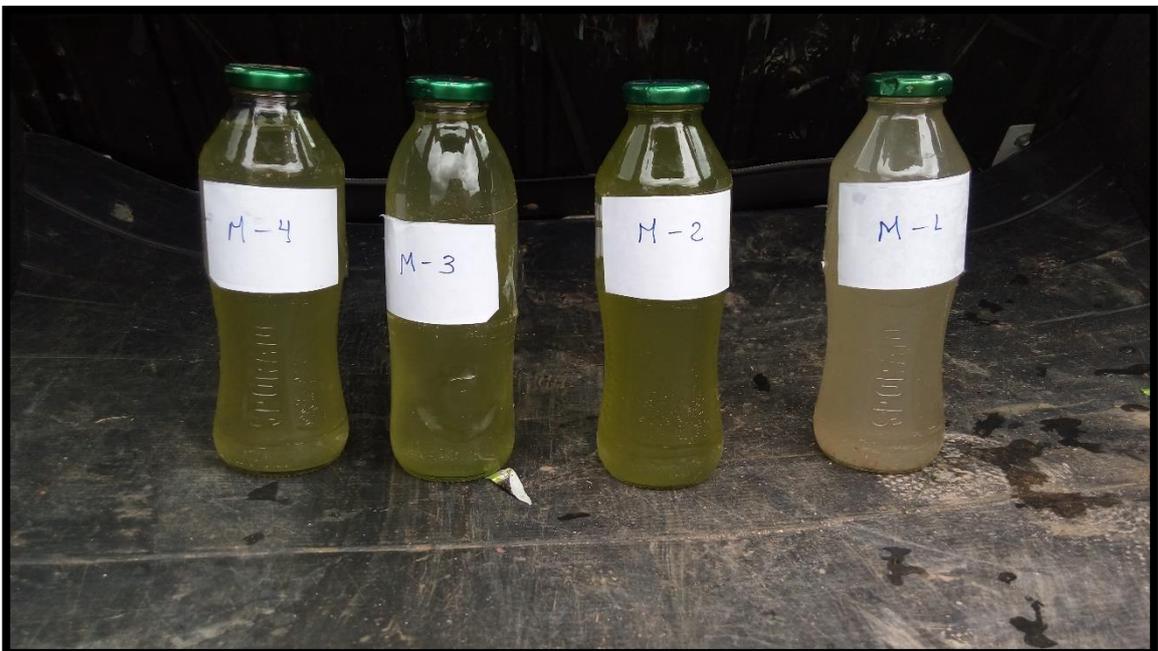
Fotografía 8. Vista de la Poza 03 (laguna facultativa) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja.



Fotografía 9. Vista de la Poza 04 (laguna facultativa) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja.



Fotografía 10. Primera toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 23/08/2016.



Fotografía 11. Segunda toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 11/09/2016



Fotografía 12. Tercera toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 25/10/2016.



Fotografía 13. Cuarta toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 17/11/2016.



Fotografía 14. Última toma de muestras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja, fecha 02/12/2016.



Fotografía 15. Efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Fotografía 16. Efluente (salida al río Mantaro) de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales – zonal Jauja.



En las Fotografía 15 y Fotografía 16, se muestra los efluentes de la Planta de Tratamiento Aguas Residuales – zonal Jauja, al río Mantaro.

**ANEXO IV**

**ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITA: EFRAÍN JAIME CHUPAYO RIVERA

MUESTRA : Agua residual	ANÁLISIS N° :65
LUGAR :Planta Tratamiento de residuos líquidos	FECHA DE MUESTREO : 23/08/2016
DISTRITO : Sausa	FECHA DE ANÁLISIS: 23/08/2016
PROVINCIA : Jauja	MUESTRADO : Efraín Chupayo Rivera
REGIÓN : Junín	

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:**

MUESTRAS	PARÁMETROS						
	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	pH	Sólidos suspendidos (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Color °JIS	Tem. (°C)
M-1	845,0	410,0	6	413,0	800,0	972,0	15
M-2	648,0	320,0	7	312,0	650,0	1952,0	15
M-3	659,0	300,0	7	341,0	600,0	2673,0	14
M-4	472,0	270,0	7	192,0	494,0	2085,0	14

**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA :**

MUESTRAS	PARÁMETROS		
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno(mg/L)
M-1	0,0	305.0	188.0
M-2	5,6	273.0	114.0
M-3	5,9	237.0	128.0
M-4	6.0	189.0	97.0

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**

MUESTRAS	N° COLIFORMES TOTALES NMP/100mL 24 Hrs/37°C	N° COLIF. FECALES (E.COLI) NMP/100 mL 24 Hrs/37°C
	M-1	194300
M-2	195600	104500
M-3	199400	228000
M-4	199500	90250



**MSc. OLGA ANGULO GUTIERREZ**  
JEFE DEL LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITA: EFRAÍN JAIME CHUPAYO RIVERA

MUESTRA : Agua residual	ANÁLISIS N° :66
LUGAR :Planta Tratamiento de residuos líquidos	FECHA DE MUESTREO : 11/09/2016
DISTRITO : Sausa	FECHA DE ANÁLISIS : 11/09/2016
PROVINCIA : Jauja	MUESTRADO: Efraín Chupayo Rivera
REGIÓN : Junín	

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:**

MUESTRAS	PARÁMETROS						
	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	pH	Sólidos suspendidos (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Color °JIS	Tem. (°C)
M-1	295.0	295.0	7	295.0	412.0	996,0	15
M-2	280.0	281.0	7	280,0	397.0	2054,0	16
M-3	260.0	267.0	7	260.0	413.0	2597,0	16
M-4	132.0	134,0	7	132.0	390,0	2476,0	15

**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA :**

MUESTRAS	PARÁMETROS		
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno(mg/L)
M-1	0.7	303.0	171.0
M-2	6.2	229,0	92.0
M-3	6.3	200.0	86.0
M-4	6.0	190,0	84.0

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**

MUESTRAS	N° COLIFORMES TOTALES NMP/100mL 24 Hrs/37°C	N° COLIF. FECALES (E.COLI) NMP/100 mL 24 Hrs/37°C
	M-1	1330000
M-2	1120000	1045000
M-3	1140000	1140000
M-4	1330000	1140000



**MSc. OLGA ANGULO GUTIERREZ**  
JEFE DEL LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITA: EFRAÍN JAIME CHUPAYO RIVERA

MUESTRA : Agua residual	ANÁLISIS N° :67
LUGAR :Planta Tratamiento de residuos líquidos	FECHA DE MUESTREO : 25/10/2016
DISTRITO : Sausa	FECHA DE ANÁLISIS: 25/10/2016
PROVINCIA : Jauja	MUESTRADO : Efraín Chupayo Rivera
REGIÓN : Junín	

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:**

MUESTRAS	PARÁMETROS						
	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	pH	Sólidos suspendidos (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Color °JIS	Tem. (°C)
M-1	1418,0	350,0	7	1015,0	780,0	732,0	16
M-2	696,0	250,0	8	424,0	550,0	2841,0	16
M-3	1370,0	300,0	8	922,0	690,0	963,0	16
M-4	1298,0	310,0	8	939,0	675,0	1011,0	16

**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA :**

MUESTRAS	PARÁMETROS		
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
M-1	0,0	368,0	238,0
M-2	9,5	154,0	92,0
M-3	0,38	335,0	199,0
M-4	3,0	261,0	172,0

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**

MUESTRAS	Nº COLIFORMES TOTALES	Nº COLIF. FECALES (E.COLI)
	NMP/100mL 24 Hrs/37°C	NMP/100 mL 24 Hrs/37°C
M-1	1230000	2375000
M-2	1150000	88350
M-3	1123000	104500
M-4	1140000	1045000



MSc. OLGA ANGULO GUTIERREZ  
JEFE DEL LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITA: EFRAÍN JAIME CHUPAYO RIVERA

MUESTRA : Agua residual	ANÁLISIS N° :68
LUGAR :Planta Tratamiento de residuos líquidos	FECHA DE MUESTREO : 17/11/2016
DISTRITO : Sausa	FECHA DE ANÁLISIS: 17/11/2016
PROVINCIA : Jauja	MUESTRADO : Efraín Chupayo Rivera
REGIÓN : Junín	

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:**

MUESTRAS	PARÁMETROS						
	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	pH	Sólidos suspendidos (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Color °JIS	Tem. (°C)
M-1	880,0	430,0	7	428,0	940,0	877,0	16
M-2	530,0	250,0	8	266,0	570,0	2780,0	17
M-3	570,0	250,0	8	304,0	560,0	2261,0	17
M-4	480,0	220,0	8	247,0	485,0	2039,0	16

**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA :**

MUESTRAS	PARÁMETROS		
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
M-1	0,2	594,0	356,0
M-2	10,3	451,0	245,0
M-3	8,7	398,0	228,0
M-4	7,0	406,0	238,0

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**

MUESTRAS	N° COLIFORMES TOTALES NMP/100mL 24 Hrs/37°C	N° COLIF. FECALES (E.COLI) NMP/100 mL 24 Hrs/37°C
M-1	2789,0	10450000
M-2	2450,0	7125000
M-3	2267,0	5510000
M-4	2185,0	1995,0



MSc. OLGA ANGULO GUTIERREZ  
JEFE DEL LAQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ  
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



**REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA**

SOLICITA: EFRAÍN JAIME CHUPAYO RIVERA

MUESTRA : Agua residual	ANÁLISIS N° :69
LUGAR :Planta Tratamiento de residuos líquidos	FECHA DE MUESTREO : 02/12/2016
DISTRITO : Sausa	FECHA DE ANÁLISIS: 02/12/2016
PROVINCIA : Jauja	MUESTRADO : Efraín Chupayo Rivera
REGIÓN : Junín	

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:**

MUESTRAS	PARÁMETROS						
	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	pH	Sólidos suspendidos (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Color °JIS	Tem. (°C)
M-1	1063,0	320,0	7	706.0	720,0	744,0	16
M-2	773,0	240,0	8	506.0	420,0	2061,0	16
M-3	532,0	180,0	8	334.0	400,0	2862,0	16
M-4	295.0	170,0	8	394.0	361.0	1937,0	16

**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICA Y QUÍMICA :**

MUESTRAS	PARÁMETROS		
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
M-1	0.9	273.0	167.0
M-2	5.9	270.0	135.0
M-3	3.7	246.0	112.0
M-4	6,0	232.0	96.0

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**

MUESTRAS	Nº COLIFORMES TOTALES NMP/100mL 24 Hrs/37°C	Nº COLIF. FECALES (E.COLI) NMP/100 mL 24 Hrs/37°C
	M-1	424000
M-2	456000	199500
M-3	442300	2280000
M-4	437000	152000



MSc. OLGA ANGULO GUTIERREZ  
JEFE DEL LAQ