



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



***“DISEÑO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
URBANAS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO
POR MEDIO DE LODOS ACTIVADOS A
TRAVES DE AIREACIÓN EXTENDIDA”***

***TESIS
DE INGENIERIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO***

RESPONSABLES:

BACH. ANA CLAUDIA PEREZ SANDOVAL

BACH. KRISHNA YURICO YASMIN SERNAQUE VELA

**LAMBAYEQUE - PERÚ
2016**

JURADO EXAMINADOR QUE APROBARON LA TESIS

Dra. ROMERO GUZMAN BLANCA MARGARITA

Presidenta

M.Sc. DIAZ VISITACION JUAN CARLOS

Secretario

M.Sc.Ing. TIRADO VASQUEZ JULIO HUMBERTO

Vocal

M.Sc. HERNANDEZ ORE JOSE ENRIQUE

Asesor

AGRADECIMIENTO

Estas líneas quiero expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de nuestros familiares y amigos.

A todos ellos, muchas gracias

DEDICATORIA

Principalmente queremos dedicar este trabajo a Dios, por habernos regalado el don de la vida, por ser nuestra fortaleza en nuestros momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de mucho aprendizaje, experiencia, felicidad y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. Gracias Dios por estar al lado de cada uno de nosotros en cada paso que se da.

A nuestros padres, porque creyeron en nosotros, nos sacaron adelante, dándonos ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ellos hoy podemos ver alcanzada nuestra meta ya que siempre estuvieron impulsándonos en los momentos más difíciles de la carrera y porque el orgullo que sienten por nosotros, fue lo que nos hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiramos su fortaleza y por lo que han hecho de cada uno de nosotros.

INDICE DE ABREVIATURAS

LMP Límite máximo permisible

Max Máximo

MC Media cuadrática

Me Media

Min Mínimo

min Minuto

ml Mililitro

mg/L Miligramos por litro

Na₂CO₃ Carbonato de sodio

NMP Número más probable

n Número de datos

NO₃ -N: Nitratos

OMS Organización Mundial de la Salud

OPS Organización Panamericana de la Salud

OEFA Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

p Probabilidad

pH Peachimetro

Pulg Pulgadas

PVC Policloruro de vinilo

SC Suma de cuadrados

ST Sólidos totales

SST Sólidos suspendidos totales

SINEFA Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental

VMA Valores máximos admisibles

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO POR MEDIO DE LODOS ACTIVADOS POR AIREACIÓN EXTENDIDA”

INDICE

Contenido

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCION	14
CAPITULO I: MARCO TEORICO	15
1.1. GENERALIDADES DEL AGUA	16
1.1.1. USO DEL AGUA	16
1.1.2. ESCASEZ DEL AGUA.	17
1.1.3. CUIDADO DEL AGUA	18
1.2. AGUAS RESIDUALES	18
1.2.1. AGUAS RESIDUALES URBANAS	23
1.2.2. CALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS.	27
1.2.3. PARAMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS. (Alianza por el agua, 2008).	29
CAPITULO II: UBICACIÓN DE LA PLANTA	40
2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO:	41
2.2. AREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO:	42
2.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	42
2.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	43
2.5. POBLACION Y MUESTRA	43
2.6. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ.	45
2.7. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO.	48
2.8. MARCO LEGAL	50
2.8.1. IMPORTANCIA DEL MARCO LEGAL	50
2.8.2. ESTRUCTURA LEGAL- NORMATIVA.	50
2.9. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	55
A. PRETRATAMIENTO O TRATAMIENTO PRELIMINAR.	56
B. TRATAMIENTO PRIMARIO	56
C. TRATAMIENTO SECUNDARIO.	57
D. TRATAMIENTO TERCARIO.	57
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y PLANTA DE TRATAMIENTO SELECCIONADA	59

3.1. ESQUEMA DE TRATAMIENTO:	60
3.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS.	60
3.3. PROCESO DE LODOS ACTIVADOS	60
A. SISTEMA CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS	62
B. SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS CON AIREACION EXTENDIDA	64
C. SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS DE FLUJO INTERMITENTE (SBR).	65
3.4. VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS	67
A. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble y coloidalmente dispersa (DBO).	67
B. Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO).	67
C. Concentración de Sólidos Volátiles en Suspensión (VSS).	68
D. Concentración de Sólidos no Volátiles en Suspensión (NVSS)	68
3.5. PARAMETROS DE DISEÑO PARA EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.	68
A. Tiempo de aireación.	69
B. Relación alimento/microorganismos.	69
C. Edad del lodo.	70
D. Sólidos suspendidos volátiles de licor mezclado (SSVLM).	70
E. Índice volumétrico de lodos (IVL)	70
F. Carga volumétrica.	71
3.6. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA RESIDUAL DE ENTRADA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS..	72
3.7. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	97
3.8. EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DEL ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS.	98
A. Zona de Desbaste.	98
B. Desarenador	101
C. Trampa de Grasa o Desengrasador.	104
D. Medidor de Caudal	106
E. Reactor.	107
F. Sedimentador.	109
G. Lecho De Secado.	110
3.9. PARAMETROS OPERACIONALES DE LA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS.	111
3.10. CARACTERIZACION DEL AGUA RESUAL DEL TRATADO.	112
CAPITULO IV: IMPACTO AMBIENTAL	113
4.1. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.	114
A- Oxígeno disuelto	114
B- Ph.	114
C- Temperatura.	114
D- Necesidades de nutrientes.	115
4.2. IMPACTO AMBIENTAL	116
4.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	116
4.4. IMPACTOS POSITIVOS EN EL AMBIENTE.	117
4.5. IMPACTOS NEGATIVOS EN EL AMBIENTE.	118
4.6. RECOMENDACIONES	118

4.7. COMPOSTAJE DE LODOS RESULTANTES DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS	119
4.8. Compostaje de lodos.	122
A. Fases del compostaje	123
CAPITULO V: ECONOMIA	125
	125
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
6.1. CONCLUSIONES	128
6.2. RECOMENDACIONES	129
CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	131
7.1. BIBLIOGRAFÍA	132
ANEXOS	134
APENDICE A	135
APENDICE B	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual. . . .	20
Tabla 2: Contaminantes presentes en un agua residual y sus posibles efectos sobre el medio receptor	22
Tabla 3: Parámetros comúnmente empleados para la caracterización de un ARU	23
Tabla 4: Dotaciones de abastecimiento.	24
Tabla 5: Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas	31
Tabla 6: Clasificación de las EPS de acuerdo al número de conexiones.	45
Tabla 7: Requerimientos de área por tipo de tecnología para PTAR de 500 l/s .	47
Tabla 8: Marco legal para el tratamiento de aguas residuales.	51
Tabla 9: Parámetros de diseño para propuestas de lodos activados.	71
Tabla 10: Parámetros fisicoquímicos enero 2015.	73
Tabla 11: Parámetros fisicoquímicos febrero 2015.	74
Tabla 12: Parámetros fisicoquímicos de marzo 2015.	75
Tabla 13: Parámetros fisicoquímicos abril 2015.	76
Tabla 14: Parámetros fisicoquímicos mayo 2015.	77
Tabla 15: Parámetros fisicoquímicos junio 2015.	78
Tabla 16: Parámetros fisicoquímicos julio 2015.	79
Tabla 17: Parámetros fisicoquímicos agosto 2015.	80
Tabla 18: Parámetros fisicoquímicos setiembre 2015.	81
Tabla 19: Parámetros fisicoquímicos octubre 2015	82
Tabla 20: Parámetros fisicoquímicos noviembre 2015.	83
Tabla 21: Parámetros fisicoquímicos diciembre 2015.	84
Tabla 22: Parámetros fisicoquímicos enero 2016.	85
Tabla 23: Dimensionamiento de la unidad de desbete.	100
Tabla 24: Dimensiones del desarenador.	104
Tabla 25:	106
Tabla 26: Dimensionamiento del reactor.	109
Tabla 27: Dimensionamiento de sedimentador.	110
Tabla 28: Límites máximos permisibles y calculados de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	112
Tabla 29: Concentración máxima de sustancias inhibidoras de crecimiento biológico.	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución diaria de los caudales de aguas residuales urbanas.	26
Figura 2: Relación entre el caudal medio y el factor de punta.	27
Figura 3: Clasificación de los diferentes tipos de materia contenida en un agua residual (adaptado de Droste, 1997).	33
Figura 4: Inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, tomado de SUNASS (2007).	46
Figura 5: Inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, tomado de SUNASS (2007).	46
Figura 6: Esquema general de un proceso de lodos.	64
Figura 7: Esquema general del proceso con aireación extendida.	65
Figura 8: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de enero-marzo 2015.	86
Figura 9: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de abril a junio del 2015.	86
Figura 10: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de julio a setiembre del 2015.	87
Figura 11: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de octubre del 2015 a enero del 2016.	87
Figura 12: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de enero a marzo del 2015.	88
Figura 13: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de abril a junio del 2015.	88
Figura 14: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de julio a setiembre del 2015.	89
Figura 15: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de octubre del 2015 a enero del 2016.	89
Figura 16: DBO ₅ T de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de enero a junio del 2015.	90
Figura 17: DBO ₅ T de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO del 2015 a ENERO del 2016.	90
Figura 18: DBO ₅ s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a JUNIO del 2015.	91
Figura 19: DBO ₅ s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ABRIL a JUNIO del 2015.	91
Figura 20: DBO ₅ s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO a SETIEMBRE del 2015.	92
Figura 21: DBO ₅ s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de OCTUBRE 2015 a ENERO del 2016.	92
Figura 22: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a MARZO del 2015.	93
Figura 23: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los	

límites máximos permisibles de ABRIL a JUNIO del 2015.	93
Figura 24: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO a SETIEMBRE del 2015.....	94
Figura 25: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a JUNIO del 2015.....	94
Figura 26: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a JUNIO del 2015.	95
Figura 27: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ABRIL a JUNIO del 2015.....	96
Figura 28: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO a SETIEMBRE del 2015.	96
Figura 29: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de OCTUBRE del 2015 a ENERO del 2016.	97
Figura 30: Esquema General de la planta de tratamiento de lodos activados. . .	98
Figura 31: Dimensiones del canal de Parshall.	107

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo buscar ampliar los conocimientos en el diseño de tratamiento de aguas residuales urbanas de la Ciudad de Chiclayo con el método de lodos activados por medio de aireación extendida y disminuir el Impacto Ambiental.

El diseño se basa en los valores promedio de los principales parámetros físicos, químicos y biológicos monitoreados de enero a diciembre del 2015, obtenidos de los registros de análisis de aguas residuales urbanas de la Entidad Prestadora de Servicio de Saneamiento de Lambayeque (EPSEL). Como parámetro de agua producida se tomó la calidad del agua para regadío de cultivos de tallo largo o chico. Para solucionar el problema de reuso de los efluentes, el tratamiento de lodos activados de las ARU tendrá un pre tratamiento, un sistema de aireación, sedimentación, y disposición de lodos. La primera etapa tendrá una unidad de desbaste, desarenador, trampa de grasa o desengrasador y un medidor de caudal, la segunda etapa encontramos la aireación que se realiza dentro del “Reactor Biológico”.

El agua resultante de esta etapa es transportada al siguiente proceso que es el de sedimentación, lográndose de esta manera que el lodo quede en la parte inferior del tanque y el agua en la superior, el material orgánico o lodo se devuelve mediante un sistema de tuberías que lo succionan para regresarlo al reactor y cumplir la función de matar a los organismos infecciosos del nuevo lodo, el agua que sale debe cumplir la norma vigente para ser dispuesto y listo para ser vertido o su utilización para riego de cultivos de tallo largo o chico.

Se determinó que la cantidad de agua residual urbana a tratar en la planta de tratamiento de lodos activados tendrá un caudal proyectado para el año 2025 de 903 l/s de ARU. Según la caracterización del agua residual esta tendrá un DBO_5 equivalente a 18 006,46 kg/día, y 14 051,20 kg/día de sólidos suspendidos, que incluye grasas y aceites. De acuerdo a los cálculos realizados en base a la carga de contaminantes que va a tratar la planta de tratamiento producirá cerca 12 660,92 kg/día de lodos que tendrán su debida disposición.

ABSTRACT

The objective of the present investigation is to expand the knowledge in the urban wastewater treatment design of the City of Chiclayo with the activated sludge method by means of extended aeration and to reduce the Environmental Impact.

The design is based on the average values of the main physical, chemical and biological parameters monitored from January to December 2015, obtained from the urban wastewater analysis records of the Lambayeque Sanitation Service Provider (EPSEL). As a parameter of water produced water quality was taken for irrigation of long stem or small crops.

To solve the problem of reuse of effluents, the treatment of activated sludge of the ARU will have a pre-treatment, a system of aeration, sedimentation, and sludge disposal. The first stage will have a thinning unit, degreaser, grease trap or degreaser and a flow meter, the second stage we find the aeration that takes place inside the "Biological Reactor".

The water resulting from this stage is transported to the next process which is the sedimentation process, thus achieving that the sludge is in the bottom of the tank and the water in the upper one, the organic material or sludge is returned by a piping system Which suck it to return it to the reactor and fulfill the function of killing the infectious organisms of the new sludge, the water that leaves must comply with the current norm to be ready and ready to be poured or its use for irrigation of crops of long or small stem .

It was determined that the amount of urban wastewater to be treated in the activated sludge treatment plant will have a projected flow rate for the year 2025 of 903 l / s of ARU. According to the characterization of the residual water it will have a BOD5 equivalent to 18,006,46 kg / day and 14,051,20 kg / day of suspended solids, which includes fats and oils. According to the calculations made on the basis of the pollutant load to be treated the treatment plant will produce about 12 660.92 kg / day of sludge that will have its proper disposal.

INTRODUCCION

El incremento acelerado de la población ha representado un desafío importante en cuanto a la gestión del agua se refiere. El agua es sin duda Nota esencial de vida y como recurso natural limitado debe ser administrado y reciclado apropiadamente. El problema que tienen todas las ciudades es con respecto a las aguas residuales y el tratamiento que se le da.

Para el desarrollo de la presente investigación se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas en la Ciudad de Chiclayo utilizando el método de lodos activados con aireación extendida, y para la cual se tuvo en cuenta los estándares de calidad para vertidos (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM- Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales).

Al respecto **Rodríguez, (2008)**, describe el sistema de lodos activados como sistemas biológicos comúnmente utilizados como tratamientos secundarios en las plantas de tratamiento de aguas residuales tanto urbanas como industriales.

Así mismo **Luis Arce, (2013)**, da un alcance de la situación real del Perú en el tema de saneamiento y plantea vías para la reutilización del agua.

Esta investigación contribuirá a que las aguas residuales de la Ciudad de Chiclayo tratadas con este método cumplan la normativa vigente, y ayudar a minimizar la contaminación del aire con respecto a las lagunas de estabilización.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. GENERALIDADES DEL AGUA

El agua es un químico natural abundante formado por moléculas de hidrógeno y oxígeno. Se trata de un compuesto inorgánico simple, que representa aproximadamente el 55-60% de la masa corporal de una persona adulta y en el cuerpo humano se encuentra en los fluidos, las células, y por lo tanto los tejidos.

El agua que se encuentra en diversos estados en la superficie del planeta, incluida la subterránea, forma la hidrosfera, que está sometida a una dinámica compleja de transporte y cambio de estado que define un ciclo del agua. El océano cubre 3/4 partes (71 %) de la superficie de la Tierra.

Su punto de congelamiento es 0 Celsius (32° F) su punto de ebullición 100 Celsius (212° F), su gravedad específica es de 1.000. La mayoría de las moléculas de agua tiene un peso molecular de 18. Se sabe que el agua se presenta en condiciones normales o naturales ambientales, en uno de sus tres estados; sólido, líquido y gaseoso, que las temperaturas de transformación de un estado en otro han sido tomadas como puntos estables.

El 97 % es agua salada, la cual se encuentra principalmente en los océanos y mares; solo el 3 por ciento de su volumen es dulce. De esta última, un 1 por ciento está en estado líquido. El 2 % restante se encuentra en estado sólido en capas, campos y plataformas de hielo o banquisas en las latitudes próximas a los polos.

1.1.1. USO DEL AGUA

Además de precisar el uso del agua en los seres humanos, tanto para su existencia, aseo y la limpieza. Se ha estimado que los humanos consumen «*directamente o indirectamente*» alrededor de un 54 % del agua dulce superficial disponible en el mundo. Este porcentaje se desglosa en:

- ✚ Un 20 %, utilizado para mantener la fauna y la flora, para el transporte de bienes (barcos) y para la pesca, y
- ✚ El 34 % restante, utilizado de la siguiente manera: El 70 % en irrigación, un 20 % en la industria y un 10 % en las ciudades y los hogares.

El consumo humano representa un porcentaje reducido del volumen de agua consumido a diario en el mundo. Se estima que un habitante de un país desarrollado consume alrededor de 5 litros diarios en forma de alimentos y bebidas. Estas cifras se elevan dramáticamente si consideramos el consumo industrial doméstico.

Estos hábitos de consumo señalados y el aumento de la población en el último siglo han causado a la vez un aumento en el consumo del agua. Actualmente, la concienciación es una tarea de enorme importancia para garantizar el futuro del agua en el planeta, y como tal es objeto de constantes actividades tanto a nivel nacional como municipal. Por otra parte, las enormes diferencias entre el consumo diario por persona en países desarrollados y países en vías de desarrollo señalan que el modelo hídrico actual no es solo ecológicamente inviable: también lo es desde el punto de vista humanitario.

1.1.2. ESCASEZ DEL AGUA.

La escasez de agua se refiere a la falta de suficientes recursos hídricos para satisfacer las demandas de consumo de agua en una región. El problema de la escasez de agua afecta a alrededor de 2800 millones de personas en todos los continentes del mundo durante al menos un mes cada año. Más de 1200 millones de personas no tienen acceso a agua potable salubre.

La escasez de agua implica *estrés hídrico*, *déficit hídrico*, y *crisis hídrica*. El concepto del *estrés hídrico* es relativamente nuevo y se

refiere a la dificultad de obtener Notas de agua dulce durante un cierto período, una situación que puede culminar en un mayor deterioro y agotamiento de los recursos hídricos disponibles.

El *déficit hídrico* puede ser causado por cambios climáticos tales como patrones climáticos alterados incluyendo sequías o inundaciones así como el aumento de la contaminación y el aumento de la demanda humana de agua, incluso su uso excesivo. Una crisis hídrica es una situación que se produce cuando la disponibilidad de agua no contaminada dentro de una región es inferior a la demanda de agua en esta región. La escasez de agua está siendo impulsada por dos fenómenos convergentes: el creciente uso de agua dulce y el agotamiento de los recursos de agua dulce disponibles.

1.1.3. CUIDADO DEL AGUA

El agua, un recurso esencial, es una Nota de vida insustituible y fundamental para el desarrollo de la sociedad. Además de ser esencial, el agua es un recurso agotable y cada vez más escaso a escala mundial.

Por ello, si logramos disminuir el consumo de agua potable, contribuiremos a preservar el medio ambiente y a mantener la calidad del servicio. Al mismo tiempo, podremos favorecer nuestra condición de vida y construir un importante vínculo solidario.

Por estas razones, es imprescindible que hagamos un uso apropiado del recurso.

1.2. AGUAS RESIDUALES

Las Aguas Residuales pueden definirse como residuos líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad y que son recogidos mediante la red de alcantarillado para su envío a una planta de tratamiento o a otro medio (efluente).

Los factores que más influyen sobre el proceso de depuración del agua residual son, sin duda, su composición, concentración de sólidos y caudal. La procedencia de un agua residual es un aspecto determinante de gran parte de sus características físicas, químicas y biológicas. Según su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas en:

- Domésticas o Urbanas
- Industriales
- Agropecuarias
- De origen incontrolado (vertidos ilegales, infiltraciones)
- Pluviales

El tipo de aguas residuales considerada para esta investigación corresponde a aguas residuales de origen doméstico o urbano. Por definición las aguas residuales urbanas corresponden a las aguas utilizadas para la eliminación del excremento, orina y las que proceden del uso doméstico, tales como lavado de ropa, limpieza de casa, baño, restos de comida, etc., las que constituyen la fracción más importante de las aguas residuales urbanas. Estas aguas contienen materias en suspensión que corresponde a arenas y diversas materias insolubles, materias inorgánicas, grasas, detergentes y sales diversas.

Las sustancias contaminantes, presentes en un agua residual, pueden estar en forma disuelta de partículas sedimentables o en un estado físico intermedio denominado coloidal o en suspensión. En cualquier caso, la mayor parte de los compuestos presentes en aguas residuales urbanas (ARU), están constituidos por materia orgánica e inorgánica, nutrientes y microorganismos. Una considerable parte de estos componentes se encuentra en forma particulada y, comúnmente, se valora mediante la concentración de sólidos en suspensión.

El consumo medio de agua por persona y por día en nuestro país es de 250

L/hab.día determina su concentración (cantidad), mientras que la dieta y los usos de la población tributaria caracterizan apreciablemente su composición química (calidad).

En general, el ARU contiene un 99,9% de agua. La materia sólida está constituida en un 70% por sustancias orgánicas como proteínas, grasas y carbohidratos; mientras que el 30% restante es materia mineral insoluble (sustancias inorgánicas) como la arena, la arcilla y las gravas. Las sustancias orgánicas de un ARU están constituidas mayoritariamente por materia fecal, siendo la contribución diaria de DBO₅, por parte de un adulto, de 39 a 42 g; de los cuales 10,3 g corresponden a orina, entre 24,7 y 30,6 g a materia fecal y de 2,0 a 3,5 g a material de limpieza anal (Droste, 1997). Además, también contienen hidratos de carbono (celulosa, almidón y azúcares), grasas y jabones (sales metálicas de los ácidos grasos), detergentes sintéticos, proteínas y sus productos de descomposición (urea, glicina y cisteína) así como NH₄OH y sales amoniacales procedentes de la descomposición de complejos orgánicos nitrogenados (Rivas, 1978).

Tabla 1

Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual

Contaminante	Razón de la importancia
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de lodos y de condiciones anaerobias, cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales. Si se descargan al entorno sin tratar, su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por

	medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada.
Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos, se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

Nota. Metcalf, 1995

Tabla 2.

Contaminantes presentes en un agua residual y sus posibles efectos sobre el medio receptor

Contaminantes del agua	Impactos más significativos
Materia en suspensión	Aumento de la turbidez del agua (alteración de la fotosíntesis y reducción de la producción de oxígeno). Sedimentación, obstruyendo y cubriendo el lecho de los ríos.
Compuestos inorgánicos	Ecotoxicidad de algunos compuestos, como las sales de metales pesados. Reacciones con sustancias disueltas en el agua pasando a formar compuestos peligrosos.
Conductividad	Concentraciones elevadas de sales impiden la supervivencia de diversas especies vegetales y animales.
Nutrientes	Crecimiento anormal de algas y bacterias (aumento de la turbidez del agua), eutrofización del agua.
Materia orgánica	Su descomposición puede provocar la disminución de la concentración del oxígeno disuelto en el agua hasta alcanzar condiciones sépticas. Eutrofización del agua, emisión de metano en caso de aparición de procesos anaerobios.
Compuestos orgánicos tóxicos	Toxicidad para la vida acuática. Disminución de la concentración de oxígeno debido a los procesos de biodegradación. Producción, en el caso de líquidos no miscibles, de una película superficial que impide la aireación del agua.
Organismos patógenos (bacteria, virus y parásitos)	Inutilización del agua para uso humano. Contaminación de los organismos acuáticos que pueden llegar al hombre con la cadena alimenticia. Enfermedades de transmisión hídrica asociadas a la contaminación microbiológica del agua.
Contaminación térmica por descarga de aguas de Refrigeración	Modificación de la solubilidad del oxígeno en el agua. Aceleración del metabolismo de la flora y la fauna acuáticas (eutrofización). Alteración de los ecosistemas acuáticos

Nota. Dewisme, 1997; Matia et. Al., 1999

Tabla 3.*Parámetros comúnmente empleados para la caracterización de un ARU*

Físicos	Químicos	Biológicos
Sólidos totales (ST), mg/l	Materia orgánica, mg O ₂ /L	Organismos patógenos
• Suspendidos	• Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	• Coliformes, número/100 ml
• Volátiles		
Temperatura, °C	• Demanda química de oxígeno (DQO)	• Virus, ufc/100 ml ^(b)
Turbiedad, UNT^(a)	pH	
	• Alcalinidad, mg CaCO ₃ /L	
	Nitrógeno, mg N/L	
	• Orgánico	
	• Amoniacal (NH ₃ -N, NH ₄ ⁺ -N)	
	• Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	
	• Nitratos (NO ₃ ⁻ -N)	
	Fósforo, mg P/L	
	• Orgánico	
	• Reactivo soluble (PO ₄ ⁻³ -P)	

Nota. Escaler, 1997 (a) unidades nefelométricas de turbiedad, (b) unidades formadoras de colonias

1.2.1. AGUAS RESIDUALES URBANAS

Cada agua residual es única en sus características aunque en función del tamaño de la población, del sistema de alcantarillado empleado, del grado de industrialización y de la incidencia de la pluviometría, pueden establecerse unos rangos de variación habituales, tanto para los caudales como para las características fisicoquímicas de estos vertidos. El conocimiento de los caudales y características de las aguas residuales generadas en las aglomeraciones urbanas es básico para el correcto diseño de los sistemas de recogida, tratamiento y evacuación de las mismas. Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), deben concebirse para poder hacer frente a las variaciones diarias de caudal y carga que experimentan estas aguas.

La cantidad de aguas residuales que se genera en una aglomeración urbana está en proporción directa con el consumo de agua de abastecimiento, y este consumo viene relacionado con el grado de desarrollo económico y social, puesto que un mayor desarrollo trae consigo un mayor y más diverso uso del agua en las actividades humanas.

Entre los factores que influyen en la cantidad de aguas residuales que se genera en una aglomeración urbana destacan el consumo de agua de abastecimiento, la pluviometría (en el caso de redes de saneamiento unitarias), las pérdidas, que pueden deberse a fugas en los colectores o a que parte de las aguas consumidas no llegan a la red de alcantarillado (como por ejemplo el riego de jardines) y las ganancias, por vertidos a la red de alcantarillado o por intrusiones de otras aguas en la red de colectores (Alianza por el agua, 2008).

Tabla 4.

Dotaciones de abastecimiento

Consumos urbanos en litros por habitante y día, según usos					
Población (habitantes)	Doméstico	Industrial	Servicios municipales	Fugas de redes y varios	Total
Hasta 1 000	60	5	10	25	100
1 000 – 6 000	70	30	25	25	150
6 000 – 12 000	90	50	35	25	200
12 000 – 50 000	110	70	45	25	250
50 000 – 250 000	125	100	50	25	300
Más de 250 000	165	150	60	25	400

Nota. MOPTMA, 2008

En la práctica, entre el 60 y el 85% de del agua de abastecimiento consumida se transforma en aguas residuales, dependiendo este porcentaje del consumo de agua en actividades particulares como el riego de zonas verdes, de la existencia de fugas, del empleo del agua en procesos productivos, etc. Como consecuencia de las características y variaciones en las descargas de las aguas residuales a la red de saneamiento, del tipo de alcantarillado usado, de las diferencia en las costumbres de la comunidad aportante, del régimen de operación de las industrias servidas, del clima, etc., los caudales de las aguas residuales oscilan durante el año, cambian de un día a otro y fluctúan de una hora a otra.

Los caudales de aguas residuales siguen una variación diaria que es fiel reflejo de la actividad de la población del lugar (Figura 2.1). Durante la noche y primeras horas del día, en las que los consumos de agua son mínimos, también son mínimos los caudales de aguas residuales, estando estos caudales compuestos fundamentalmente por aguas infiltradas y por pequeñas cantidades de aguas residuales domésticas.

La primera punta de caudal se alcanza cuando llega a la estación depuradora el agua correspondiente al consumo punta, aproximadamente a media mañana. La segunda punta de caudal suele tener lugar a últimas horas de la tarde, entre las 19 y las 21 horas. Por lo general, las curvas que representan las oscilaciones diarias del caudal de aguas residuales que llega a las estaciones de tratamiento son similares a las curvas de consumo de agua de abastecimiento, pero con un cierto retraso, como consecuencia del discurrir de las aguas por las conducciones de saneamiento, y que será tanto mayor cuanto más lejos se encuentre la EDAR de la aglomeración urbana a la que da servicio.

Las variaciones de los caudales de las aguas residuales afectan en gran medida al diseño hidráulico tanto de las redes de alcantarillado, como de las propias instalaciones de tratamiento. Para las unidades de proceso que se dimensionan según los tiempos de retención (relación volumen/caudal) o cargas superficiales (caudal por unidad de superficie), es preciso tener en cuenta los caudales punta y mínimo para lograr su correcto funcionamiento (Alianza por el agua, 2008).

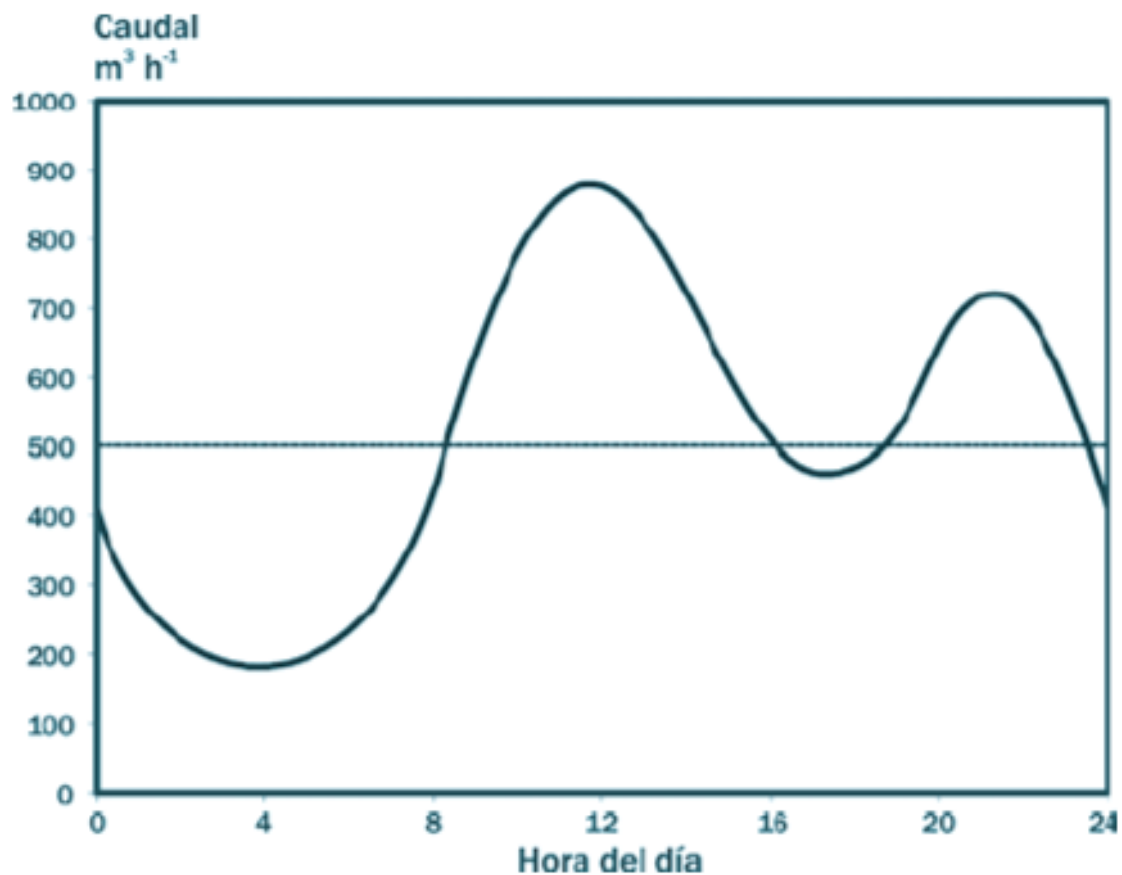


Figura 1: Evolución diaria de los caudales de aguas residuales urbanas

Para medianas y grandes poblaciones urbanas, los caudales mínimos de aguas residuales pueden estimarse en torno al del 50% del caudal medio diario. Los caudales punta pueden estimarse a partir de los caudales medios haciendo uso de la siguiente expresión empírica:

$$Q_p = Q_m * \left(1,15 + \frac{2,575}{Q_m^{0,25}} \right)$$

Siendo Q_p el caudal punta y Q_m el caudal medio, medidos ambos en m^3/h .

En lo referente a la relación entre el caudal punta y el caudal medio (factor de punta F_p), la Figura 2.2 presenta los valores de esta relación en función de los distintos valores de Q_m .

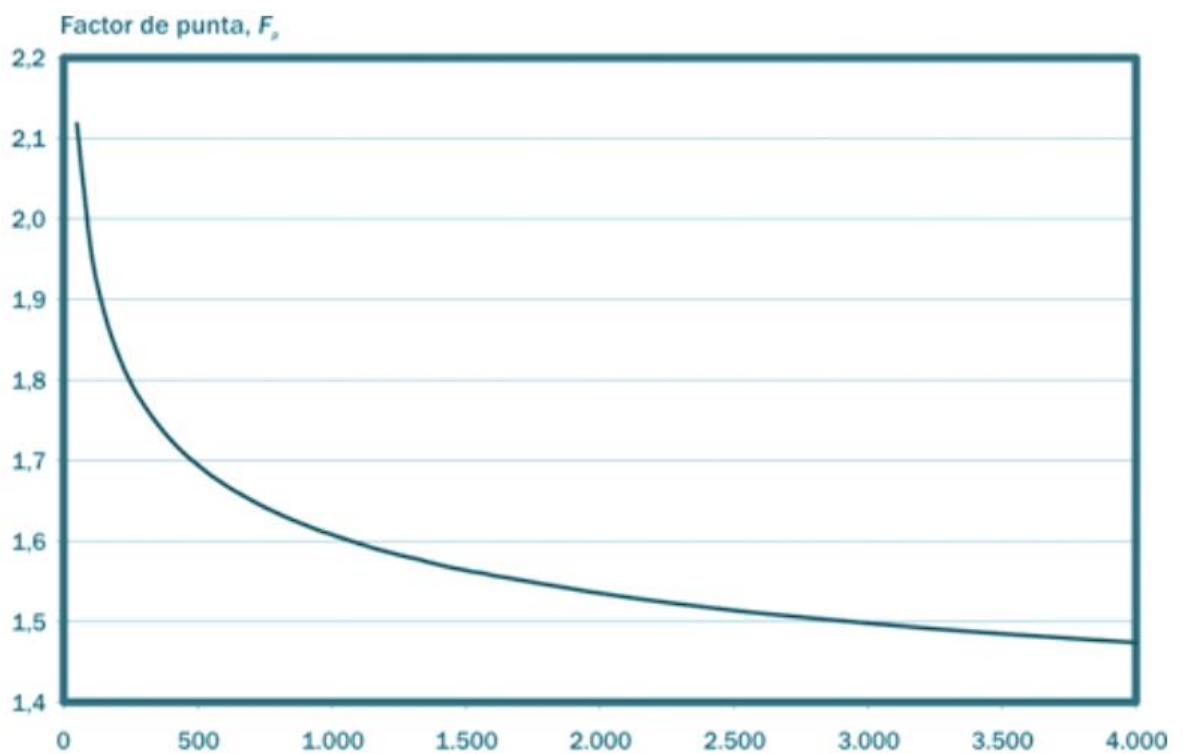


Figura 2: Relación entre el caudal medio y el factor de punta.

1.2.2. CALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS.

Los principales contaminantes que aparecen en las aguas residuales urbanas son:

- Objetos gruesos: trozos de madera, trapos, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado.

- Arenas: bajo esta denominación se engloban las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.
- Grasas y aceites: sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia puede ser tanto doméstica como industrial.
- Sólidos en suspensión: partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas. Aproximadamente el 60% de los sólidos en suspensión son sedimentables y un 75% son de naturaleza orgánica.
- Sustancias con requerimientos de oxígeno: compuestos orgánicos e inorgánicos que se oxidan fácilmente, lo que provoca un consumo del oxígeno presente en el medio al que se vierten.
- Nutrientes (nitrógeno y fósforo): su presencia en las aguas es debida principalmente a detergentes y fertilizantes. Igualmente, las excretas humanas aportan nitrógeno orgánico.
- Agentes patógenos: organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades.
- Contaminantes emergentes o prioritarios: los hábitos de consumo de la sociedad actual generan una serie de contaminantes que no existían anteriormente. Estas sustancias aparecen principalmente añadidas a productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etc. A esta serie de compuestos se les conoce bajo la denominación genérica de contaminantes emergentes o prioritarios, no eliminándose la mayoría de ellos en las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

En el tratamiento convencional de las aguas residuales urbanas, la reducción del contenido en los contaminantes descritos suele hacerse de forma secuencial y en el orden en que estos contaminantes se han enumerado anteriormente (Alianza por el agua, 2008).

1.2.3. PARAMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS. (Alianza por el agua, 2008).

Para caracterizar las aguas residuales se emplea un conjunto de parámetros que sirven para cuantificar los contaminantes. Los parámetros de uso más habitual son los siguientes:

- **Aceites y grasas:** el contenido en aceites y grasas presentes en un agua residual se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado y la posterior evaporación del disolvente.
- **Sólidos en suspensión:** se denomina de este modo a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45 μm). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables y los no sedimentables.
- **Sustancias con requerimiento de oxígeno:** para la cuantificación de estas sustancias los dos parámetros más utilizados son:
 - **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO_5):** es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo (cinco días) se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** es la cantidad equivalente de oxígeno (mg/l) necesaria para oxidar los componentes orgánicos del agua utilizando agentes químicos oxidantes.
- La relación DBO_5/DQO indica la biodegradabilidad de las aguas residuales urbanas:
 - $\geq 0,4$ Aguas muy biodegradables
 - $0,2 - 0,4$ Aguas biodegradables
 - $\leq 0,2$ Aguas poco biodegradables
- **Nitrógeno:** se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y, en menor cantidad, de nitratos y nitritos. Para su cuantificación se recurre generalmente a métodos espectrofotométricos.
- **Fósforo:** en las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que las distintas formas nitrogenadas, su determinación se realiza mediante métodos espectrofotométricos.
- **Organismos patógenos:** los organismos patógenos se encuentran en las aguas residuales en muy pequeñas cantidades siendo muy difícil su aislamiento, por ello, se emplean habitualmente los coliformes como organismo indicador.

Los rangos habituales de estos parámetros en las aguas residuales urbanas procedentes de grandes y medianas aglomeraciones urbanas se recogen en la Tabla 5

Tabla 5.

Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas

Constituyente	Concentración, mg/L		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	1 000	500	200
Sólidos totales fijos	300	150	80
Sólidos totales volátiles	700	350	120
Sólidos en suspensión	500	300	100
Sólidos en suspensión fijos	100	50	30
Sólidos en suspensión volátiles	400	250	70
Sólidos disueltos	500	200	100
Sólidos disueltos fijos	200	100	50
Sólidos disueltos volátiles	300	100	50
Sólidos sedimentables	250	180	40
Sólidos sedimentables fijos	150	108	24
Sólidos sedimentables volátiles	100	72	16
DBO₅	400	220	110
DQO	1 000	500	250
Carbono orgánico total, COT	290	160	80
Nitrógeno total	86	50	25
Nitrógeno orgánico	35	20	10
NH₄⁺	50	30	15
NO₃⁺	0.4	0.2	0.1
NO₂⁻	0.1	0.05	0.0
P_{total}	15	8	4
P_{orgánico}	5	3	1
P_{inorgánico}	10	5	3
pH	6-9	6-9	6-9
Grasas	150	100	50

Nota. Gómez y Hontoria, 2003

En general, el ARU contiene un 99,9% de agua. La materia sólida está constituida en un 70% por sustancias orgánicas como proteínas, grasas y carbohidratos; mientras que el 30% restante es materia mineral insoluble (sustancias inorgánicas) como la arena, la arcilla y las gravas.

Las sustancias orgánicas de un ARU están constituidas mayoritariamente por materia fecal, siendo la contribución diaria de DBO_5 , por parte de un adulto, de 39 a 42 g; de los cuales 10,3 g corresponden a orina, entre 24,7 y 30,6 g a materia fecal y de 2,0 a 3,5 g a material de limpieza anal (Droste, 1997). Además, también contienen hidratos de carbono (celulosa, almidón y azúcares), grasas y jabones (sales metálicas de los ácidos grasos), detergentes sintéticos, proteínas y sus productos de descomposición (urea, glicina y cisteína) así como hidróxido de amonio y sales amoniacaes procedentes de la descomposición de complejos orgánicos nitrogenados (Rivas Mijares, 1978).

La gran diversidad que presentan las aguas residuales hace necesario realizar un estudio concreto de caracterización, en especial cuando se desean definir estrategias de tratamiento y de aplicación de tecnologías adecuadas que aseguren la conformidad con la normativa de vertido a cauces receptores vigente en la zona de estudio.

A MATERIA SOLIDA DEL AGUA RESIDUAL

La materia sólida del agua residual está presente tanto en forma disuelta como particulada (suspensión). Se distinguen tres tipos de sólidos en el agua: totales, fijos y volátiles. La materia sólida permite valorar la concentración y el estado físico de los constituyentes del ARU. Es importante determinar la presencia de aquellos sólidos que por su naturaleza le comunican propiedades indeseables al agua. Su

concentración permite predecir el mayor o menor grado de depuración que puede obtenerse de acuerdo con la eficiencia de las distintas etapas de tratamiento. La Figura 2.3 muestra los distintos tipos de sólidos presentes en una muestra de ARU (Knobelsdorf, 2005).

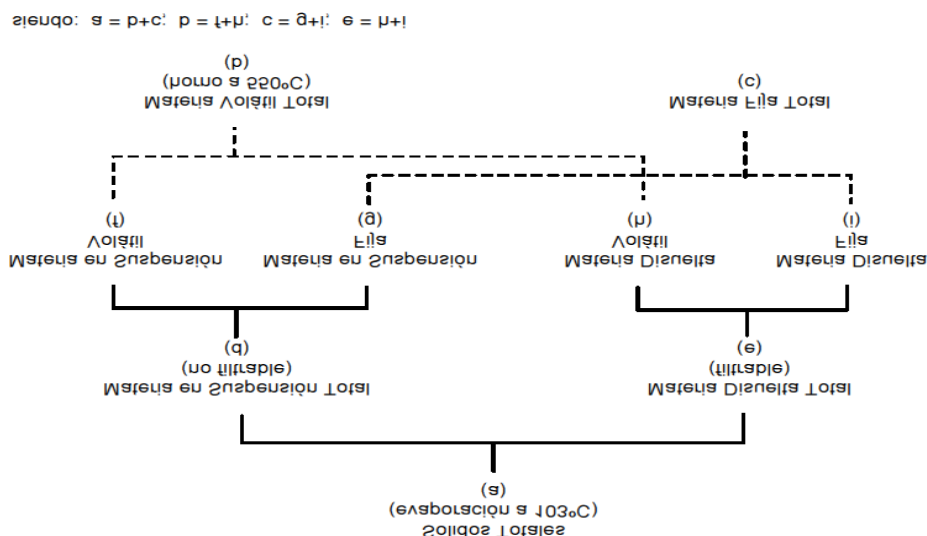


Figura 3. Clasificación de los diferentes tipos de materia contenida en un agua residual (adaptado de Droste, 1997).

Las sustancias obtenidas por decantación, filtración o centrifugación de una muestra de agua corresponden a la materia en suspensión (MES), mientras que aquellas que no pueden separarse por estos métodos y pasan a través del papel de filtro (0,45 μm) se denominan materia disuelta. La materia en suspensión constituye la contaminación más fácil de eliminar del agua, siendo la sedimentación el principal mecanismo de eliminación (Mujeriego et al., 1984).

Tanto la materia disuelta como la particulada están compuestas por materia orgánica e inorgánica. La incineración a 550 °C permite diferenciarlas, pues la pérdida de materia por incineración representa el contenido orgánico de la muestra, mientras que las cenizas residuales representan el contenido inorgánico o mineral. La materia soluble de un agua residual está compuesta mayoritariamente por

materia inorgánica, mientras que la materia en suspensión es predominantemente de naturaleza orgánica (Horan, 1993).

Aun cuando los resultados de los residuos (total, fijo y volátil) están sujetos a errores apreciables a causa de la pérdida de compuestos volátiles durante la evaporación (dióxido de carbono y minerales volátiles en la incineración y óxido de calcio en las cenizas), son los más representativos, junto con la demanda química y bioquímica de oxígeno, para estimar el contenido de materia mineral y orgánica de los vertidos líquidos (Rivas Mijares, 1978).

B COMPUESTOS ORGANICOS DEL AGUA RESIDUAL

La materia orgánica está constituida por una fracción particulada (MESV) y una fracción disuelta. La materia volátil ofrece una estimación del contenido de materia orgánica de un agua residual. Sin embargo, para obtener una información más precisa es necesario evaluarla mediante el oxígeno requerido para oxidar completamente la materia orgánica a CO_2 , H_2O y NH_3 (Knobelsdorf, 2005).

La presencia de oxígeno disuelto en las aguas naturales es vital para mantener las distintas formas de vida. La mayoría de los compuestos orgánicos pueden servir de alimento para las bacterias y otros microorganismos, que obtienen la energía necesaria para sus funciones vitales y para la síntesis celular a partir de la oxidación de la materia orgánica. Sin embargo, el vertido de aguas residuales no tratadas a un curso de aguas ejerce un consumo de oxígeno, debido a la estabilización biológica de la materia orgánica, que puede llegar a agotarlo, produciendo un efecto negativo sobre la vida acuática y propiciando condiciones sépticas (Droste, 1997).

Los compuestos orgánicos del agua residual tienen al menos un átomo de carbono en su estructura, por lo que también se les conoce como compuestos carbonosos. Estos átomos pueden ser oxidados tanto química como biológicamente para producir dióxido de carbono (CO₂). El método de determinación de la materia orgánica mediante su oxidación biológica se denomina demanda bioquímica de oxígeno (DBO); mientras que el método basado en una oxidación química se denomina demanda química de oxígeno (DQO) o demanda total de oxígeno (DTO), dependiendo del agente químico empleado y de la naturaleza de las condiciones de oxidación (Horan, 1993).

Para la valoración de la carga orgánica de una planta de tratamiento de aguas residuales así como la capacidad de eliminación de la materia orgánica, se utiliza generalmente el análisis de la DBO₅ (DBO ejercida al cabo de 5 días de incubación en la oscuridad y a 20 °C).

C. COMPUESTOS INORGANICOS DEL AGUA RESIDUAL

El compuesto inorgánico capaz de representar una amenaza seria de contaminación son pocos y además es factible realizar ensayos sencillos para detectar aquellos que resultan ser probablemente los más molestos. El nitrógeno y el fósforo son los compuestos inorgánicos más importantes para el control de la calidad de las aguas residuales. La mayor parte del nitrógeno y del fósforo total de un ARU se encuentra en su fracción soluble (nitratos, amonio, polifosfatos y ortofosfatos) (Knobelsdorf, 2005).

El nitrógeno y el fósforo presentes en los cursos de agua provienen de diferentes Notas, como por ejemplo los fertilizantes artificiales y los desechos ganaderos aplicados en la agricultura, los efluentes industriales y en particular los efluentes de los sistemas de tratamiento

de las aguas residuales. El nitrógeno de los efluentes de las EDAR proviene principalmente de las conversiones metabólicas de los compuestos derivados de los excrementos (urea y proteínas), mientras que el 50% o más del fósforo procede de los detergentes sintéticos (Horan, 1993).

El nitrógeno y el fósforo son nutrientes esenciales para el crecimiento biológico. El fósforo se asimila en forma de fosfatos, mientras que el nitrógeno puede ser asimilado tanto en forma de amoníaco como de nitrato según el organismo de que se trate (Winkler, 1998). Los organismos que se ocupan de la purificación de las corrientes de agua forman un sistema ecológicamente equilibrado. La descomposición de la materia orgánica produce anhídrido carbónico y consume oxígeno, mientras que el crecimiento de los organismos fotosintéticos utiliza el anhídrido carbónico y produce oxígeno (Winkler, 1998).

Posiblemente, la consecuencia más relevante de la contaminación por parte de estos compuestos sea su capacidad de promover el crecimiento algal. La presencia de nitrógeno y de fósforo en un agua propicia normalmente su eutrofización y una proliferación de algas indeseable. La eliminación del nitrógeno y del fósforo de un agua residual o la conversión del amoníaco a nitratos reduce el efecto adverso de su vertido (Neethling, 1995).

D. CARACTERIZACION DE LOS COMPONENTES MICROBIANOS DEL AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales contienen una gran variedad de microorganismos: virus, bacterias, hongos, protozoos y nematodos. Se estima que hay alrededor de 5 millones de especies de microorganismos en el medio ambiente, de los cuales menos del 5% han sido catalogadas, de los cuales 3 500 son bacterias, 90 000

son hongos, 100 000 son protistas y 4 000 son virus (Cloete, 1997). Los microorganismos transforman los compuestos orgánicos, contribuyendo a la depuración de los desechos en ambientes acuáticos y terrestres.

Los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales se basan en la interacción y el metabolismo de los microorganismos. Estos procesos dependen de la capacidad de la comunidad microbiana para utilizar los compuestos del agua. No existe un único organismo capaz de utilizar todos los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales; por tanto, un proceso biológico constituye un ecosistema diverso que se alimenta directamente del agua cruda que entra al sistema y que depende de la disponibilidad de O₂, del pH y de las condiciones de mezcla.

El proceso biológico de fangos activados está constituido por bacterias, protozoos, hongos, algas y organismos filamentosos. Los hongos y las algas generalmente no tienen una gran importancia dentro del proceso, mientras que los protozoos, los organismos filamentosos y las bacterias participan activamente en el tratamiento biológico del agua residual (Muyima et al., 1997). Cada una de estas poblaciones desempeña un papel determinado en el proceso y en conjunto forman la comunidad biológica característica de los fangos activados.

Las bacterias constituyen la mayor parte de la biomasa del proceso (3-16 millones/ml) siendo, por tanto, el grupo dominante dentro de la comunidad biótica de los fangos activados. Su pequeño tamaño y su elevada relación superficie/volumen favorecen el intercambio de nutrientes y catabolitos con el medio que los rodea. Las bacterias predominantes son saprofitas, responsables de la degradación y

mineralización de los compuestos orgánicos, y pertenecen en su mayoría a géneros aerobios gramnegativos; también las hay quimilitótrofas, capaces de oxidar el amoníaco y los nitritos (Fernández-Galiano et al., 1996).

La presencia de ciertas bacterias también puede tener efectos desfavorables sobre los fangos activados. El desarrollo incontrolado de muchas bacterias de tipo filamentosas impide una sedimentación eficaz de los fangos y produce el fenómeno de bulking o fangos voluminosos o esponjosos.

Los hongos también son eficaces para la eliminación de la materia orgánica de las aguas residuales. No obstante, estos microorganismos son poco abundantes en los fangos activados, a no ser que se inhiba el crecimiento bacteriano. En general, la aparición de los hongos suele estar asociada a afluentes con gran cantidad de vertidos industriales.

Los protozoos son, junto con las bacterias, los grupos de microorganismos más abundantes e importantes dentro de la comunidad de los fangos activados. Alcanzan concentraciones medias de 50 000 individuos/ml en el tanque de aireación de una EDAR y constituyen aproximadamente el 5% del peso seco de la materia en suspensión del líquido de mezcla.

Los nematodos que aparecen en los fangos activados son en su mayor parte depredadores de bacterias dispersas y protozoos, pero también se encuentran formas saprozoicas capaces de alimentarse de la materia orgánica en descomposición del agua residual. Su papel dentro de los fangos activados no es significativo, aunque guarda relación con la edad del fango en el tratamiento biológico

(tiempo de retención celular (TRS)).

Los rotíferos eliminan bacterias dispersas y protozoos y contribuyen a la formación del flóculo por la secreción de mucus. Se les considera indicadores de un buen funcionamiento del proceso de depuración, siempre y cuando no alcancen densidades excesivas. Una gran concentración de rotíferos indica un elevado tiempo de retención del fango (Fernández et al., 1996).

CAPITULO II: UBICACIÓN DE LA PLANTA

2.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO:

En el distrito de Chiclayo se encuentra ubicado la caleta San José, mediante una vía asfaltada. San José actualmente se encuentra en la categoría de Caleta o Puerto menor, ya que a partir de diciembre de 1983 las importaciones y exportaciones fueron cerradas por este puerto. La principal actividad de la población es la pesca, cuyo producto por lo general se expende en la ciudad de Chiclayo. La población realiza las actividades de: Pesca 80%, Construcciones Navales para la pesca artesanal 9%, agricultura 10% y otros 1%. El Área Urbana total es de 42,25 Ha.



Figura 4: Ubicación del proyecto

2.2. AREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO:

La altura promedio de la Ciudad de San José es de 4,5 m.s.n.m. y se encuentra a una distancia de 12,5 km de la Ciudad de Chiclayo. La Ciudad de San José presenta una topografía ondulada, con ondulaciones variables de los +2 m a + 17 m, conformados generalmente por depósitos estabilizados de arena fina. En la parte Norte de la zona Perú-Urbana existen ondulaciones por depósitos de arena por causa del viento.

La delimitación del área de influencia del proyecto, nos permitió determinar el ámbito de estudio necesario para medir los impactos como consecuencia de la mejora en la red Vial. El AIDA de un proyecto es el área con influencia directa ambiental en la ejecución del proyecto y que tiene su impacto en los alrededores geográficos inmediatos que cubre una franja territorial conformada por el trazo (16640 m.) y un ancho de (100 m.) a cada lado del eje, que multiplicados obtendremos una extensión de (166.40 Hás.) y otros sectores a ser impactos por el proceso constructivo comprendidos fuera del trazo de carretera involucrando a centros de concentración poblacionales, campamentos, patio canteras y puntos de agua.

2.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación será descriptivo, “es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica sino que se observan las que existen. Las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, lo que impide influir sobre ellas para modificarlas.” (Palella y Martins, 2012)

El tipo de investigación es de campo, este consiste en la recolección de datos de diferentes estudios sin cambiar ninguna variable. En esta se estudia todas las variables en su entorno para no perder su naturalidad.

2.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La evaluación del tratamiento de aguas residuales urbanas por lodos activados, se realizará una investigación tipo proyectivo, donde se intenta proponer una solución al vertido final de las aguas residuales urbanas. Esto “implica explorar, describir y proponer alternativas de cambio, y no necesariamente ejecutar la propuesta”.

Como se mencionó anteriormente, la investigación le aportara una solución a la ciudad de Chiclayo para que sus aguas residuales urbanas no contaminen la fauna y flora que se encuentren en su entorno. Solo se llegara hasta su diseño para cubrir las necesidades de la población basado en conocimientos anteriores, luego la comunidad decidirá si se ejecutará o no el proyecto.

2.5. POBLACION Y MUESTRA

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.” (Arias, 2012)

La población estará conformada por todas aquellas plantas de tratamiento para las aguas residuales, que lleguen a limpiar y en algunos casos a purificar el efluente hasta el punto que cumplan con las normativas peruanas para ser descargadas en ríos, lagos y mares. Esta población sería finita divido a que existen menos de 100,000 sistemas de purificación dentro del país.

Esta población sería accesible también denominada población muestreada, es la porción finita de la población objetiva a la que realmente se tiene acceso y de la cual se extrae una muestra representativa. El tamaño de la población accesible depende del tiempo y de los recursos del investigador.

La muestra es un sub conjunto representativo finito que se extrae de la población accesible. En este sentido una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencia o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido.

La planta de tratamiento será nuestra muestra representativa puesto que sus características pueden ser comunes a instalaciones con características similares. El agua de entrada a la futura planta de tratamiento tendrá las siguientes características:

Parámetro	valores
Ph	6,58
Temperatura, °C	23
DBO₅, mg/L	324,2
Solidos Suspendidos Totales, mg/L	359,8
Grasas y aceites, mg/L	135,92
DQO, mg/L	461,08
Coliformes termotolerantes, NMP/100 ml	3,6*10 ⁷

2.6. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ.

Al 30 de junio de 2015 el Perú tiene una población de 31 millones 151 mil 643 habitantes, de los cuales 23 millones 893 mil 654 habitantes viven en zonas urbanas; y los restantes 7 millones 257 mil 989 habitantes, en zonas rurales. Políticamente, el país está dividido en 24 Departamentos que, a su vez, se subdividen en 196 provincias y 1854 distritos. Por otro lado, de los 1854 distritos del Perú, 1542 son atendidas por las municipalidades, juntas administradoras de servicios de saneamiento u otras; mientras que 312 se encuentran bajo el ámbito de Empresa Prestadora de Servicios (EPS) Supervisadas por la SUNASS (INEI, 2015).

El Perú cuenta con 54 Empresas Prestadoras de Servicios (EPS), de las cuales 50 se encuentran bajo la supervisión regulatoria de SUNASS, las cuales suministran los servicios de agua potable a más de 17 millones de habitantes a nivel nacional, registrando una cobertura de agua potable en el ámbito urbano de 92,14%. Las EPS se encuentran clasificadas según el número de conexiones que registran:

Tabla 6.

Clasificación de las EPS de acuerdo al número de conexiones.

Grupo EPS	Parámetros	Clasificación
SEDAPAL	Más de 1 000 000 de conexiones de agua potable	1
EPS Grande	de 40 000 a 200 000 conexiones de agua potable	9
EPS Mediana	de 10 000 a 40 000 conexiones de agua potable	21
EPS Pequeña	de 1 000 a 10 000 conexiones de agua potable	23
Total		54

Nota. Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015 – DS N° 007-2006-VIVIENDA

El inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales en las EPS de SUNASS muestra que de las 143 PTAR, que corresponde al 92% se compone de lagunas de estabilización en sus diferentes variedades de comportamiento biológico (aerobias, facultativas o aireadas), siendo las lagunas facultativas las más empleadas, 78% en 112 PTAR, como se muestra en la Figuraura 2.

En cuanto al resto de tecnologías, solo existen cinco PTAR que operan con filtros percoladores, tres con lodos activados y una con un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA). La única planta de lodos activados de tipo secuencial (SBR) es la de Puente Piedra y la administra SEDAPAL.

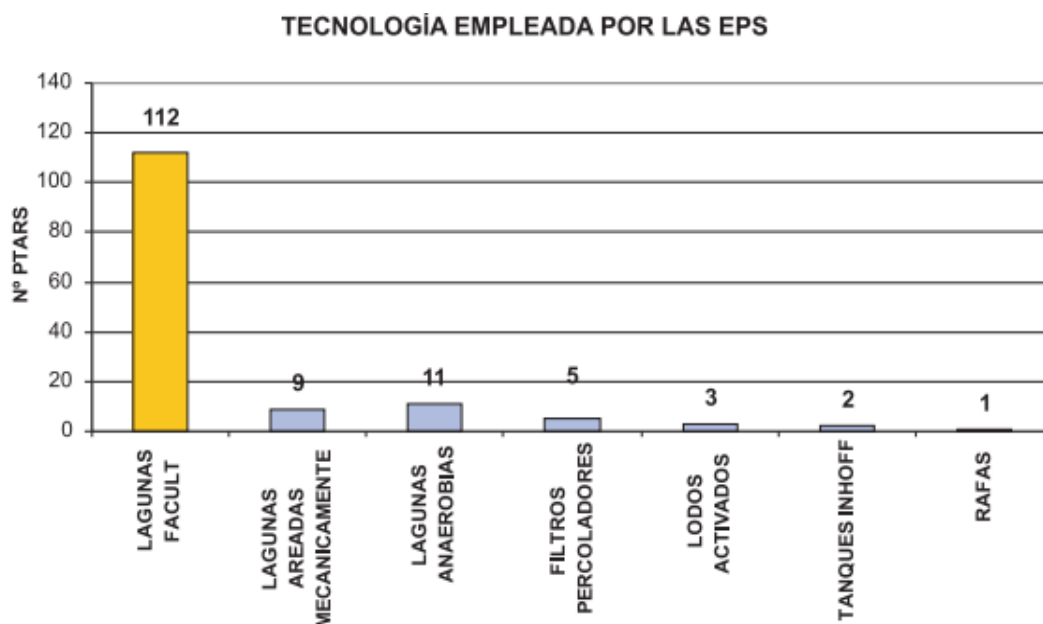


Figura 5: Inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, tomado de SUNASS (2007).

Probablemente la principal causa de que en el Perú las empresas prestadoras de servicios de saneamiento hayan invertido en la construcción de PTAR con lagunas de estabilización del tipo facultativo se deba a su bajo

costo de inversión, operación y mantenimiento y a la elevada eficiencia en la remoción de materia orgánica en comparación con otras tecnologías. Además, solo las lagunas de estabilización, debido a sus largos periodos de retención (8 días como mínimo), logran la remoción de huevos o quistes de parásitos (helminths), lo cual es una ventaja si de reuso de aguas residuales sin restricción se trata. Solo es comparable con procesos de precipitación química, que tienen costos adicionales de operación y mantenimiento (SUNASS, 2008)

Sin embargo, cuando existen limitaciones para la disponibilidad de terreno, la PTAR está dentro de la zona urbana o la caracterización y las condiciones climatológicas lo exigen, es necesario usar otras tecnologías de eficiencia comparable pero que tienen mayores costos de inversión, operación y mantenimiento, como los filtros percoladores, los lodos activados y los RAFA, a los que hay que adicionar procesos de tratamiento avanzado como la precipitación química y la cloración para remover los quistes de nematodos intestinales y reducir la carga bacteriana, respectivamente. Esto se corrobora en el cuadro 1.2, donde se puede observar que las primeras siete PTAR más grandes en el Perú administradas por las EPS usan tecnologías distintas de las lagunas facultativas y que más bien operan con lagunas aireadas mecánicamente, lagunas anaerobias, filtros percoladores y lodos activados (SUNASS, 2008)

Tabla 7.

Requerimientos de área por tipo de tecnología para PTAR de 500 l/s

Tecnología	T, días	h, m	Área Prom (Ha)
Lagunas facultativas	10 – 20	1,5	43,20
Lagunas Aireadas	2 – 7	3 – 5	4,86
Lagunas Anaerobias	1 – 5	2,5 – 5	3,46
Lodos Activados	0,6 – 2	< 5	1,87
	Carga (m³/día)		A prom (Ha)
Filtros percoladores	1 – 3		2,16

Nota. Norma Técnica OS-090 (rangos de periodo de retención – T, profundidad – h y carga hidráulica.

Las plantas o sistemas de tratamiento son un excelente mecanismo para el procesamiento de aguas residuales, por su capacidad en cuanto a su construcción, utilización de poco espacio y sencillez de operación y mantenimiento. La planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados aportará nuevas iniciativas para la elaboración de sistemas y procesos ecológicos para la ciudad de Chiclayo, ayudando a mejorar y cuidar nuestro ambiente, en la educación de la sociedad hacia el alcance de nuevas alternativas ecológicas que se pueden utilizar y que está al alcance de todos.

Motivo por el cual se plantea este proyecto como una alternativa la evaluación del tratamiento de las aguas residuales urbanas de la ciudad de Chiclayo por medio de lodos activados para la disposición final de los efluentes cumpliendo las normativas vigentes.

2.7. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS EN LA CIUDAD DE CHICLAYO.

La ciudad de Chiclayo cuenta con dos sistemas de tratamiento de desagües: “Pampa de Perros” y “San José”.

El sistema “Pampa de Perros” está conformado por cuatro lagunas de estabilización facultativas primarias y cuatro lagunas facultativas secundarias, con área unitaria de 1,25 ha., y trata un promedio de 230 L/s de desagües. El sistema “San José” está formado por cinco lagunas anaerobias primarias, con volumen unitario de 70,455 m³ y cinco lagunas de estabilización facultativas secundarias de área unitaria 5,9 ha. Este sistema trata en la actualidad un promedio de 800 L/s.

Silva y Lampoglia, 2001, manifiestan que los desagües tratados en el sistema “Pampa de Perros” son integralmente utilizados para riego agrícola, beneficiando aproximadamente 250 ha de área de cultivo y que a partir de julio del año 2000, un promedio de 50% de los desagües tratados en las lagunas “San José” son utilizados para riego agrícola de cerca de 400 ha. Estos terrenos pertenecen a la Comunidad Campesina de San José, quienes

disponen de un total de 1 700 ha de áreas de cultivo. La Comunidad Campesina está gestionando la ampliación de la estructura de riego necesaria para el reusó integral de las aguas servidas tratadas.

En el año 2000 se estima que un total de $25.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ de desagües fueron tratados en los dos sistemas, de los cuales $10.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ fueron reutilizados en agricultura. (Silva y Lampoglia, 2001)

Los sistemas de tratamiento a través de lagunas de estabilización son particularmente eficientes en la remoción de huevos de helmintos presentes en los desagües. Estudios recientes realizados en los sistemas de tratamiento de Chiclayo indican una remoción de esos huevos próxima al 100%. (Klingel, 2001).

Con una inversión cercana al millón y medio de nuevos soles, la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque (EPSEL) iniciará la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Oytún que permitirá evitar la contaminación del río Zaña. El financiamiento de la obra fue asignado a través del shock de inversiones – Agua para Todos, y se ejecutará a través de un convenio entre EPSEL y la municipalidad distrital de Oytún. Abelardo Cadenillas, gerente de EPSEL, indicó que los trabajos concluirán en un plazo máximo de cinco meses e incluirán la red colectora de desagüe, una cámara de bombeo, una línea de impulsión y el emisor final. Asimismo, cuatro lagunas de estabilización que forman la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la localidad de Oytún. Los desembolsos del financiamiento se efectuarán conforme avance la obra, sostuvo. Cadenillas manifestó que la obra también permitirá dotar al distrito de Oytún de una nueva infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, evitando la contaminación del río Zaña. Además propiciará la utilización de aguas debidamente recicladas con fines agrícolas para el cultivo de plantas de tallo alto, tal como ocurre en el distrito de San José, en la provincia de Lambayeque, además beneficiará a mil 720 familias de este distrito rural de Lambayeque que verá mejorado el servicio de evacuación de aguas servidas. (Andina, 2009).

2.8. MARCO LEGAL

2.8.1. Importancia del Marco Legal

Es a través de la normatividad ambiental que expresa la política ambiental, regulando el comportamiento de los diferentes agentes sociales.

Por lo cual la normatividad ambiental es un importante instrumento de gestión ambiental al buscar corregir comportamiento contrario a la conservación ambiental y orientar comportamientos conducentes a lograr el desarrollo sustentable.

De acuerdo al ***Ministerio del Ambiente, (2013)*** “El Derecho Ambiental es un instrumento de gestión que permite la aplicación de la Política Nacional Ambiental que no es sino el conjunto de lineamientos, objetivos, estrategias, metas, programas e instrumentos de carácter público; que tiene como propósito definir y orientar el accionar de las entidades de los gobiernos nacional, regional y local; del sector privado y de la sociedad civil, en materia de protección ambiental y conservación de los recursos naturales”.

2.8.2. Estructura Legal- Normativa.

En los últimos años en el Perú se ha generado gran contaminación en sus recursos hídricos, es por ello que se trató de formalizar y regular los vertimientos en algunos receptores.

El gobierno comenzó a trabajar la gestión integral de los recursos hídricos y del ambiente, dando como resultado:

- **Ley de Recursos Hídricos.-** Es aquí donde toma protagonismo la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- **Ministerio del Ambiente.-** Donde se formulan los Límites Máximos Permisibles y los Estándares de Calidad Ambiental.

- Compromiso del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, generando los Valores Máximo Admisibles (VMA), y considerándolos en el RNE para los diseños de construcción de obras.

Actualmente, se cuenta con una serie de requisitos en el marco legal que buscan mejorar la calidad de los efluentes hídricos y mejorar la calidad ambiental. A continuación, en la tabla 2.7 se muestra el marco legal para el tratamiento de aguas residuales en el Perú.

En el caso del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, se puede visualizar dos escenarios: La calidad del agua al salir de la planta de tratamiento y el estándar que debe alcanzar el tratamiento para no perjudicar al uso del receptor.

El agua que sale de la planta de tratamiento es regulada mediante los Límites Máximos Permisibles (LMP) para darle seguridad de haber cumplido con un tratamiento adecuado, siendo este un factor decisivo para la elección de las tecnologías para tratar el agua residual ya que solo algunas llegan a ciertos grados de purificación.

Tabla 8:

Marco legal para el tratamiento de aguas residuales.

Marco Legal para el tratamiento de aguas residuales
Ley de Recursos Hídricos – Ley 29338 (publicada el 31 de marzo de 2009)
Reglamento de la ley Recursos Hídricos D. S. N° 001-2010-AG (publicado 24 de marzo de 2010)
D. S. N° 002-2008-MINAM. Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.
D. S. N° 0023-2009-MINAM. Aprueban las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para el Agua.
D. S. 003-2010-MINAM. Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes PTAR
Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA. Medidas para la implementación del Programa Adecuación de Vertimientos y Reuso de Agua Residual – PAVER.
D. S. N° 007-2010-AG. Declaran de interés regional la protección de la calidad del agua

en las Notas naturales y sus bienes asociados.

D. S. N° 021-2009-VIVIENDA. Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

D. S. N° 003-2011-VIVIENDA. Reglamento del D. S. N° 021-2009 VIVIENDA.

Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA. Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial.

Norma OS 090 Plantas de tratamiento de aguas residuales.

Norma ISO 020 Tanques Sépticos.

Nota. León, 2012.

En el caso de los estándares para no perjudicar al receptor tenemos a los Estándares de Calidad Ambientales para Agua (ECA), los cuales se encargan de clasificar a los receptores según las funciones que desempeñan. Un ejemplo para visualizar los ECA, es ver la diferencia que resultaría depositar agua residual tratada en un río y que kilómetros más adelante servirá para el uso agrícola, con un río que tendrá como función kilómetros más adelante tratar agua para ser potabilizada. Con respecto a los valores de ECAs y los LMP, se puede determinar que usos se pueden dar para el tratamiento de aguas residuales, además se ha conocido los parámetros que la ley peruana dispone para el bienestar de la salud y el medio ambiente.

En el Perú, en zonas como la costa, la agricultura se ve limitada por la escasez de agua y suelos con malas propiedades para el cultivo. Se sabe que desde el 2008, el 77% del área irrigada con aguas residuales en Lima son destinadas a la agricultura y la acuicultura, a pesar que sólo representa el 44% del total de actividades realizadas (Moscoso y Alfaro, 2008). Ello significa que el uso de la agricultura emplea considerable área y a la vez requiere gran dotación de agua. Se conoce en la actualidad, que el riego de zonas agrícolas tiene dos caminos definidos. El primer camino es el riego con agua de río siendo este procedimiento con consentimiento de las autoridades locales del agua y sus comisiones correspondientes.

A pesar de ello, se puede ver como el agua captada aún contiene ciertos niveles de contaminación, los cuales son ignorados. El segundo camino es el riego informal con agua residual, teniendo como resultado productos agrícolas con grandes características perceptibles, como vegetales de gran tamaño o colores muy definidos. Dichas características se deben al contenido de nutrientes del agua residual, como el nitrógeno, potasio y fósforo, sin embargo también se debe recordar que un gramo de heces contienen virus, bacterias, parásitos y huevos de gusanos (Franken, 2007). Por esta razón, los alimentos regados por aguas residuales tienen un nivel de contaminación muy alta.

El Ing. Guillermo León, especialista en el tratamiento de aguas residuales y su reutilización, señala la gran importancia de mantener rangos de calidad para el agua residual en el uso agrícola. Señala las directrices sobre la calidad de las aguas residuales y las normas para el aprovechamiento según un número máximo admisible de bacterias coliformes fecales. Es muy importante concentrarse con mayor detalle en los coliformes fecales, debido a que los coliformes totales no son buenos indicadores ya que no todos son fecales. Los coliformes fecales son indicadores menos satisfactorios de virus excretados y tiene uso limitado para tratar protozoarios y helmintos (León, 1995).

En 1971, el grupo de expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en aprovechamiento de efluentes reconoció que las normas californianas eran muy estrictas. Un ejemplo es el Departamento de Salud Pública del Estado de California donde sus normas permitían solo 23 o 2.2 coliformes por cada 100 ml según el cultivo de regado y el método de riego empleado, luego se cambiarían los parámetros a 100 coliformes por cada 100 ml. Más adelante el OMS, el Banco Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el Centro Internacional de Investigadores para el Desarrollo (Canadá), el Centro Internacional de Referencia sobre Disposición de

Desechos (Suiza), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y muchas instituciones de gobiernos y académicas juntaron esfuerzos para generar una base epidemiológica más racional para las directrices sobre el riego con aguas residuales (León, 1995). En últimos estudios, se ha generado una mayor flexibilidad en los estándares de los coliformes fecales, tomando mayor protagonismo los huevos de helminto, debido a que constituyen mayor peligro en zonas públicas, en especial en zonas donde las helmintiasis son endémicas.

En el centralismo y descentralismo se sugiere generar en ciertas zonas rurales plantas de tratamiento viables, que generen producción a las necesidades locales. El caso de la agricultura sería un muy buen ejemplo de reutilización, ya que no solo se emplearía las aguas para riego sino también los lodos tratados. A pesar de ser buena la idea, es fundamental volverla viable, debido a que se debe adecuar la tecnología y el costo de mantenimiento de la misma con respecto al cobro anual de los pobladores. Un ejemplo práctico de la reutilización del agua residual para la agricultura la tenemos en Manchay. La planta de tratamiento instalada allí es una de las más modernas y además de ayudar a darles mejor calidad de vida a los pobladores, es vital su reutilización en la agricultura. Esta planta de tratamiento de lodos activados sirve para irrigar 1000 acres de tierra de cultivo al día. A pesar de no ser un referente exacto de la descentralización, por el tamaño de la planta, la idea y la iniciativa generan un buen enfoque a un cambio (Arqhis Arquitectura, 2012).

Las áreas verdes dentro de las zonas urbanas, determinan la calidad y educación de los pobladores con respecto a sus espacios comunes. Distritos como San Borja o San Isidro, en Lima, ponen bastante importancia por el cuidado y mantenimiento de sus parques, debido a que genera un contraste paisajista entre lo natural y las estructuras de concreto. En Lima, con respecto

al riego actual muchas municipalidades contratan cisternas para regar, otras más proyectadas generan sus pequeñas plantas de tratamiento cerca del río para reutilizar esta agua y finalmente en las casas se riega con agua potable. El riego de áreas públicas verdes con agua potable está prohibido por Sedapal dentro del “Reglamento para la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario de Sedapal” (Publicado en el Diario Oficial El Peruano: 30 de Agosto de 1996). En el acápite 12.3 de RIEGO DE PARQUES Y JARDINES se señala:

El riego de parques, bermas y otras áreas verdes públicas no se efectúa con agua potable. De no haber otra alternativa de riego, SEDAPAL puede brindar el servicio a medidor siempre que se suscriba un Contrato de Suministro con el Municipio, y bajo las siguientes condiciones:

- a.- Que el área sea de servicio público.*
- b.- Que el proyecto de instalaciones para el uso del servicio sea aprobado por la Empresa.*
- c.- Que el riego se efectué en los horarios que SEDAPAL establece.*
- d.- Que el municipio respectivo, se comprometa al uso de elementos que permita un riego racional.*

En la reutilización de aguas residuales se encuentra un problema en el Perú, ya que no existe un ECA que defina la reutilización en riego de parques y jardines. Por este motivo se tomará en cuenta los estándares del OMS, en la categoría A. Se tiene que considerar que el OMS sugiere tener mayor cuidado en el agua residual tratada para uso de riego en zonas de contacto humano, que en uso agrícola. Se recomienda tratar el agua residual hasta tener un nivel de coliformes fecales $\leq 1\ 000$ por 100 ml.

2.9. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo

en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines de comprensión han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. A continuación se describe las consideraciones que caracteriza cada nivel.

A. PRETRATAMIENTO O TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos.

B. TRATAMIENTO PRIMARIO

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un buen sistema de tratamiento primario. Por ejemplo en la ciudad de Ayacucho se han instalado 6 unidades de tanque Imhoff como parte del sistema de tratamiento. También se emplea tanques de sedimentación primaria, tanques de flotación y lagunas primarias en

sistemas de lagunas de estabilización.

Una reciente investigación en Brasil ha encontrado al Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA o también conocido como UASB por sus siglas en inglés) como un sistema que puede ser promovido como unidad primaria de tratamiento. Aunque esto desvirtúa el concepto tradicional del tratamiento UASB, que ha sido considerado de nivel secundario, su inclusión en los procesos de tratamiento como unidad primaria ha tenido resultados positivos, coincidiendo con el enfoque de ecoeficiencia sobre la mejora en la eficiencia de los procesos.

C. TRATAMIENTO SECUNDARIO.

El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO. Los sistemas más empleados son:

- Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos.
- Lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y los de aireación extendida.
- Lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas.

D. TRATAMIENTO TERCIARIO.

La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas. El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo.

Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutrofización o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas. El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros.

CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y PLANTA DE TRATAMIENTO SELECCIONADA

3.1. ESQUEMA DE TRATAMIENTO:

Inicialmente se han desarrollado tres variaciones de tratamiento con el propósito de lograr diferentes condiciones: a) lodos activados convencionales (flujo pistón), b) lodos activados con aireación extendida y c) lodos activados de flujo intermitente. Luego del análisis, se consideró que la alternativa más conveniente era el de aeración extendida. Los criterios de diseño aplicados en el diseño de los procesos y operaciones unitarias de esta última alternativa se analizan a continuación.

3.2. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS.

El tratamiento de lodos activados es también llamado tratamiento de fangos activados, fue seleccionado por los profesores investigadores del Instituto de Agroindustrias e Hidrología, debido a que estos tratamientos presentan periodos cortos de estabilización, mayores eficiencias de remoción de contaminantes (medida DQO) y porque no requieren grandes extensiones de terreno para su construcción.

Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Andern y Lockett, llamado así porque suponía la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia. En la actualidad se utilizan muchas versiones del proceso original, pero todas ellas son fundamentalmente iguales (Metcalf y Eddy, 2003).

3.3. PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

Este es un proceso biológico de contacto, en el que los organismos vivos aerobios y los sólidos orgánicos de las aguas residuales, se mezclan íntimamente en un medio ambiente favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos. El agua residual afluyente y el lodo activado son íntimamente mezclados, agitados y aireados (en unidades llamadas tanques

de aireación), para luego ser separados del agua residual (por sedimentación en decantadores). Como el medio ambiente está formado por las mismas aguas residuales, la eficacia del proceso depende de que se mantenga continuamente oxígeno disuelto en las aguas residuales durante todo el tratamiento. El oxígeno puede suplirse por absorción forzada de la atmósfera o por inyección de aire en el medio líquido (Monroy, 2010).

En el tanque de aireación, también denominado reactor aerobio, se encuentra una población bacteriana destinada a procesar este nutriente. Esa población de microorganismos (masa biológica) es generada y mantenida en niveles compatibles con el alimento introducido. Se cuantifica esta masa biológica a través de los sólidos en suspensión volátiles (SSV) registrados en la mezcla formada en el tanque de aireación.

Los lodos activados están formados por flóculos parduscos que consisten, principalmente, en materia orgánica procedente de las aguas residuales, poblados por miríadas de bacterias y otras formas de vida biológica. Estos lodos activados, con sus organismos vivos, tienen la propiedad de absorber o de adsorber la materia orgánica coloidal y disuelta, incluyendo el amoníaco de las aguas residuales con lo que disminuye la cantidad de sólidos suspendidos.

Los organismos biológicos utilizan como alimento al material absorbido convirtiéndolo en sólidos insolubles no putrescibles. Casi toda esta transformación es un proceso que se verifica gradualmente. Algunas bacterias atacan las sustancias complejas originales, produciendo como desechos compuestos más simples. Otras bacterias usan estos desechos, produciendo compuestos aún más simples, continuando así el proceso hasta que los productos finales de desecho no puedan ya ser usados como alimento por las bacterias.

Los lodos activados deben de mantenerse en suspensión durante su período de contacto con las aguas residuales a tratar, mediante algún método de agitación. Por lo tanto, el proceso de lodos activados consta de las siguientes etapas:

- 1) Mezclado de los lodos activados con las aguas residuales que se van a tratar.
- 2) Aireación y agitación de este licor mezclado durante el tiempo que sea necesario.
- 3) Separación de los lodos activados, del licor mezclado.
- 4) Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados, para mezclarlos con las aguas residuales.
- 5) Disposición del exceso de lodos activados.

Se han desarrollado diversas variaciones para llevar a cabo los pasos anteriores, con el propósito de lograr diferentes condiciones. Esto ha dado origen a que se use el término “método convencional de lodos activados” para distinguir el proceso original, asignando nombres específicos a las variaciones del proceso original. Las variantes más comunes de los sistemas de lodos activados, son:

- a) Lodos activados convencionales (Flujo en pistón)
- b) Lodos activados con aireación extendida
- c) Lodos activados de flujo intermitente

A. SISTEMA CONVENCIONAL DE LODOS ACTIVADOS

Este proceso incorpora un tratamiento primario seguido por aeración y sedimentación final. El efluente de los clarificadores primarios se mezcla con el lodo que contiene microorganismos activos; luego, la mezcla es aireada en un reactor por un período de tiempo que fluctúa entre 0,5 y 24 horas. Luego de

haber transcurrido un tiempo suficiente para que se completen las reacciones biológicas deseadas, la mezcla es transportada a un estanque de sedimentación o clarificador, para permitir la separación por gravedad de los sólidos suspendidos. El líquido tratado es normalmente sujeto a desinfección para eliminar las bacterias que sobreviven la aeración y las etapas de clarificación.

Los sólidos sedimentados son recirculados al reactor de aeración para mantener una concentración apropiada de microorganismos. Sin embargo, una parte de los sólidos activados son desechados con el fin de mantener el equilibrio del proceso. Casi todas las plantas de lodos activados cuentan con medios de desagüe, tratamiento y eliminación del lodo de desecho.

Un aspecto muy importante en el diseño de una planta convencional de lodos activados, es el tener un sistema efectivo de aeración que permita altas tasas de transferencia de oxígeno.

También, es importante el diseño detallado de los clarificadores finales para lograr un máximo de eliminación de sólidos. Diseñada y operada adecuadamente una planta convencional de lodos activados puede eliminar hasta el 90% de la DBO_5 del agua residual cruda.

Las desventajas del proceso convencional de lodos activados incluyen la necesidad de equipos de aeración y alimentación química, el uso de operaciones complejas, así como, la necesidad de eliminar grandes cantidades de exceso de lodos. Así mismo, se emplean químicos para desinfección, para ayudar al desagüe y para estabilización de los lodos de

desecho. La necesidad de adquirir, almacenar y manipular químicos, es una desventaja que se aplica a todos los procesos relacionados a lodos activados.

En la Figura 3, se observa la representación esquemática típica de un proceso de lodos activados. El modelo es conservador y se aplica para cualquiera de las diferentes modalidades bajo las cuales puede operar este sistema.

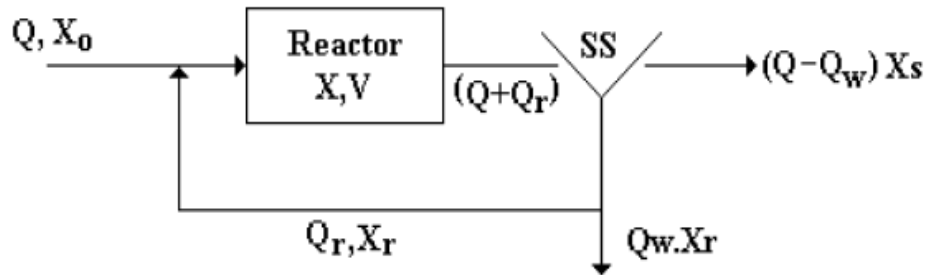


Figura 6: Esquema general de un proceso de lodos.

donde:

- Q: Caudal del sistema. (l/d)
- Qr: Caudal de reciclo en el sistema. (l/d)
- Qw: Caudal de purga del sistema. (l/d)
- Xo: Concentración de DBO en el afluente. (mg/l)
- Xs: Concentración de DBO en el efluente. (mg/l)
- Xr: Concentración de DBO en el reciclo. (mg/l)
- X: Concentración de sólidos suspendidos en el licor de mezcla. (mg/l)
- V: Volumen del tanque de aireación. (m³)
- SS: Sedimentador secundario del sistema.

B. SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS CON AIREACION EXTENDIDA

Similar al proceso de lodos activados convencional, excepto que el afluente del estanque de aeración es alimentado en dos o más puntos en el trayecto del flujo. Este método proporciona

una tasa de asimilación de oxígeno más balanceada comparado con el sistema convencional en que los requerimientos de oxígeno van disminuyendo de una tasa muy alta al comienzo del trayecto de la corriente. Las plantas de aeración por etapas ofrecen una mayor capacidad de sintonización, permitiendo ajustes en las tasas de cargado de sólidos y concentraciones de los lodos de recirculación. Las desventajas de las plantas de aeración por etapas son esencialmente las mismas que para las plantas convencionales, requiriendo un nivel ligeramente más alto de entrenamiento por parte del operador (Espinoza, 2010).

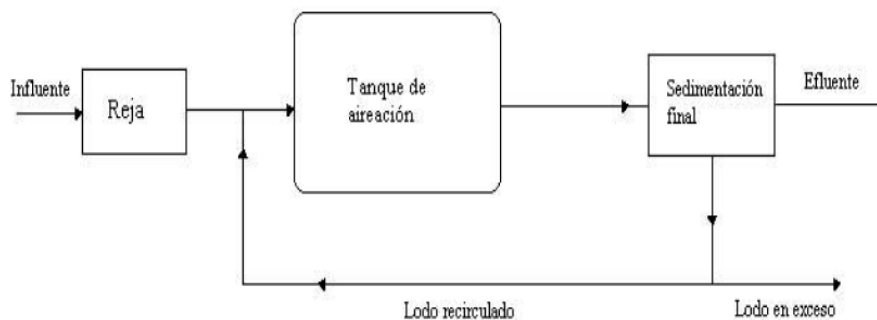


Figura 7: Esquema general del proceso con aireación extendida.

C. SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS DE FLUJO INTERMITENTE (SBR).

El reactor secuencial por tandas (Sequencing Batch Reactor, SBR) es un sistema de lodos activados para tratamiento del agua residual que utiliza ciclos de llenado y descarga. En este sistema el agua residual entra en una tanda a un reactor único, recibe tratamiento para remover componentes indeseables y luego se descarga. La homogenización de caudales, la aireación y la sedimentación se logran en ese reactor único. Para optimizar el desempeño del sistema, se utilizan dos o más

reactores en una secuencia de operación predeterminada. Los sistemas SBR han sido utilizados con éxito para tratar aguas residuales tanto municipales como industriales. Estos sistemas son especialmente efectivos para aplicaciones de tratamiento de agua residual caracterizadas por caudales reducidos o intermitentes (EPA, 1999).

Los procesos de llenado y descarga por tandas, similares a los de reactores SBR no son un desarrollo reciente como se cree comúnmente. El interés en los SBR se revivió a finales de la década de 1950 e inicios de la década de 1960 con el desarrollo de nuevos equipos y tecnología. Las mejoras de los sistemas de aireación y de controles permitieron que los SBR compitieran con éxito con los sistemas convencionales de lodos activados (EPA, 1999).

Los procesos unitarios de los SBR y los sistemas convencionales de lodos activados son iguales. Un informe de la EPA de 1993 resumió esto al indicar que “los SBR son simplemente sistemas de lodos activados que operan en el tiempo en lugar del espacio”. La diferencia entre las dos tecnologías es que los SBR logran la homogenización de caudales, el tratamiento biológico y la sedimentación secundaria en un tanque único usando una secuencia de tiempo controlada. Este tipo de reactor realiza también, en algunos casos, la sedimentación secundaria. En un sistema convencional de lodos activados estos procesos serían realizados en tanques separados.

3.4. VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

La composición de las corrientes presentes en el proceso de lodos activos está caracterizada por cuatro tipos de concentraciones, expresadas todas en mg/L.

A. Concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble y coloidalmente dispersa (DBO).

La DBO soluble está formada principalmente por compuestos orgánicos en disolución que están coloidalmente dispersos. Representa el consumo de oxígeno producto de la oxidación biológica que se presenta en el reactor. La DBO insoluble es separada mediante la sedimentación en clarificadores primarios y secundarios. El reactor aireado plantea la hipótesis de reactor de mezcla completa. Para efectos de la presente memoria, la DBO será expresada como DQO debido a que se cuenta con metodologías rápidas para la estimación de esta y a que presenta ventajas sobre los otros métodos pues provee un nexo entre los electrones equivalentes en el sustrato orgánico, la biomasa y el oxígeno utilizado.

B. Concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Se define como la cantidad de oxígeno consumido durante la oxidación química del material oxidable en condiciones de ensayo. Es prácticamente imposible que el valor de la DBO pueda superar al de la DQO. Se puede establecer que $DBO/DQO = \frac{1}{2}$ denota un grado satisfactorio de biodegradabilidad. Una relación DBO/DQO inferior a $\frac{1}{2}$, permite sospechar la presencia de sustancias tóxicas que retardan o

inhiben la biodegradabilidad (metales pesados, cianuros, cloro, etc.) aún en presencia de sustancias orgánicas resistentes a la descomposición biológica.

C. Concentración de Sólidos Volátiles en Suspensión (VSS).

Corresponden a los lodos biológicos, que están constituidos por diferentes poblaciones de microorganismos, la mayoría de los cuales son microorganismos heterótrofos. El término volátil indica que estos sólidos son incinerados casi en su totalidad al ser expuestos a temperatura de 600 °C en condiciones de estufa en laboratorio. Los remanentes de este proceso son los sólidos en suspensión no volátiles cuya naturaleza es distinta a la de los lodos biológicos.

D. Concentración de Sólidos no Volátiles en Suspensión (NVSS)

Hace referencia a la no volatilidad de los sólidos de la suspensión.

3.5. PARAMETROS DE DISEÑO PARA EL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.

El esquema de parámetros necesarios para el diseño se puede entender fácilmente suponiendo que es un reactor de mezcla completa. El tiempo de aireación, la carga volumétrica o carga de DBO por unidad de volumen, sólidos suspendidos de licor mezclado, la relación alimento/microorganismos (F/M) y el tiempo promedio de retención celular son los parámetros más usados en el diseño de lodos activados. (Sanitaire, 2001)

A. Tiempo de aireación.

Es función de la concentración de DBO del afluente y del volumen del tanque de aireación.

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

Donde:

θ = Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación, días

V = Volumen del tanque de aireación, m³

Q = Caudal del afluente, m³/d

B. Relación alimento/microorganismos.

Es una forma de expresar la carga de DBO por unidad de masa microbiana en el sistema.

$$\frac{F}{M} = \frac{Q \cdot S_o}{V \cdot X}$$

Donde:

F/M = Relación alimento/microorganismos (gDBO/gSSVLM.d)

X = SSVLM, concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, mg/L

En la mayoría de aguas residuales domésticas, el valor óptimo de la relación F/M se encuentra entre 0,05 y 0,3. En este rango el lodo tiene buenas características de sedimentabilidad, es floculento. Si la relación es menor que 0,05 indica que la cantidad de alimento (sustrato) es insuficiente para mantener el crecimiento de los microorganismos, por lo tanto el sistema se mantendrá en respiración endógena, en donde el lodo generado tiene baja decantación. Por otro lado si la relación es mayor a 0,3 existe el riesgo de un desarrollo predominante de microorganismos filamentosos, que permanecen suspendidos formando un lodo difuso o bulking (Metcalf y Eddy, 1995).

C. Edad del lodo.

La edad del lodo representa el tiempo medio que una partícula de SSV permanece bajo aireación. Se le conoce también como tiempo medio de retención celular, es un parámetro de diseño y operación propio de los procesos de lodos activados. Que resulta de la relación de la masa de SSVLM, dividido por la masa de SSV purgada del sistema por día. El parámetro normalmente se expresa en días (Ramalho, 1993).

$$\theta_c = \frac{V \cdot X}{Q_w \cdot X_r + Q_e \cdot X_e}$$

Donde:

θ_c = Edad del lodo, d

Q_w = Caudal del lodo dispuesto, m³/d

X_r = Concentración de SSV en el lodo dispuesto, mg/L

Q_e = Caudal efluente tratado, m³/d

X_e = Concentración de SSV en el efluente tratado, mg/L

D. Sólidos suspendidos volátiles de licor mezclado (SSVLM).

Representan la fracción orgánica de los sólidos suspendidos, es decir la componente de la biomasa. La concentración de SSVLM puede variar en un rango que va desde 1 500 a 5 000 mg/L de acuerdo a las necesidades de tratamiento.

E. Índice volumétrico de lodos (IVL)

Corresponde al volumen (en mililitros) ocupados por un gramo de sólidos en suspensión totales de licor de mezcla, expresados en peso seco, después de sedimentar durante 30 minutos en una probeta graduada de 1000 ml. Los valores de IVL típicos con buenas características de sedimentabilidad, con concentraciones entre 800 y 3 500 mg SSVLM /L están entre 35 y 150 ml/g (Ramalho, 1993). Los

valores superiores a 150 se asocian en general con el crecimiento de bacterias filamentosas.

F. Carga volumétrica.

Se expresa usualmente en gramos aplicados por metro cúbico de volumen de licor en el tanque de aireación tal como indica la siguiente ecuación:

$$COV = \frac{Q \cdot S_o}{V}$$

Donde:

COV = carga orgánica volumétrica, gDBO/m³.d

So = Sustrato de entrada, g DBO

Tabla 9:

Parámetros de diseño para propuestas de lodos activados.

Tipo de proceso	Tiempo de retención, h	Edad de lodos, días	SSLT, mg/L	Retorno (fracción)	F/M, kgDBO ₅ /kgSSVLM.d	Carga volumétrica, kgDBO ₅ /m ³ .d
Convencional	4 – 8	5 – 15	1 500 – 3 000	0,25 – 0,5	0,2 – 0,4	0,3 – 0,6
Completamente mezclado	4 – 8	5 – 15	2 500 – 4 500	0,25 – 1,0	0,2 – 0,6	0,8 – 2,0
Aireación escalonada	3 – 5	5 – 15	2 000 – 3 500	0,25 – 0,7	0,2 – 0,4	0,6 – 1,0
Aireación extendida	15 – 36	20 – 30	3 000 – 6 000	0,75 – 1,5	0,05 – 0,15	0,1 – 0,4

Nota. Adaptado de epsel.

3.6. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA RESIDUAL DE ENTRADA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS.

Un agua residual típica usualmente contiene un 99,95% en peso de agua; el remanente, 0,05 %, a pesar de ser poco como porcentaje, podrá producir gran daño si no es tratada adecuadamente. Las aguas residuales urbanas contienen una gran cantidad de materia orgánica y un elevado número de microorganismos, muchos de las cuales pueden producir enfermedades, si ella no es tratada a tiempo se descompondrá, produciendo malos olores y gases dañinos. Si se descarga a un cuerpo de agua sin un tratamiento previo, este último se contaminará pudiendo producir la muerte de plantas acuáticas y peces, generándose un problema público.

A continuación de muestra valores históricos de los principales parámetros de las aguas residuales urbanas de la ciudad de Chiclayo.

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION AÑO 2015-2016

Tabla 10:

Parámetros fisicoquímicos enero 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	ENERO 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUROS mg/L	CONDUCT us/cm	DBO5T mg/L	DBO5S mg/L	S.S.T ml/L/hr	Col.Total NMP/100ml	Col.Termot NMP/100ml
Desagüe crudo	7.85	25.0	128.45	1225	275.52	-	2.50	2.8E+07	2.8E+07
Efluente	8.19	25.0	130.00	1366	-	110.25	0.10	1.2E+05	1.2E+05
Desagüe crudo	7.77	25.0	128.50	1232	240.00	-	2.00	2.4E+07	2.4E+07
A1	8.14	25.0	118.60	1358	-	-	0.05	2.1E+06	2.1E+06
A2	8.12	25.0	118.98	1370	-	-	0.10	1.7E+06	1.7E+06
A3	7.95	25.0	110.25	1365	-	-	0.10	1.1E+06	1.1E+06
A4	7.99	25.0	128.45	1592	-	-	0.05	1.3E+06	1.3E+06
A5	7.82	25.0	110.36	1350	-	-	0.10	1.2E+06	1.2E+06
F1	8.36	25.0	119.58	1318	-	-	0.10	2.0E+05	2.0E+05
F2	8.34	25.0	119.12	1325	-	-	0.05	2.2E+05	2.2E+05
F3	8.32	25.0	128.63	1355	-	-	0.10	1.3E+05	1.3E+05
F4	8.44	25.0	119.22	1371	-	-	0.05	1.1E+05	1.1E+05
F6	8.21	25.0	128.99	1425	-	-	-	2.1E+05	2.1E+05
Efluente	8.25	25.0	128.74	1328	-	110.00	0.05	2.8E+05	2.8E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 11:

Parámetros fisicoquímicos febrero 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	FEBRERO 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLORUROS mg/L	CONDUCT us/cm	DBO5T mg/L	DBO5S mg/L	S.S.T ml/L/hr	Col.Total NMP/100ml	Col.Termot NMP/100ml
Desagüe crudo	7.90	25.0	130.00	1340	260.00	-	2.10	5.4E+07	5.4E+07
Efluente	8.10	25.0	121.45	1309	-	110.00	0.05	2.0E+05	2.0E+05
Desagüe crudo	7.70	25.0	132.54	1238	260.00	-	2.20	5.4E+07	5.4E+07
A1	7.98	25.0	121.56	1210	-	-	0.50	2.2E+06	2.2E+06
A2	8.10	25.0	119.56	1200	-	-	0.10	2.8E+06	2.8E+06
A3	8.00	25.0	121.36	1225	-	-	0.10	2.2E+06	2.2E+06
A4	7.89	25.0	125.89	1435	-	-	0.10	1.7E+06	1.7E+06
A5	8.00	25.0	116.45	1182	-	-	0.10	2.4E+06	2.4E+06
F1	8.16	25.0	119.50	1206	-	-	0.05	1.1E+06	1.1E+06
F2	8.24	25.0	119.50	1208	-	-	0.05	4.2E+05	4.2E+05
F3	8.30	25.0	124.56	1229	-	-	0.02	3.2E+05	3.2E+05
F4	8.34	25.0	118.45	1210	-	-	0.02	2.1E+05	2.1E+05
F6	8.20	25.0	116.75	1192	-	-	0.01	1.7E+05	1.7E+05
Efluente	8.30	25.0	111.48	1110	-	100.00	0.01	2.0E+05	2.0E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 12:

Parámetros fisicoquímicos de marzo 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	MARZO 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUROS mg/L	CONDUCT us/cm	DBO5T mg/L	DBO5S mg/L	S.S.T ml/L/hr	Col.Total NMP/100ml	Col.Termot NMP/100ml
Desagüe crudo	8.00	25.0	144.96	1325	400.00	-	6.00	3.5E+07	3.5E+07
Efluente	8.40	25.0	104.97	1286	-	140.00	0.10	1.7E+05	1.7E+05
Desagüe crudo	7.89	25.0	135.54	1225	280.00	-	2.00	3.5E+07	3.5E+07
A1	7.98	25.0	120.58	1200	-	-	0.60	5.4E+06	5.4E+06
A2	8.05	25.0	118.26	1189	-	-	0.10	2.0E+06	2.0E+06
A3	8.00	25.0	121.25	1210	-	-	0.10	2.2E+06	2.2E+06
A4	8.05	25.0	117.48	1185	-	-	0.10	1.7E+06	1.7E+06
A5	8.15	25.0	115.82	1176	-	-	0.10	2.8E+05	2.8E+05
F1	8.20	25.0	116.52	1185	-	-	0.05	2.1E+05	2.1E+05
F2	8.25	25.0	120.50	1208	-	-	0.01	1.4E+05	1.4E+05
F3	8.29	25.0	115.82	1178	-	-	0.01	7.0E+05	7.0E+05
F4	8.30	25.0	113.28	1125	-	-	0.01	2.0E+05	2.0E+05
F6	8.30	25.0	110.45	1119	-	90.00	0.01	1.1E+05	1.1E+05
Efluente	8.25	25.0	128.74	1328	-	110.00	0.05	2.8E+05	2.8E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 13:

Parámetros fisicoquímicos abril 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	ABRIL 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUROS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.86	25.0	131.25	1230	280.00	-	2.40	3.5E+07	3.5E+07
Efluente	8.21	25.0	119.55	1115	-	100.00	0.05	1.1E+04	1.1E+04
Desagüe crudo	7.79	25.0	130.25	1242	260.00	-	2.30	5.4E+07	5.4E+07
A1	8.10	25.0	119.62	1125	-	-	0.50	2.2E+06	2.2E+06
A2	8.05	25.0	118.00	1120	-	-	0.10	1.7E+06	1.7E+06
A3	8.00	25.0	116.42	1123	-	-	0.10	2.4E+06	2.4E+06
A4	7.89	25.0	118.26	1132	-	-	0.05	2.2E+06	2.2E+06
A5	7.80	25.0	112.60	1105	-	-	0.05	4.9E+06	4.9E+06
F1	8.24	25.0	117.56	1138	-	-	0.10	2.4E+05	2.4E+05
F2	8.16	25.0	116.00	1126	-	-	0.10	1.3E+05	1.3E+05
F3	8.30	25.0	120.45	1160	-	-	0.05	1.1E+05	1.1E+05
F4	8.21	25.0	118.15	1130	-	-	0.05	1.3E+05	1.3E+05
F6	8.20	25.0	117.68	1123	-	-	0.05	2.1E+05	2.1E+05
Efluente	8.23	25.0	116.70	1110	-	110.00	0.01	7.0E+05	7.0E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 14:

Parámetros fisicoquímicos mayo 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	MAYO 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUROS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.86	25.0	131.58	1308	280.00	-	1.80	3.5E+07	3.5E+07
Efluente	8.12	25.0	112.50	1180	-	110.00	0.05	1.3E+05	1.3E+05
Desagüe crudo	7.80	25.0	130.48	1275	260.00	-	2.00	2.4E+07	2.4E+07
A1	7.86	25.0	122.50	1200	-	-	0.10	2.8E+06	2.8E+06
A2	8.00	25.0	120.85	1186	-	-	0.10	2.2E+06	2.2E+06
A3	8.02	25.0	116.58	1180	-	-	0.05	2.0E+06	2.0E+06
A5	7.98	25.0	110.78	1176	-	-	0.05	1.7E+06	1.7E+06
F1	8.05	25.0	110.20	1173	-	-	0.05	3.5E+05	3.5E+05
F2	8.15	25.0	111.75	1181	-	-	0.10	2.8E+05	2.8E+05
F3	8.19	25.0	111.80	1180	-	-	0.05	2.4E+05	2.4E+05
F4	8.24	25.0	110.08	1175	-	-	0.05	1.3E+05	1.3E+05
F6	8.29	25.0	110.42	1173	-	-	0.01	3.5E+07	3.5E+07
Efluente	8.25	25.0	110.00	1170	-	100.00	0.01	1.2E+05	1.2E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 15:

Parámetros fisicoquímicos junio 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	JUNIO 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLORUROS mg/L	CONDUCT us/cm	DBO5T mg/L	DBO5S mg/L	S.S.T ml/L/hr	Col.Total NMP/100ml	Col.Termot NMP/100ml
Desagüe crudo	7.89	25.0	154.95	1386	200.00	-	1.30	3.5E+07	3.5E+07
Efluente	8.10	25.0	144.96	1340	-	110.00	0.05	2.2E+05	2.2E+05
Desagüe crudo	7.86	25.0	155.49	1308	280.00	-	1.20	5.4E+07	5.4E+07
A1	7.85	25.0	132.15	1300	-	-	0.01	1.3E+06	1.3E+06
A2	7.90	25.0	122.15	1307	-	-	0.01	2.1E+06	2.1E+06
A3	8.00	25.0	118.90	1292	-	-	0.01	1.7E+06	1.7E+06
A5	7.98	25.0	115.52	1290	-	-	0.01	1.2E+06	1.2E+06
F1	8.02	25.0	112.48	1286	-	-	0.00	1.1E+05	1.1E+05
F2	8.06	25.0	110.00	1246	-	-	0.00	1.5E+05	1.5E+05
F3	8.04	25.0	110.15	1250	-	-	0.01	2.1E+05	2.1E+05
F4	8.15	25.0	110.68	1261	-	-	0.01	2.8E+05	2.8E+05
F6	8.16	25.0	111.05	1286	-	-	0.00	3.5E+05	3.5E+05
Efluente	8.20	25.0	111.00	1280	-	110.00	0.00	4.2E+05	4.2E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 16:

Parámetros fisicoquímicos julio 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	JULIO 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUROS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.82	25.0	144.96	1380	420.00	-	2.00	3.4E+07	3.4E+07
Efluente	8.09	25.0	104.97	1119	-	140.00	0.01	1.7E+05	1.7E+05
Desagüe crudo	7.79	25.0	152.69	1396	380.00	-	1.10	3.5E+07	3.5E+07
A1	7.85	25.0	140.68	1376	-	-	0.10	2.8E+06	2.8E+06
A2	7.88	25.0	144.63	1380	-	-	0.01	2.1E+06	2.1E+06
A3	7.92	25.0	136.80	1381	-	-	0.01	1.4E+06	1.4E+06
A5	7.90	25.0	132.97	1387	-	-	0.01	1.7E+06	1.7E+06
F1	7.86	25.0	112.58	1342	-	-	0.10	1.3E+05	1.3E+05
F2	7.96	25.0	110.61	1344	-	-	0.00	2.4E+05	2.4E+05
F3	8.05	25.0	110.82	1346	-	-	0.01	3.5E+05	3.5E+05
F4	7.98	25.0	111.42	1350	-	-	0.01	2.7E+05	2.7E+05
F6	8.00	25.0	110.63	1340	-	-	0.05	4.2E+05	4.2E+05
Efluente	8.06	25.0	110.97	1338	-	120.00	0.00	2.1E+05	2.1E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 17:

Parámetros fisicoquímicos agosto 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	AGOSTO 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUROS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.80	25.0	144.96	1349	420.00	-	5.00	5.4E+07	5.4E+07
Efluente	7.90	25.0	154.95	1294	-	270.00	0.00	3.1E+05	3.1E+05
Desagüe crudo	7.85	25.0	144.96	1368	280.00	-	4.00	2.4E+07	2.4E+07
A1	7.80	25.0	144.96	1365	-	-	0.00	1.7E+06	1.7E+06
A2	7.89	25.0	144.96	1360	-	-	0.00	2.8E+06	2.8E+06
A3	7.80	25.0	144.96	1362	-	-	0.00	1.1E+06	1.1E+06
A5	7.90	25.0	124.96	1321	-	-	0.00	2.4E+06	2.4E+06
F1	8.00	25.0	124.96	1320	-	-	0.00	3.5E+06	3.5E+06
F2	8.04	25.0	124.96	1324	-	-	0.00	2.2E+05	2.2E+05
F3	8.00	25.0	124.96	1326	-	-	0.00	1.7E+05	1.7E+05
F4	8.10	25.0	124.96	1320	-	-	0.00	2.4E+05	2.4E+05
F6	8.11	25.0	124.96	1322	-	-	0.00	3.5E+05	3.5E+05
Efluente	8.05	25.0	114.96	1306	-	110.00	0.05	2.4E+05	2.4E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 18:

Parámetros fisicoquímicos setiembre 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	SETIEMBRE 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUOS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.88	25.0	124.96	1220	280.00	-	2.00	5.4E+07	5.4E+07
Efluente	8.17	25.0	104.97	1360	-	150.00	0.00	2.4E+05	2.4E+05
Desagüe crudo	7.79	25.0	124.96	1230	220.00	-	3.40	3.5E+07	3.5E+07
A1	8.16	25.0	124.96	1355	-	-	0.20	2.4E+06	2.4E+06
A2	8.10	25.0	114.96	1371	-	-	0.20	2.8E+06	2.8E+06
A3	7.96	25.0	114.96	1366	-	-	0.20	2.2E+06	2.2E+06
A5	7.86	25.0	104.97	1354	-	-	0.10	1.7E+06	1.7E+06
F1	8.33	25.0	104.97	1323	-	-	0.10	2.4E+05	2.4E+05
F2	8.37	25.0	104.97	1329	-	-	0.10	2.8E+05	2.8E+05
F3	8.34	25.0	114.96	1354	-	-	0.10	2.2E+05	2.2E+05
F4	8.42	25.0	114.96	1376	-	-	0.10	1.4E+05	1.4E+05
F6	8.29	25.0	104.97	1430	-	-	0.20	2.1E+05	2.1E+05
Efluente	8.27	25.0	114.96	1326	-	120.00	0.10	2.4E+05	2.4E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 19:

Parámetros fisicoquímicos octubre 2015

PUNTOS DE MUESTREO	OCTUBRE 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUROS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.86	25.0	184.94	1298	262.35	-	3.10	3.5E+07	3.5E+07
Efluente	7.96	25.0	194.94	1356	-	116.30	0.20	9.2E+06	9.2E+06
Desagüe crudo	7.80	25.0	144.96	1068	390.00	-	2.50	3.5E+07	3.5E+07
A1	7.81	25.0	144.96	1070	-	-	0.10	2.8E+06	2.8E+06
A2	7.86	25.0	144.96	1085	-	-	0.00	3.1E+06	3.1E+06
A3	7.83	25.0	144.96	1064	-	-	0.10	3.5E+06	3.5E+06
A5	7.92	25.0	144.96	1076	-	-	0.10	3.1E+06	3.1E+06
F1	7.96	25.0	144.96	1085	-	-	0.20	2.8E+05	2.8E+05
F2	7.99	25.0	144.96	1069	-	-	0.00	2.4E+05	2.4E+05
F3	8.01	25.0	164.95	1162	-	-	0.80	2.1E+05	2.1E+05
F4	8.06	25.0	134.96	1023	-	-	0.10	1.7E+05	1.7E+05
F6	8.01	25.0	134.96	1020	-	-	0.00	1.4E+05	1.4E+05
Efluente	8.10	25.0	64.98	789	-	141.00	0.80	2.4E+05	2.4E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 20:

Parámetros fisicoquímicos noviembre 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	NOVIEMBRE 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLORUROS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.80	25.0	134.96	1214	316.80	-	3.60	5.3E+07	5.3E+07
Efluente	8.11	25.0	104.97	1180	-	141.10	0.20	2.2E+05	2.2E+05
Desagüe crudo	7.76	25.0	132.50	1232	320.00	-	2.80	3.4E+07	3.4E+07
A1	8.09	25.0	128.60	1215	-	-	0.20	2.5E+06	2.5E+06
A2	8.11	25.0	116.80	1220	-	-	0.20	2.7E+06	2.7E+06
A3	7.95	25.0	110.56	1232	-	-	0.10	2.3E+06	2.3E+06
A5	7.80	25.0	104.64	1215	-	-	0.10	1.8E+06	1.8E+06
F1	8.19	25.0	106.45	1222	-	-	0.10	2.3E+05	2.3E+05
F2	8.17	25.0	101.65	1210	-	-	0.10	2.7E+05	2.7E+05
F3	8.14	25.0	114.48	1216	-	-	0.10	2.4E+05	2.4E+05
F4	8.22	25.0	106.45	1213	-	-	0.10	1.5E+05	1.5E+05
F6	8.21	25.0	102.10	1210	-	-	0.20	2.3E+05	2.3E+05
Efluente	8.20	25.0	106.20	1216	-	110.00	0.10	2.4E+05	2.4E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 21:

Parámetros fisicoquímicos diciembre 2015.

PUNTOS DE MUESTREO	DICIEMBRE 2015								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUOS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.90	25.0	124.96	1205	260.00	-	5.00	5.4E+07	5.4E+07
Efluente	7.98	25.0	114.96	1335	-	110.00	0.10	2.0E+05	2.0E+05
Desagüe crudo	7.90	25.0	124.96	1234	240.00	-	2.00	2.4E+07	2.4E+07
A1	7.89	25.0	124.96	1326	-	-	0.00	2.8E+06	2.8E+06
A2	7.90	25.0	124.96	1355	-	-	0.10	3.1E+06	3.1E+06
A3	7.93	25.0	144.96	1363	-	-	0.10	1.1E+06	1.1E+06
A5	7.89	25.0	144.96	1345	-	-	0.10	3.1E+06	3.1E+06
F1	7.86	25.0	144.96	1316	-	-	0.20	2.8E+05	2.8E+05
F2	7.96	25.0	114.96	1322	-	-	0.10	2.4E+05	2.4E+05
F3	7.95	25.0	124.96	1347	-	-	0.10	2.1E+05	2.1E+05
F4	7.80	25.0	144.96	1370	-	-	0.20	1.7E+05	1.7E+05
Efluente	7.88	25.0	124.96	1330	-	100.00	0.10	2.4E+05	2.4E+05

Nota. Adaptado de epsel

Tabla 22:

Parámetros fisicoquímicos enero 2016.

PUNTOS DE MUESTREO	ENERO 2016								
	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS								
	PH	T°C	CLOURUOS	CONDUCT	DBO5T	DBO5S	S.S.T	Col.Total	Col.Termot
			mg/L	us/cm	mg/L	mg/L	ml/L/hr	NMP/100ml	NMP/100ml
Desagüe crudo	7.85	25.0	125.60	1211	250.00	-	3.50	3.5E+07	3.5E+07
Efluente	7.93	25.0	118.70	1330	-	120.00	0.10	1.7E+05	1.7E+05
Desagüe crudo	7.96	25.0	125.45	1239	250.00	-	2.00	2.4E+07	2.4E+07
A1	7.93	25.0	125.63	1328	-	-	0.10	2.6E+06	2.6E+06
A2	7.92	25.0	125.41	1365	-	-	0.10	2.8E+06	2.8E+06
A3	7.95	25.0	144.96	1369	-	-	0.10	1.2E+06	1.2E+06
A5	7.91	25.0	145.02	1347	-	-	0.20	3.5E+06	3.5E+06
F1	7.88	25.0	145.96	1326	-	-	0.10	1.7E+05	1.7E+05
F2	7.92	25.0	116.20	1330	-	-	0.10	2.2E+05	2.2E+05
F3	7.99	25.0	125.30	1349	-	-	0.10	1.7E+05	1.7E+05
F4	7.87	25.0	145.36	1375	-	-	1.10	1.7E+05	1.7E+05
F6	7.91	25.0	144.98	1339			0.10	2.1E+05	2.1E+05
Efluente	7.88	25.0	129.33	1335	-	90.00	0.10	2.4E+05	2.4E+05

Nota. Adaptado de epsel

POTENCIAL DE HIDROGENO

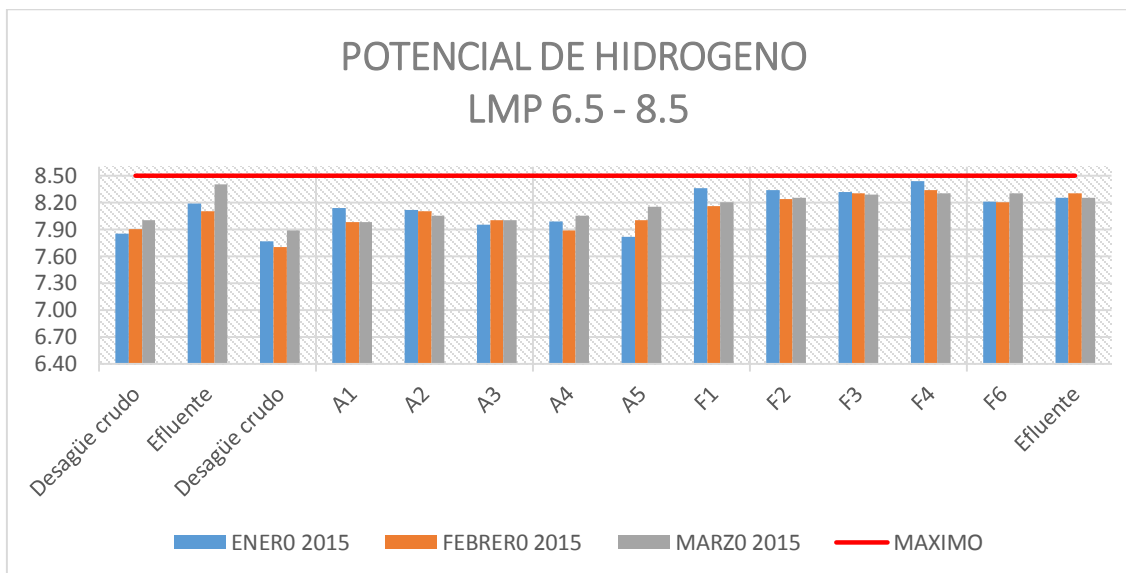


Figura 8: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de enero-marzo 2015.

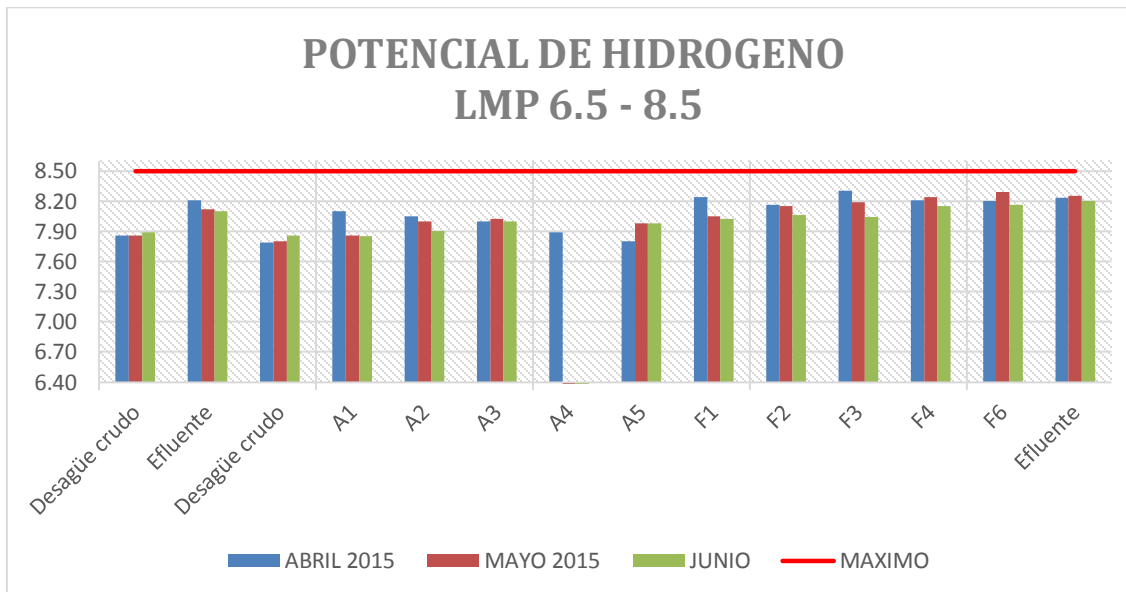


Figura 9: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de abril a junio del 2015

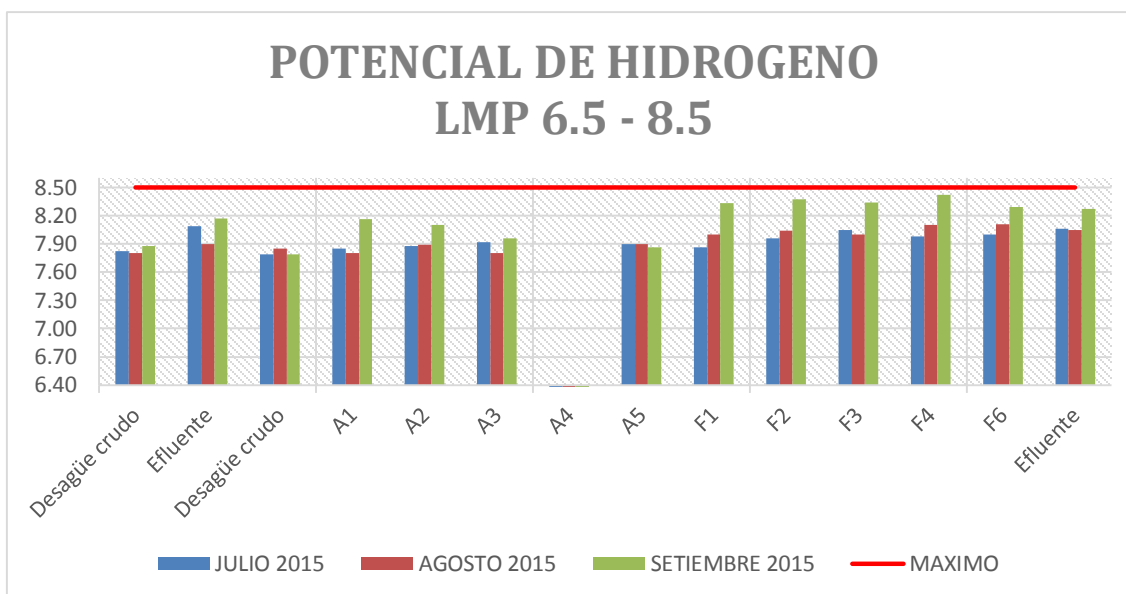


Figura 10: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de julio a setiembre del 2015.

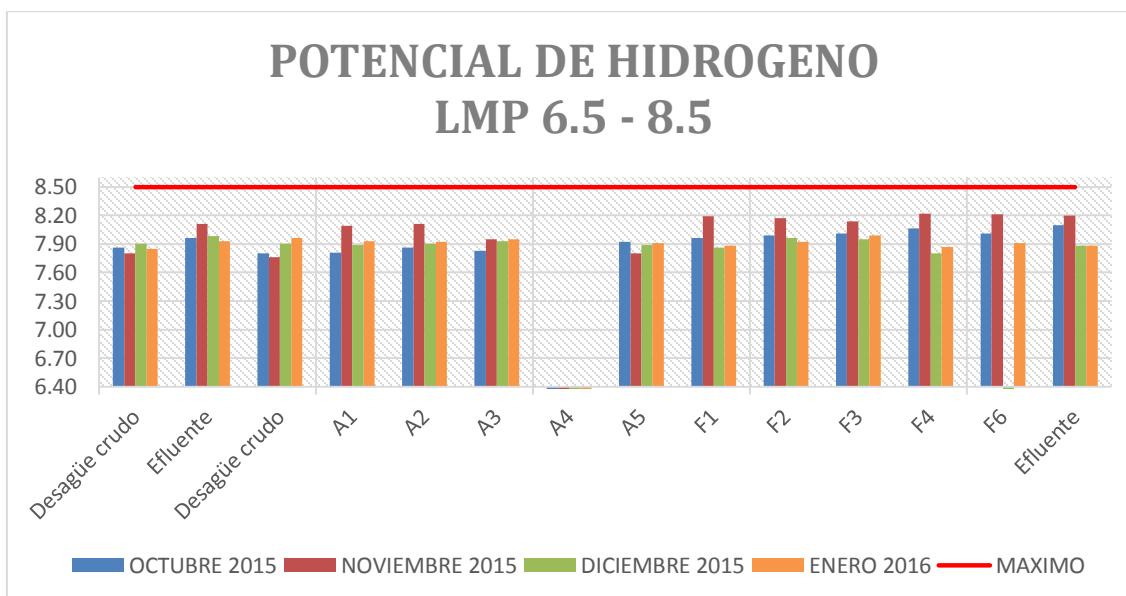


Figura 11: Potencial de hidrogeno de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de octubre del 2015 a enero del 2016.

Interpretación:

Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que el pH calculado de las muestras de aguas residuales de las pampas de San José está dentro de los límites permitidos establecidos por el D.S.

CLORUROS

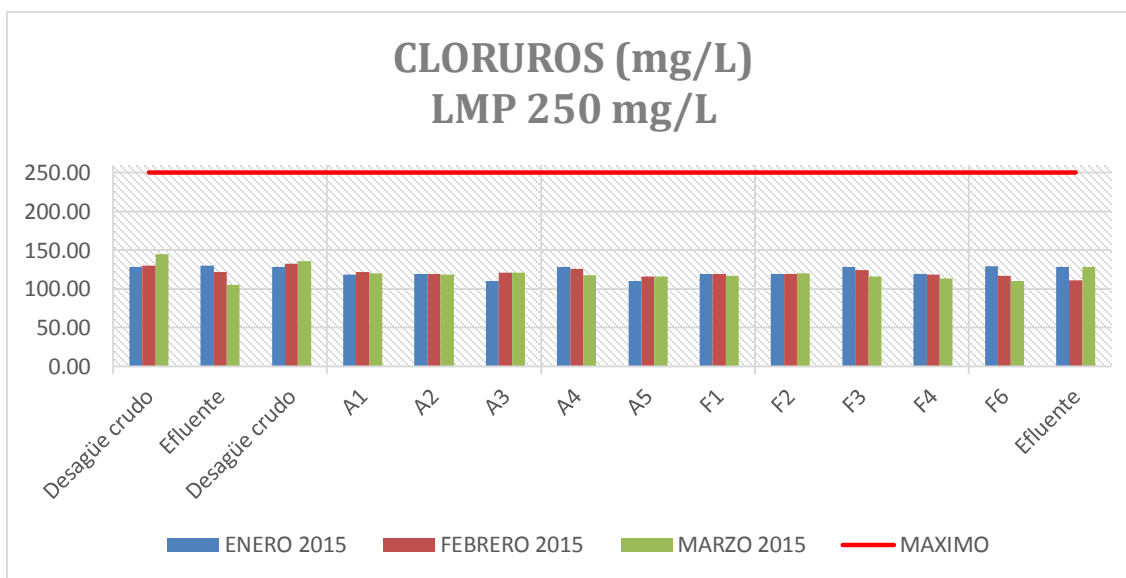


Figura 12: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de enero a marzo del 2015.

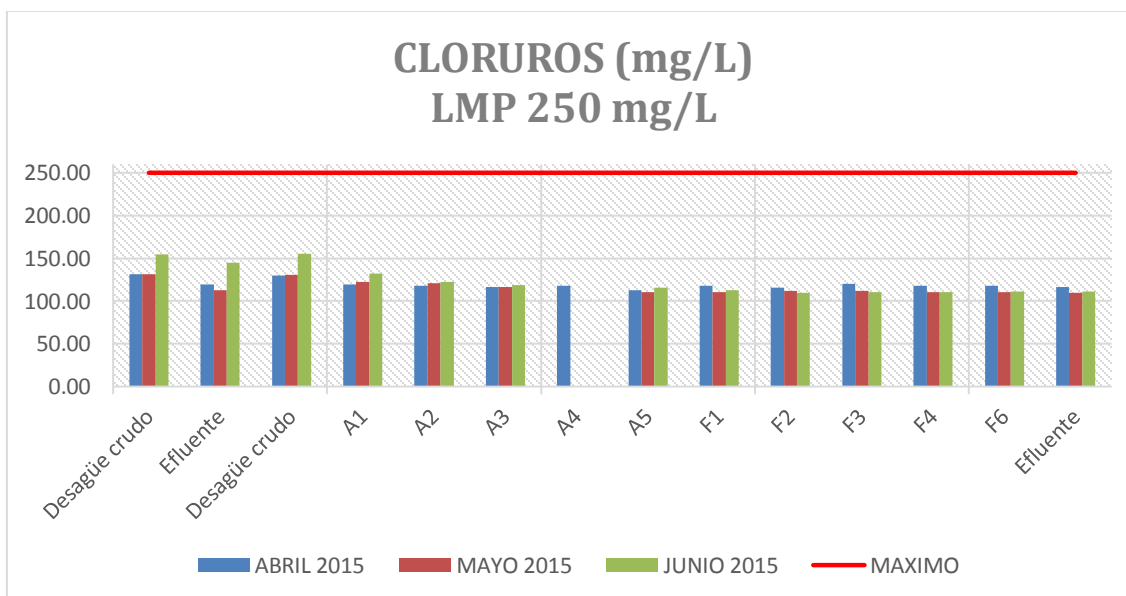


Figura 13: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de abril a junio del 2015.

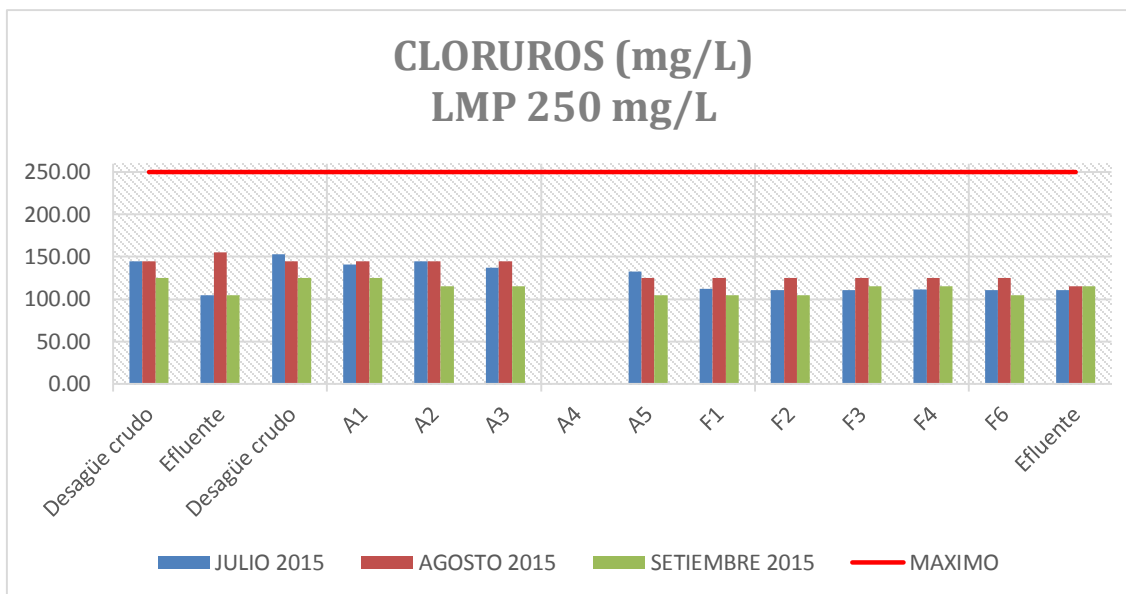


Figura 14: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de julio a setiembre del 2015

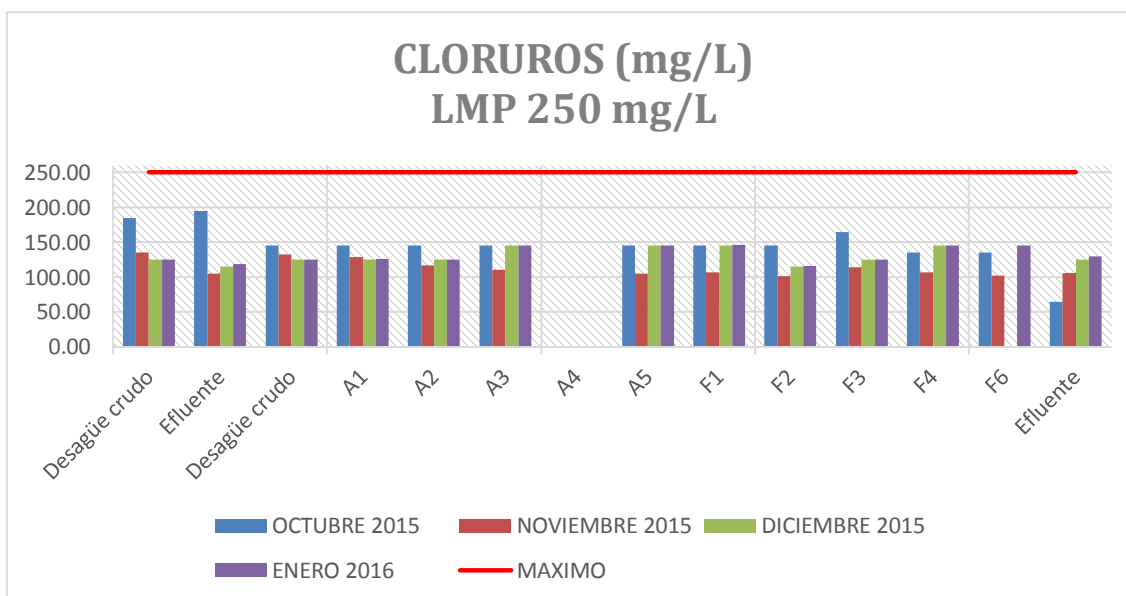


Figura 15: Cloruros de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de octubre del 2015 a enero del 2016.

Interpretación:

Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que los cloruros calculados de las muestras de aguas residuales de las pampas de San José están dentro de los límites permitidos establecidos por el

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO 5 TOTALES

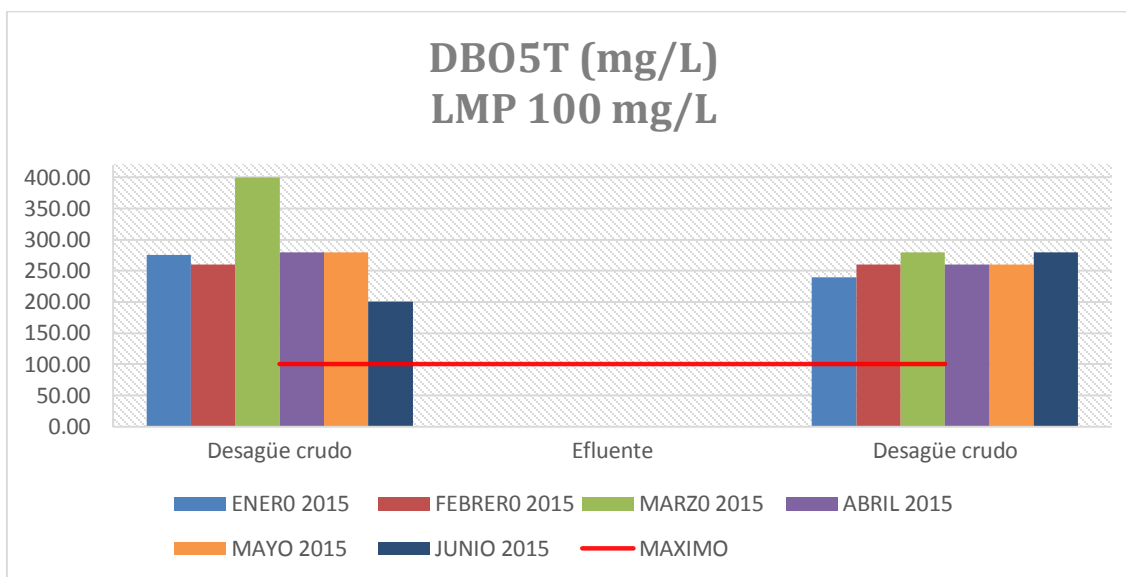


Figura 16: DBO₅T de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de enero a junio del 2015.

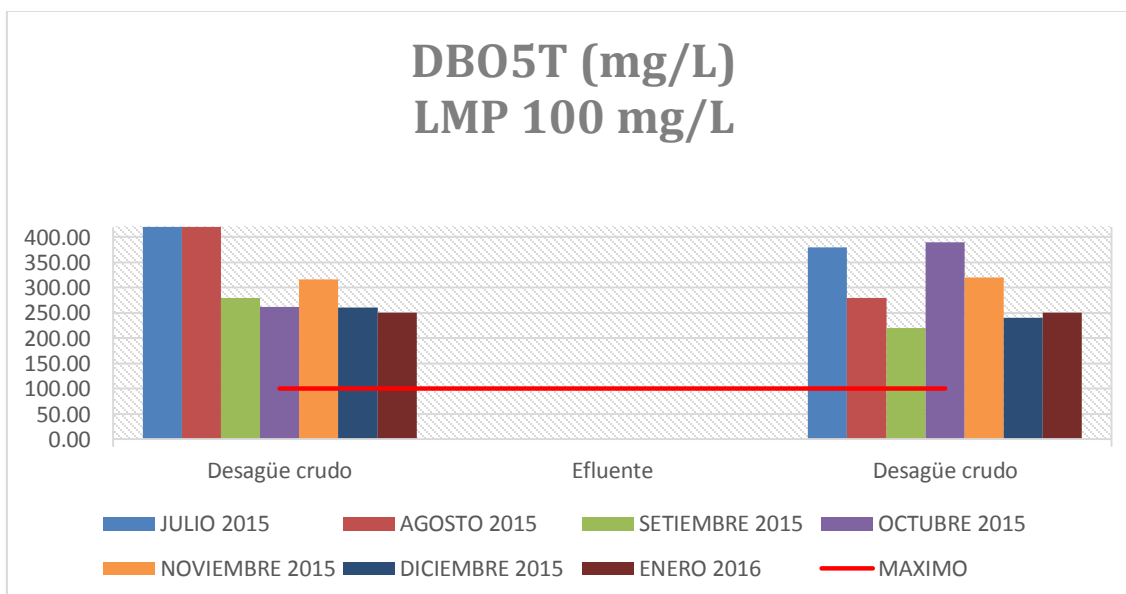


Figura 17: DBO₅T de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO del 2015 a ENERO del 2016.

Interpretación:

Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que el DBO5T calculados de las muestras de aguas residuales de las pampas de San José están fuera de los límites permitidos establecidos por el D.S. N° 003-2010 MINAM.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO 5S.

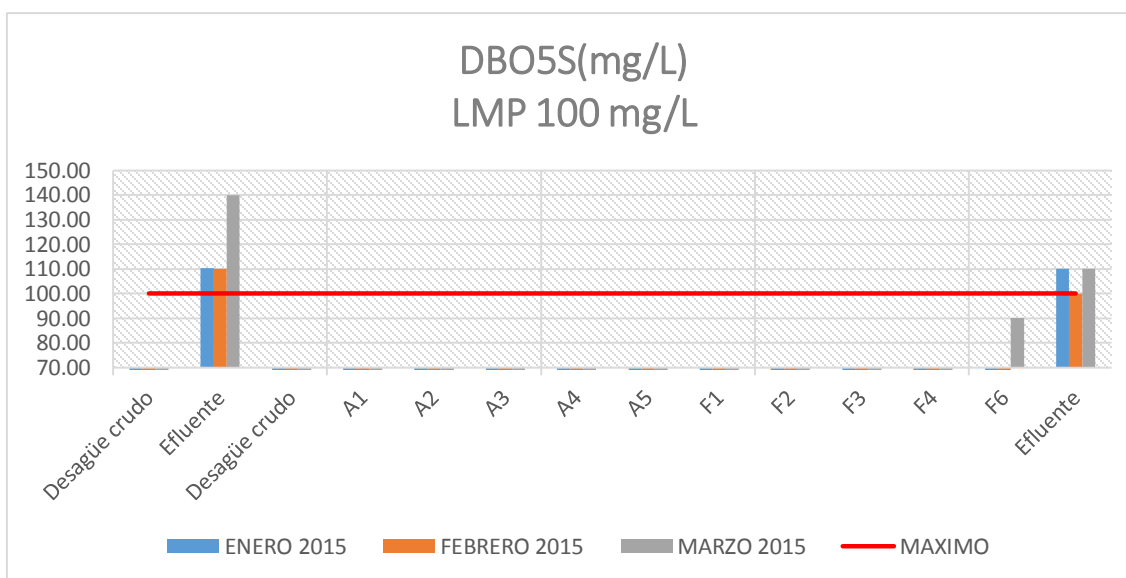


Figura 18: DBO5s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a JUNIO del 2015.

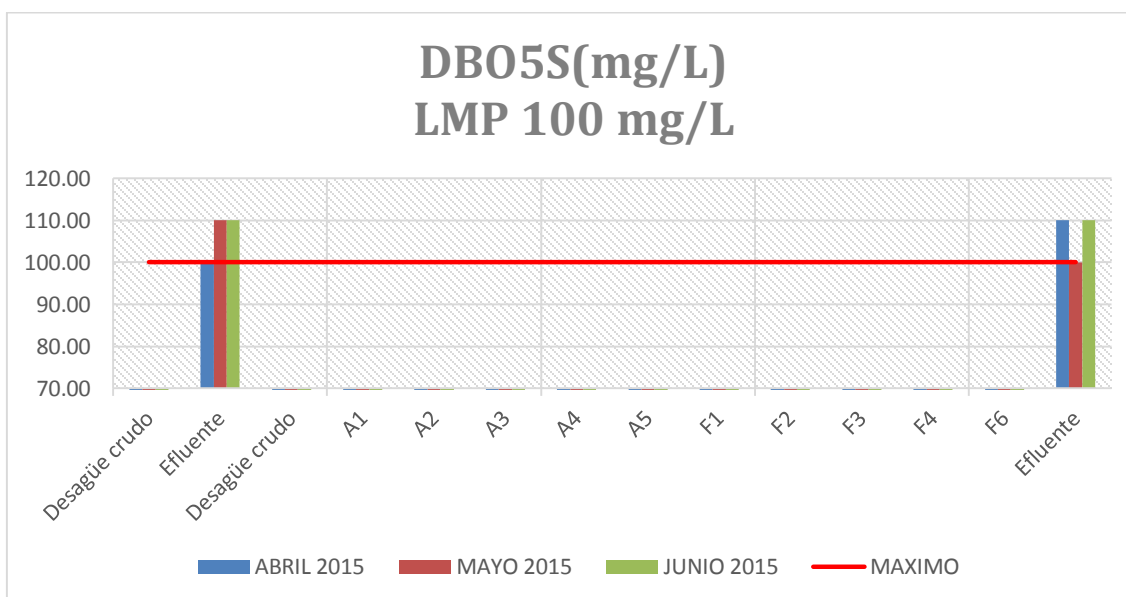


Figura 19: DBO5s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ABRIL a JUNIO del 2015.

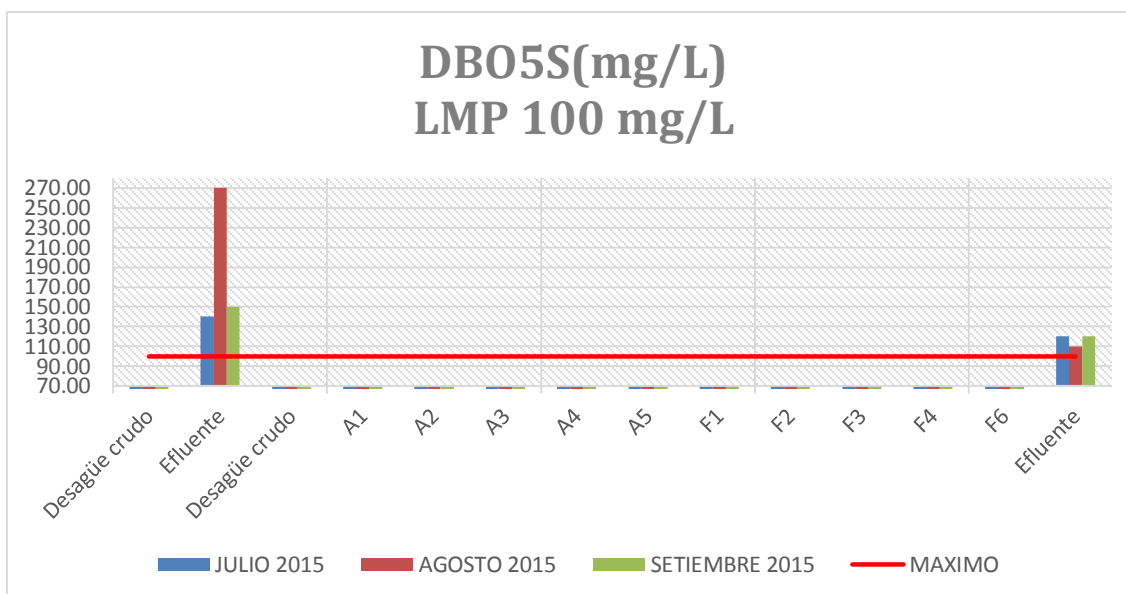


Figura 20: DBO5s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO a SETIEMBRE del 2015.

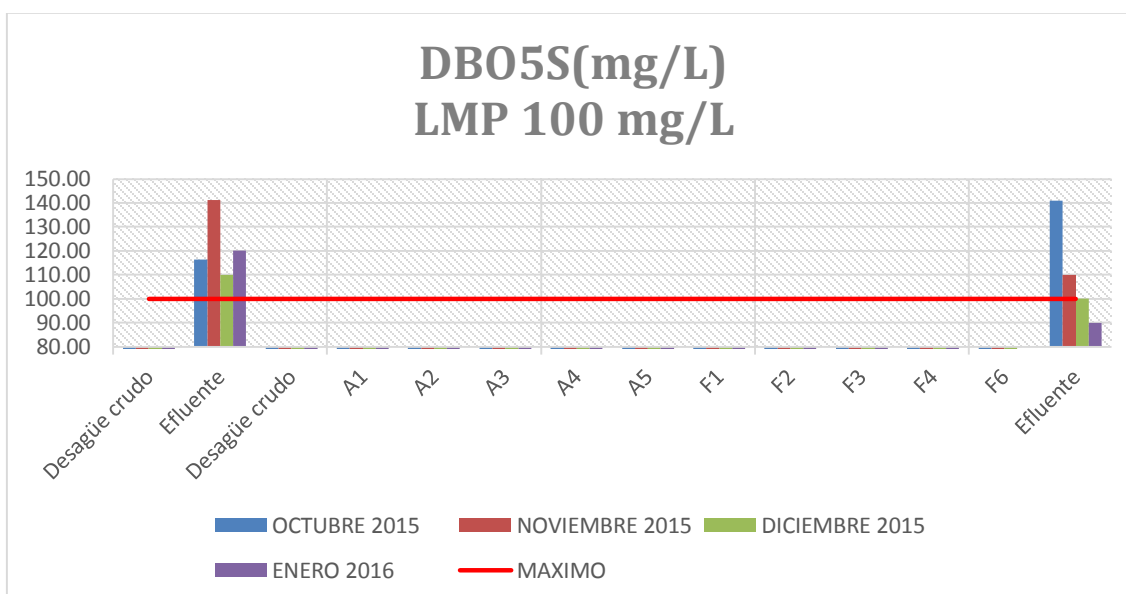


Figura 21: DBO5s de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de OCTUBRE 2015 a ENERO del 2016.

Interpretación:

Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que el DBO5s calculados de las muestras de aguas residuales de las pampas de San José están fuera de los límites permitidos establecidos por el D.S.

N° 003-2010 MINAM, sin embargo los meses de diciembre del 2015 y enero 2016 están dentro del límite permitido en el segundo efluente.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

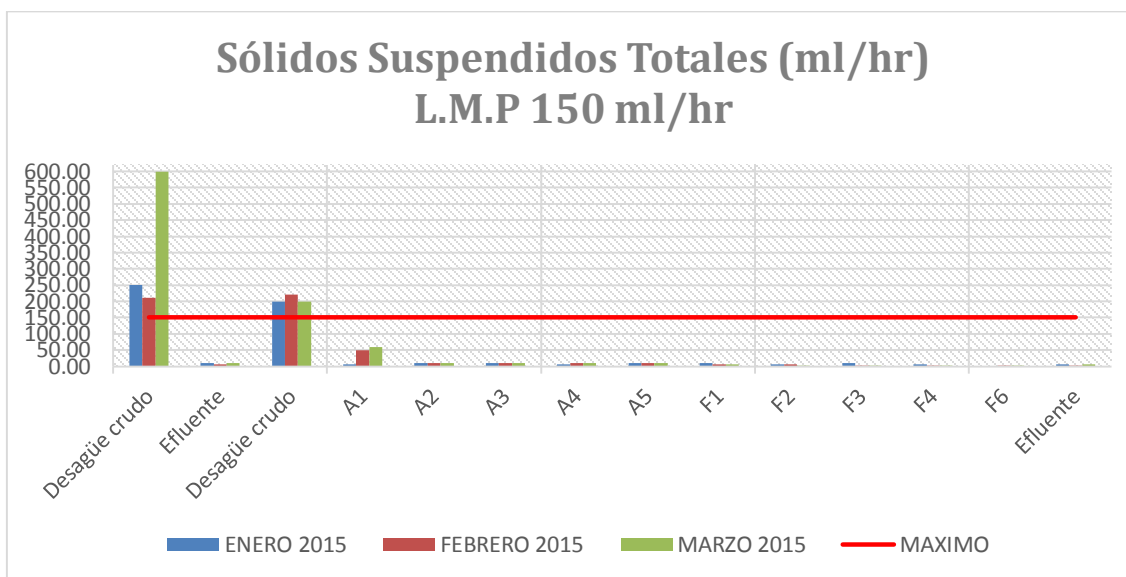


Figura 22: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a MARZO del 2015.

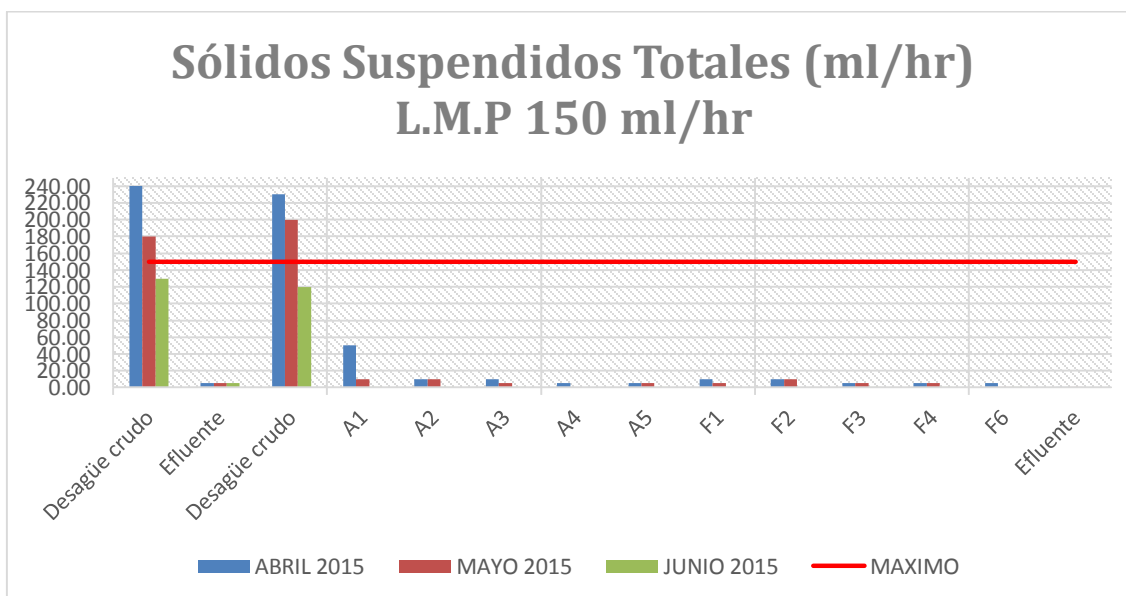


Figura 23: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ABRIL a JUNIO del 2015.

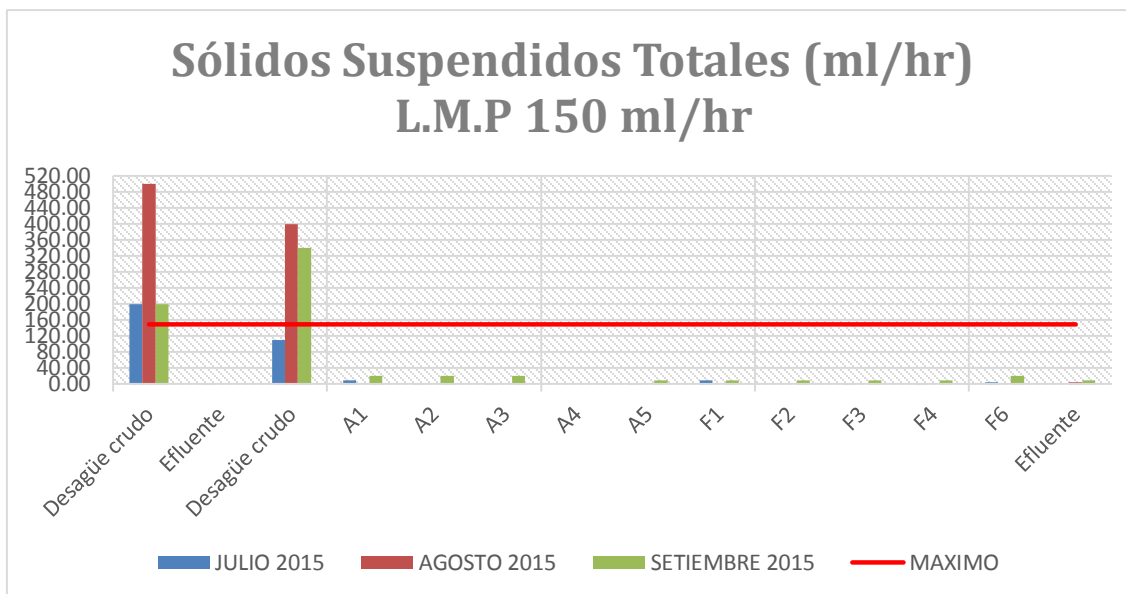


Figura 24: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO a SETIEMBRE del 2015.

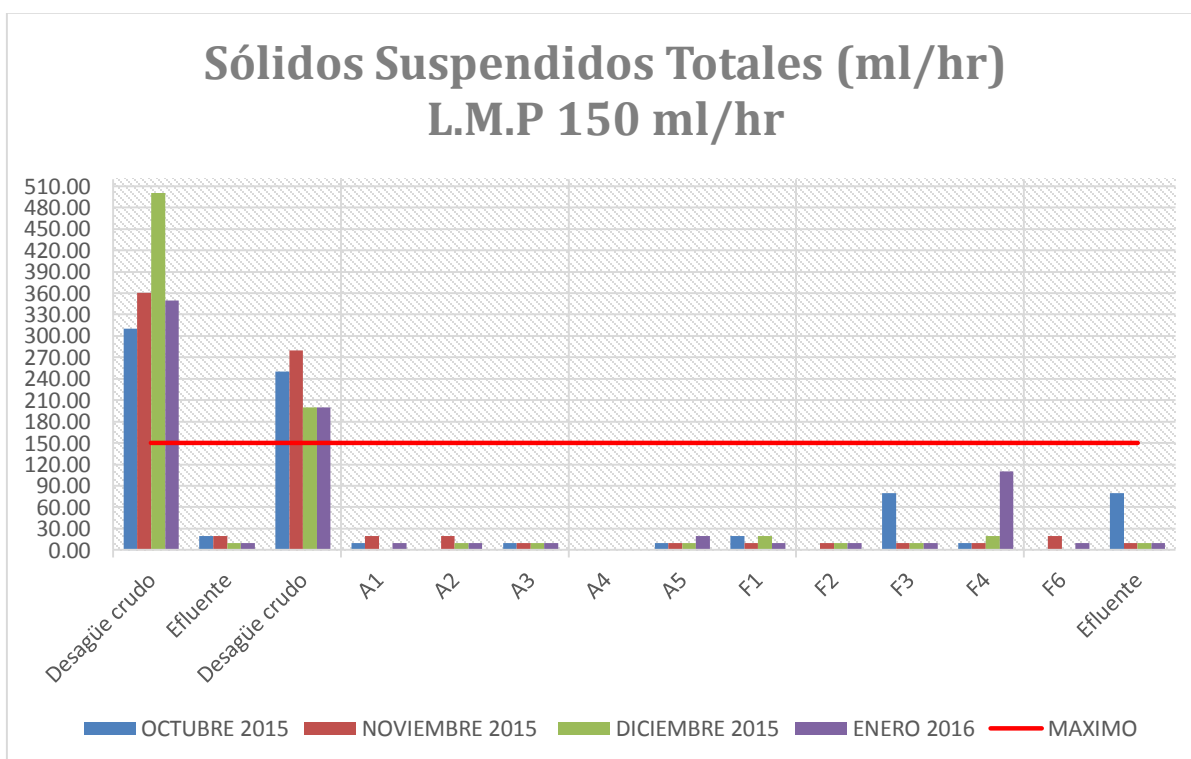


Figura 25: SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a JUNIO del 2015.

Interpretación:

Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles

se determinó que los sólidos suspendidos totales calculados de las muestras de aguas residuales de las pampas de San José están las agua entrantes de desagüe crudo en los meses mencionados se encuentran fuera de los límites permitidos, mientras que los efluentes se encuentran dentro de los LMP establecidos por el D.S. N° 003-2010 MINAM.

COLIFORMES TOTALES

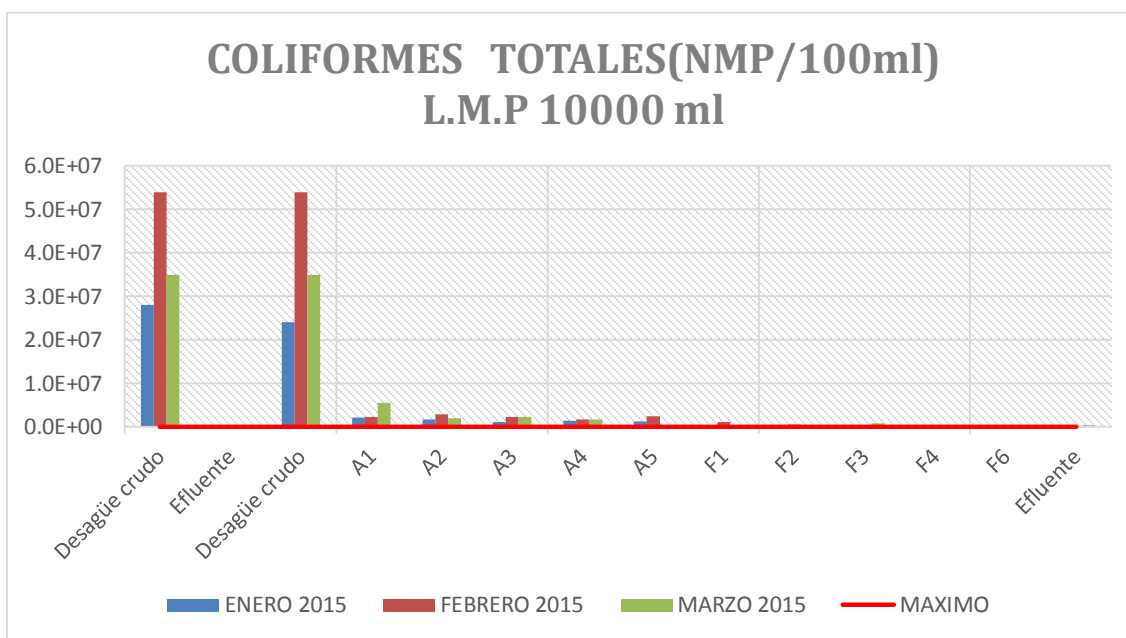


Figura 26: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ENERO a JUNIO del 2015.

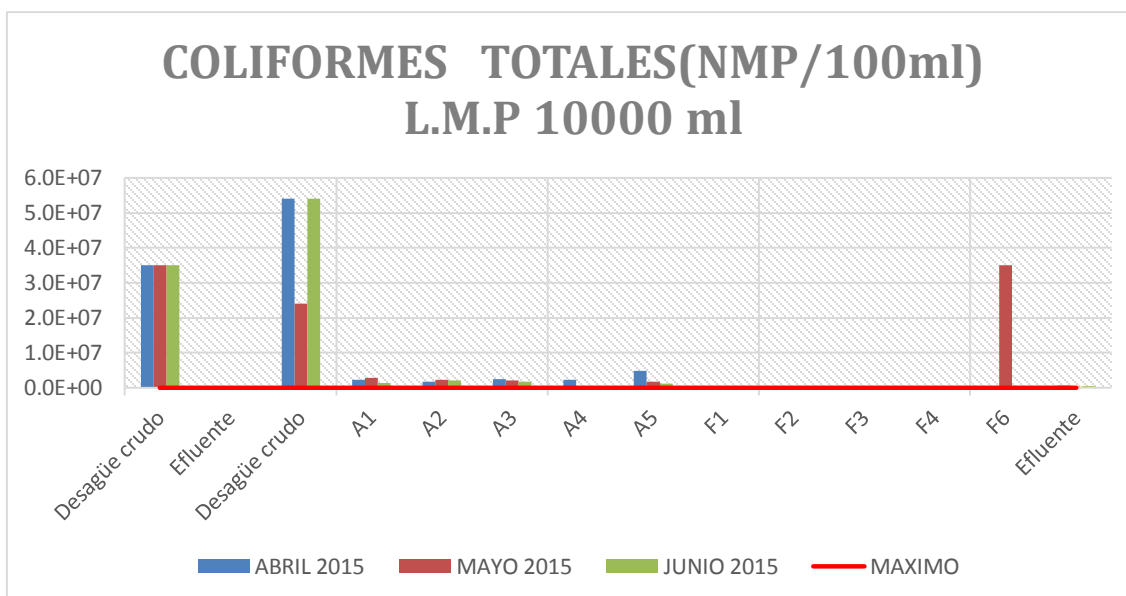


Figura 27: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de ABRIL a JUNIO del 2015.

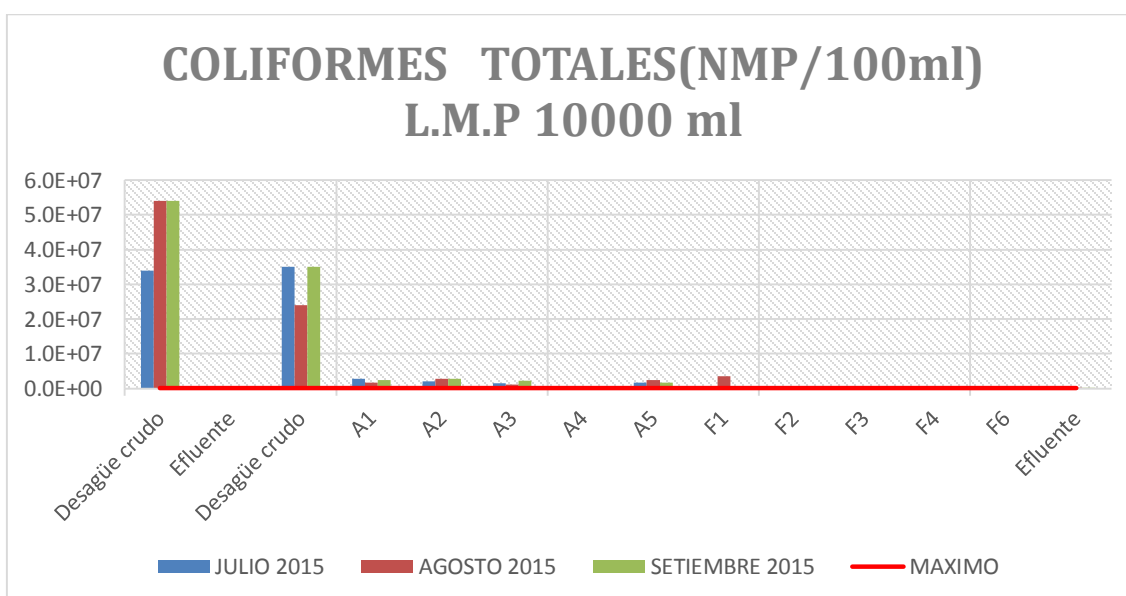


Figura 28: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de JULIO a SETIEMBRE del 2015.

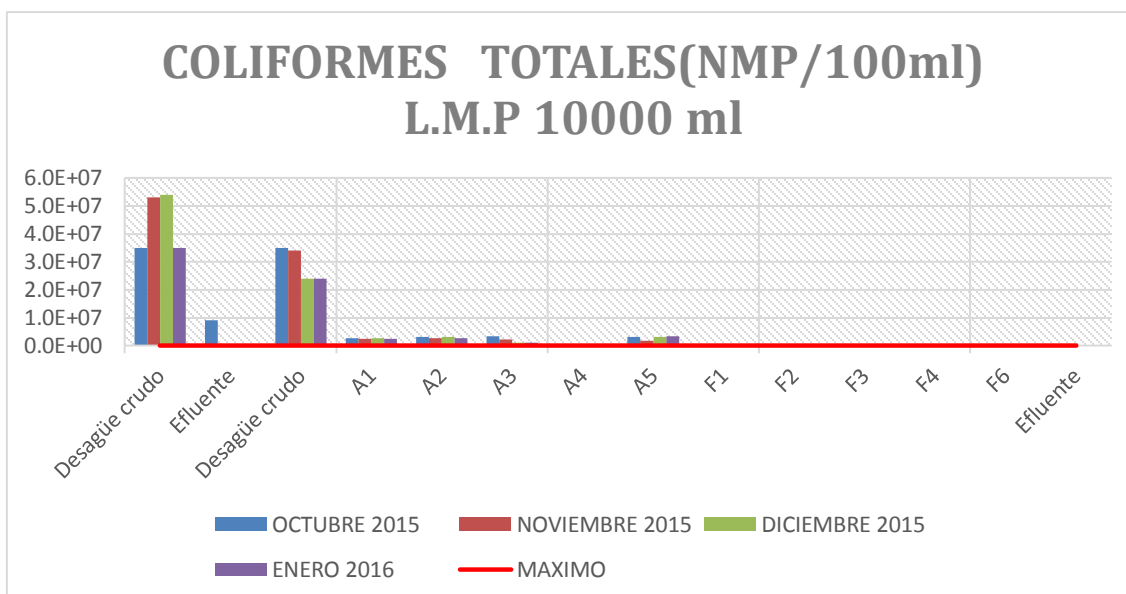


Figura 29: COLIFORMES TOTALES de las muestras de EPSEL y los límites máximos permisibles de OCTUBRE del 2015 a ENERO del 2016.

Interpretación:

Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que las coliformes totales calculados de las muestras de aguas residuales de las pampas de San José nos muestra que los desagües se encuentran fuera de los límites permitidos, pero conforme va pasando los días en cada mes va disminuyendo hasta estar entre los LMP establecidos por el D.S. N° 003-2010 MINAM.

3.7. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Procesos de tratamiento de aguas residuales

Las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas se diseñan y construyen con el propósito de remover las materias objetables, de forma tal que se descargue un efluente claro y purificado a napas subterráneas, quebradas, ríos, lagos o mares. El efluente deberá ser lo suficientemente puro como para no producir daños a la vida acuática, no deberá producir olores y no deberá producir contagios o epidemias. La planta de tratamiento

de aguas residuales correspondiente al proceso biológico de lodos activados, tratando agua residual urbana, entregará el efluente de mejor calidad que se podría obtener con cualquier otro tipo de planta.

Los procesos de tratamiento de aguas residuales estarán compuestos por:

- ✚ Cámara de rejas
- ✚ Desarenador
- ✚ Medidor de caudal
- ✚ Reactor de aeración prolongada
- ✚ Sedimentador
- ✚ Tanque de contacto de cloro
- ✚ Deshidratación
- ✚ Disposición final

En la Figura 30 se presenta el diagrama de flujo de los tratamientos llevados a cabo.

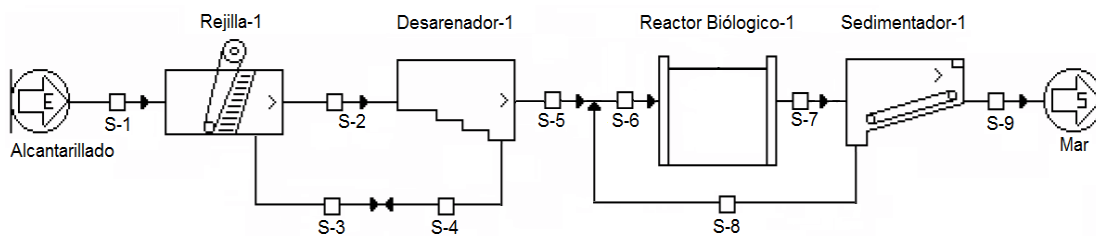


Figura 30: Esquema General de la planta de tratamiento de lodos activados.

3.8. EQUIPOS QUE FORMAN PARTE DEL ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS.

A. Zona de Desbaste.

El objetivo del desbaste es el de proteger a la instalación de la posible llegada de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en distintas unidades de la planta y de esta manera disminuir la eficacia de las mismas o en el peor de los casos el daño de una de estas. Generalmente se utilizan rejas o

barrotes dispuestos en forma vertical y con cierta separación entre ellos y de esto dependerá su eficacia.

Las rejas que se utilizan en este proceso pueden ser de limpieza manual o de tipo mecánico, es decir, de limpieza automática (normalmente utilizadas en plantas de cierta magnitud). Sin embargo, la mecanización del desbaste no depende solamente de la importancia de la estación, también es posible adoptar este tipo de rejas si se quiere reducir las intervenciones manuales de limpieza. En todo caso, la mecanización es inevitable si existe el riesgo de una llegada brusca de materias vegetales con tendencia a formar un “fieltro” sobre la reja, que puede provocar un atascamiento total en poco tiempo.

Por otro lado, la velocidad de paso del agua a través de la reja debe ser suficiente como para que las materias en suspensión se apliquen sobre ella, sin que esto provoque una pérdida de carga demasiado fuerte, ni produzca atascamiento. Generalmente, se adopta una velocidad media de paso entre barrotes comprendida entre 0,6 y 0,75 m/s, una vez determinada las dimensiones se procede a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo 0,45 m/s un valor comúnmente utilizado. Si la velocidad mínima prevista puede provocar depósitos en el canal de la reja deberá preverse un barrido en este último, o cualquier otro medio para evitar su formación (Degremont, 1973).

La cámara de rejas estará compuesta por dos canales con cribas de igual dimensión, de los cuales uno servirá de bypass en caso de emergencia o mantenimiento, los cuales son de 1,5 metros de ancho. En el canal de ingreso se ha proyectado la instalación de rejas medias de 24 mm de espaciamiento (Norma OS.090) en razón de la presencia de mucho material filamentosos que podría perjudicar el adecuado funcionamiento de los equipos de aeración con un total de 44 barras y una pérdida de carga admisible de 3,92 cm, menor de lo establecido, 15 cm y cuando se tenga el valor obtenido se tendrá que

remover el material retenido en las rejillas.

Sin duda los desechos gruesos están muy contaminados con patógenos, y son excesivamente nocivos con malos olores y malas apariencias, en el caso de haber estado almacenado por mucho tiempo. Deben ser enterrados diariamente con el mínimo de manejo por el operador de la instalación. El diseño de la instalación de pretratamiento debe incluir un área reservado cerca de la rejilla donde el operador puede enterrar los sólidos gruesos. La vegetación típica de la zona son las malas hierbas y algunas palmeras (Phoenix dactilíferas), que pueden alcanzar alturas considerables. En la parte baja son notables pequeños bosques de eucaliptos y de pino y en la parte alta los pastizales naturales.

Parámetros de diseño:		Utilizado
Caudal de diseño, m ³ /s:		0,452
Forma de barra:	Rectangular	Pletina
Ancho de la barra, mm:	30 – 75	40
Espesor de la barra, mm:	5 – 15	10
Espaciamiento entre barras, mm:	20 – 50	24
Inclinación:	45° – 60°	45°
Ancho del canal, m:	-----	1,5
Velocidad de aproximación, m/s:	0,3 – 0,6	0,45
Velocidad a través de las barras, m/s:	0,6 – 0,75	0,6
Pérdida de carga máxima, m:	0,15	0,15
Cantidad de material retenido, m ³ /1000 m ³ :	0,008 – 0,038	0,023

Tabla 23:

Dimensionamiento de la unidad de desbaste.

Dimensiones	Unidades
Número de líneas	2
Ancho del canal	1,5 m
Profundidad del canal	0,752 m

Velocidad del agua en las rejas	0,598 m/s
Área libre requerida	0,756 m ²
Número de rejas	44 rejas
Área de la unidad	0,753 m ²
Pérdida de carga	3,93 cm

Nota. Responsables del Proyecto

B. Desarenador

Los desarenadores son unidades destinadas a retener la arena y otros minerales inertes y pesados que se encuentran en las aguas residuales (cascotes, gravas, pedazos de ladrillo, partículas metálicas, carbón, tierra y otros). Estos materiales son originados de operaciones de lavado, así como de infiltraciones, desechos industriales, etc. Estas estructuras suelen colocarse después de las rejas y antes de los tanques de sedimentación primaria y/o lagunas primarias.

Los desarenadores son unidades de pretratamiento las cuales poseen secciones rectangulares o circulares, las cuales pueden constar de dos o tres cámaras para la sedimentación de los materiales que arrastra el agua residual. Esta unidad de tratamiento al igual que las rejillas es de tipo obligatorio en toda planta de tratamiento de aguas residuales, debido a que por medio de ellas se le brinda protección a las posteriores unidades del sistema. Los desarenadores deben diseñarse de manera tal que la velocidad pueda controlarse. La velocidad debe estar en un rango entre mínimo 20 cm/s, medio 30 cm/s y máximo 40 cm/s.

Los desarenadores cuentan con cuatro partes que efectúan una función específica dentro de la cámara desarenadora, las cuales se describen de acuerdo a su ubicación:

- a. **Zona de entrada:** la cual tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.
- b. **Zona de desarenación:** en esta parte de la estructura es donde se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de la gravedad.
- c. **Zona de salida:** Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.
- d. **Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada:** Constituida por una tolva con pendiente mínima del 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

Los desarenadores de flujo horizontal serán diseñados para remover partículas de diámetro medio igual o superior a 0,20 mm. Para tal efecto se debe tratar de controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 30 cm/s con una tolerancia + 20%. La tasa de aplicación deberá verificarse para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario. A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica. La relación entre el largo y la altura del agua debe ser como mínimo 25.

Después de las cribas y desarenadores se debe incluir en forma obligatoria un medidor de caudal de régimen crítico, el cual controlara la velocidad para diferentes tirantes de agua a la salida del desarenador, para ello se considera un medidor de caudal del tipo Parshall. El medidor de caudal debe incluir un pozo de registro para la instalación de un limnógrafo. Este mecanismo debe estar instalado en una caseta con apropiadas medidas de seguridad.

Las estructuras de repartición de caudal deben permitir la distribución del caudal, considerando todas sus variaciones, en proporción a la capacidad del proceso inicial de tratamiento para el caso del tratamiento convencional

y en proporción a las áreas de las unidades primarias, en el caso de lagunas de estabilización. En general estas facilidades no deben permitir la acumulación de arena.

Para desarenadores de limpieza manual se deben incluir las facilidades necesarias (compuertas) para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades. Las dimensiones de la parte destinada a la acumulación de arena deben ser determinadas en función de la cantidad prevista de material y la frecuencia de limpieza deseada. La frecuencia mínima de limpieza será de una vez por semana.

Los desarenadores deben ser proyectados para la remoción de partículas con más del 95% en peso y con diámetro de sedimentación igual o superior a 0,2 mm y peso específico igual a 2,65 kgf/m³ , excepto que por determinación de análisis exista la conveniencia de remoción de partículas de otros diámetros.

La planta de tratamiento contará con dos desarenadores operativos con capacidad para tratar 0,226 m³/s cada uno y para retener partículas con gravedad específica cercana a 1.5 ton/m³. Estos poseen una sección rectangular de 0,628 m * 32,476 m * 1,2 m de ancho, longitud y profundidad. Además, existen dos compuertas manuales una a la entrada y otra a la salida que permiten sacarlos de operación para efectos de limpieza y mantenimiento.

Parámetros de diseño:		Utilizado
Caudal, m ³ /s:		0,226
Velocidad de flujo, m/s:	0,24 – 0,36	0,3
Velocidad de sedimentación, m/s:	0,016 – 0,021	0,02
Carga superficial, TAS, m ³ /m ² .h:	45 – 70	50
Velocidad ascensional, m ³ /m ² .h:	10 – 30	15
Tiempo de retención, s:	60 – 120	80

Tabla 24:

Dimensiones del desarenador.

Dimensiones	Unidades
Tipo	Horizontal
Número de líneas	3
Caudal de diseño	0,226 m ³ /s
Carga superficial	50 m ³ /m ² .h
Área	20,395 m ²
Profundidad de agua	1,2 m
Velocidad promedio	0,3 m/s
Ancho	0,628 m
Longitud	32,476 m
Cantidad de arena depositada	0,781 m ³ /día
Periodo de limpieza	3 días

Nota. Responsables del Proyecto

C. Trampa de Grasa o Desengrasador.

Las aguas residuales contienen en pequeñas proporciones materia orgánica no soluble (hidrofílica) y de menor densidad que el agua, constituida mayoritariamente por esterres de ácidos grasos-cadenas hidrocarbonadas de ácidos orgánicos- de origen natural o sintético. Estas sustancias conocidas como grasas (sólidos o pastas) y aceites (líquidos), se pueden encontrar en tres formas en el agua:

- Solubilizadas: es la forma menos común de que se encuentren en el agua dada su baja solubilidad en la misma.
- Emulsionadas: formando pequeñas gotículas rodeadas de agua, que dan lugar a suspensiones, en algunos casos muy estables.
- Libres: formando gotas de tamaño medio y grande del orden de la micra.

Para la eliminación de grasas y aceites del agua es necesario que se encuentren no solubilizadas y romper las emulsiones¹³ para su mejor separación. La separación de grasas y aceites se efectúa mediante un

proceso de flotación, donde las gotículas de grasa de diámetro interno a 150 μm ascienden con una velocidad comprendida entre 1 y 4 mm/s. Las grasas y aceites son retirados de la superficie de la balsa de flotación a través de un sistema de rasquetas accionadas automáticamente.

A la entrada de cada sedimentador primario hay una trampa de grasas que tiene una dimensión de 6,14 m de ancho, 9,206 m de largo y una profundidad de 1,16 m. La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel de agua. El volumen máximo de acumulación de grasa será de por lo menos 1/3 del volumen total de la trampa de grasa.

El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de codo de 90° y un diámetro de 3 pulgadas. La salida será por medio de una tee con un diámetro de 4 pulgadas. La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido. La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m. La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo. La parte inferior de la tubería de salida estará a 0,1 m del fondo. El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m. La trampa de grasa será de forma tronco cónico con la pared del lado de salida vertical. El área horizontal de la base será de 0,25*0,25 m. Y el lado inclinado tendrá una pendiente de 50° con respecto a la horizontal.

Parámetros de diseño:		Utilizado
Caudal máximo horario, m ³ /s:		0,226
Tiempo de retención, min:	2,5 – 3	3
Relación Longitud/Ancho:	2:1 – 3:2	3:2
Tasa de aplicación, m ² .s/L:	-----	0,25
Pendiente del lado inclinado, °:	45 – 60	50

Tabla 25:

Dimensionamiento del Desengrasador.

Dimensiones	Unidades
Tipo	Horizontal
Número de líneas	3
Caudal de diseño	0,226 m ³ /s
Área superficial	56,5 m ²
Volumen	48,816 m ³
Tiempo de retención	180 s
Ancho	6,14 m
Longitud	9,206 m
Profundidad	0,58 m – 1,16 m
Cantidad de grasa removida	2 388,62 kg/día

Nota. Responsables del Proyecto

D. Medidor de Caudal

Aunque los dispositivos que se emplean para la medición de los caudales no ejercen ningún efecto de depuración sobre las aguas residuales, juegan un papel muy importante en el global del proceso, pues permiten la determinación de los caudales de aguas a tratar y los realmente tratados. Esto posibilita, a su vez, ajustar las condiciones operativas de las distintas etapas del tratamiento, así como obtener el coste del tratamiento por unidad de volumen tratado.

El canal Parshall es un medidor de flujo de lámina libre, en el cual la determinación del caudal, se lleva a cabo midiendo la pérdida de carga generada por la introducción de un estrangulamiento en la conducción; esto permite determinar el caudal de entrada conociendo la diferencia de altura de la lámina de agua entre la sección de convergencia y sección de la garganta, mediante tablas estándar, siempre y cuando se respeten las dimensiones del aforador para el que fueron realizadas. Se suelen fabricar en polipropileno y llevan incorporado una regleta y un soporte para la instalación del medidor

por ultrasonidos.

El canal Parshall suele ir ubicado a la salida del pretratamiento, ya que las aguas que salen del mismo están libres de sólidos de gran tamaño, arenas, grasas y aceites. A la salida del desengrasador se debe instalar un canal de Parshall para medir el caudal con capacidad para los caudales mínimo y máximo. Según los datos proporcionados por parte de los trabajadores de EPSEL, se puede colocar un canal de Parshall de polipropileno de 286,9 cm de longitud.

Las dimensiones del canal de Parshall son las siguientes:

A: 137,1 cm	B: 134,4 cm	C: 61 cm	D: 84,5 cm
F: 61 cm	G: 91,5 cm	K: 7,6 cm	N: 22,9 cm
W: 30,5 cm			

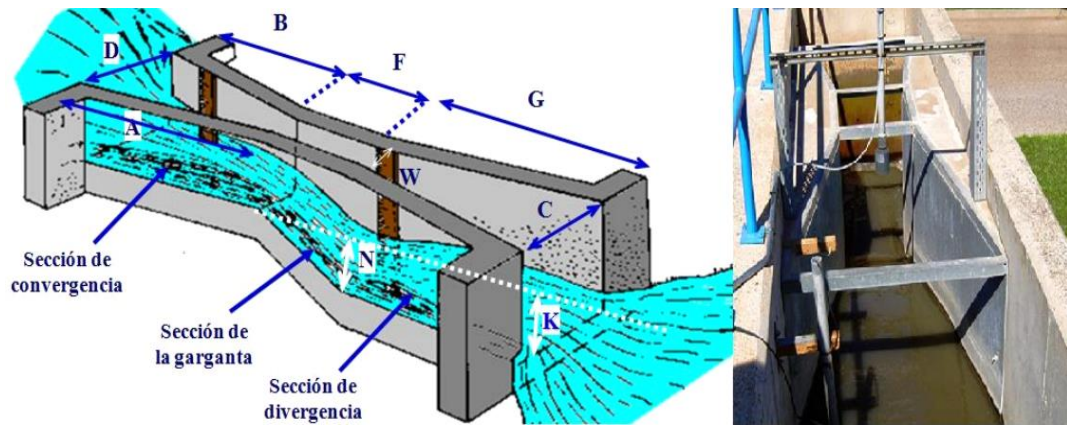


Figura 31: Dimensiones del canal de Parshall.

E. Reactor.

Son los recipientes, tanques y depósitos en los que tiene lugar las reacciones químicas y biológicas.

A esta unidad, la esencial del sistema, se le requiere suministro, a través de los lodos de retorno, una determinada masa microbiana para que actúe sobre el sustrato biodegradable representado en nuestro caso por la DBO aplicada al proceso.

Esta masa está representada, como dijéramos, por los sólidos de aireación contenidos en el aireador o reactor.

De acuerdo a la eficiencia esperada en el sistema, en cuanto a la DBO se refiere, es necesario suministrar una determinada cantidad de oxígeno molecular para asegurar que la biodegradabilidad del sustrato orgánico se verifique como proceso esencialmente aerobio. Este oxígeno generalmente es suministrado del aire atmosférico por medios mecánicos según lo requiera el proceso.

La necesidad teórica de oxígeno se puede determinar a partir de la DBO del agua residual y de la cantidad de organismos purgados diariamente del sistema. Una vez hallado la eficiencia de la transferencia de oxígeno del sistema de aeración, se determina las necesidades reales de aire.

El suministro de aire debe ser adecuado para satisfacer la DBO del agua residual, satisfacer la respiración endógena de los organismos presentes en el lodo, proporcionar un mezclado adecuado, mantener una concentración mínima de oxígeno disuelto en todo el tanque de aeración comprendido entre 1 y 2 mg/L.

La potencia del aireador a usarse en cada reactor será de 50 kW.

Parámetros de diseño:	Utilizado
Concentración de la DBO5 total del afluente:	324,2 mg/L
Concentración de los SSVLM, X:	3 500 mg/L
Concentración del oxígeno disuelto en el reactor:	2 mg/L
Coeficiente de producción bacteriana máxima, Y, mg cel/mg DBO5:	0,5
Tasa de respiración para DBO5:	0,3 d-1
Tasa específica del sustrato, Kds:	0,025 m3/g.d
Concentración de SSV en el efluente, Xe:	30 mg/L

Concentración de SSV en el retorno, X_r :	6 000 mg/L
Constante de velocidad media, K_s :	100
Coeficiente de decaimiento endógeno para DBO ₅ , k_d , d ⁻¹ :	0,055
Coeficiente de decaimiento para SSV, b :	0,03 día ⁻¹
μ_{max} :	0,45
Caudal de entrada, Q :	39 052,8 m ³ /día
Profundidad del líquido en el tanque:	3 m
Temperatura del agua:	30 °C

Tabla 26:

Dimensionamiento del reactor.

Dimensiones	Unidades
Número de líneas	5
Volumen del reactor	8 800 m ³
Longitud	54,16 m
Ancho	54,16 m
Relación A/M	0,103 kg DBO ₅ /kg SSVLM.d
Edad del lodo	47 días
Carga volumétrica	0,36 kg DBO ₅ /m ³ .días
Tiempo de retención hidráulico	22 horas
Tiempo de retención celular	2,11 días
Relación de recirculación	0,802
Consumo de oxígeno	251,61 kg/día

Nota. Responsables del Proyecto

F. Sedimentador.

Este debe estar diseñado en forma tal que garantice una adecuada separación de los lodos activos que llegan, procedentes del aireador. La calidad del efluente de la planta de lodos activados dependerá de la remoción del material sedimentable por el sedimentador secundario pero, a su vez esto dependerá del diseño del sedimentador y de la sedimentabilidad del lodo.

Esta depende de factores como: edad del lodo, existencia de nutrientes, concentración de oxígeno y otros, ya que si los microorganismos no se agrupan en flóculos densos no hay una buena sedimentación y la biomasa se escapa con el efluente de la planta aumentando la DBO5 del efluente y alterando el proceso de tratamiento.

Tabla 27:

Dimensionamiento de sedimentador.

Dimensiones	Unidades
Número de líneas	5
Longitud	32,04 m
Ancho	8,01 m
Periodo de retención	2 h
Altura	3,83 m

Nota. Responsables del Proyecto

G. Lecho De Secado.

El lecho de secado es básicamente una estructura filtrante que permite que los lodos que se generan en los tanques de aireación sean evacuados, secados y filtrados. Este proceso de deshidratación es uno de los más antiguos y más sencillos debido a su eficiencia y economía. Generalmente son rectangulares, poco profundos y con fondos porosos.

Para proceder al diseño de instalaciones de tratamiento de lodos, se tiene en cuenta el cálculo de la producción de lodos debiéndose determinar el volumen y la masa de sólidos en suspensión totales y volátiles teniendo en consideración los porcentajes de remoción, contenido de sólidos y densidades.

Se consideran lechos de arena para secado de lodo, los cuales son formados por diferentes capas de materiales, entre las que se encuentran una capa de arena fina de 12 pulg (300 mm), que reposa sobre unas 8 a 18 pulg. (200 a 460 mm) de grava. La arena debe tener un tamaño efectivo de 0.3 a 0.75 mm, debe estar libre de partículas más pequeñas y tener un coeficiente de uniformidad inferior a 3,5. La grava debe tener un tamaño característico de 0,1 a 1 pulg. (2,5 a 25 mm). Por lo general, los drenajes son de tubería plástica perforada o de baldosas de arcillas colocadas a junta perdida; tienen un diámetro de 4 pulg. (100 mm) y una pendiente de 1%. Los lechos se dividen en particiones que ocurren cada 20 pies (6 m) y tienen 2 pies de altura (0,6 m).

El lecho de secado tendrá un área de 675 m², distribuidos de la siguiente forma: Ancho: 15 m, Largo: 45 m, Profundidad útil para el vaciado de lodos: 0,55 m, Profundidad del lecho = 0,9 m.

El lecho está dividido en tres capas de 30 cm cada una (arena, grava y piedra) y terminación en forma cónica. Los lodos se descargan mediante tuberías de 6" de diámetro, según la NORMA OS.090-Planta de tratamiento de aguas residuales.

3.9. PARAMETROS OPERACIONALES DE LA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS.

La planta de tratamiento de lodos activados en base a la norma OS.090-Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, operara según los siguientes parámetros.

Parámetros	Valor	Norma OS.090
Tasa de recirculación de lodos	0,802	0,75 – 1,5
Tiempo de retención hidráulica, h ²²		15 – 36
F/M, kg DBO ₅ /kg SSVLM.d	0,103	0,05 – 0,15
Carga volumétrica, kg DBO ₅ /m ³ .d	0,36	0,1 – 0,4

3.10. CARACTERIZACION DEL AGUA RESUAL DEL TRATADO.

El efluente tratado será descargado al mar, por esta razón se ha considerado que el tratamiento que se dará a las aguas residuales urbanas de la ciudad de Chiclayo, debe garantizar que los contaminantes bacterianos y la materia orgánica contenidos en el efluente de las aguas residuales tratadas, se reduzcan a límites que sean permitidos de acuerdo a la norma vigente, Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, la calidad del agua residual a ser obtenido en el sistema de tratamiento debiera cumplir con los siguientes valores:

Tabla 28:

Límites máximos permisibles y calculados de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Parámetro	Entrada	Salida	% remoción	NORMA	Cumplimiento de la norma
Ph	6,58	6,7	----	6,5 – 8,5	Si
Temperatura, °C	23	25	----	< 35	Si
DBO₅, mg/L	324,2	30	90,75	100	Si
Solidos Suspendidos Totales, mg/L	359,8	30	91,66	150	Si
Grasas y aceites, mg/L	135,92	13,5	90	20	Si
DQO, mg/L	461,08	40	91,32	200	Si
Coliformes termotolerantes, NMP/100 ml	3,6*10 ⁷	<1 0000	----	10 000	Si

Nota. Responsables del Proyecto

CAPITULO IV: IMPACTO AMBIENTAL

4.1. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS.

Los factores ambientales más importantes son la temperatura y el pH. La temperatura es un factor importante ya que no solo influencia la actividad metabólica de la población bacteriana, sino que tiene un efecto profundo en factores tales como las tasas de transferencia de gas y las características de asentamiento de los sólidos biológicos (Grady, 1995). Así que la temperatura afecta directamente la cinética de degradación y crecimiento bacteriano, por lo tanto es un factor importante a considerar. En cuanto al pH, su control puede ser necesario en aguas residuales de baja alcalinidad, en la digestión aerobia del lodo y en la nitrificación.

A- Oxígeno disuelto

La existencia de oxígeno disuelto en el proceso al momento de la aireación indica que los microorganismos se encuentran en un medio óptimo para su crecimiento y desarrollo. La concentración de oxígeno disuelto varía de 0,2 mg/L a 2 mg/L, estos valores son suficientes para mantener las condiciones aerobias de crecimiento de los microorganismos.

B- Ph.

Este parámetro es una forma práctica de comparar la acidez o la alcalinidad relativa de una solución a una temperatura dada. El pH en un tratamiento biológico debe oscilar entre 6 y 8 unidades de pH, para garantizar la supervivencia de los microorganismos.

C- Temperatura.

La importancia de la temperatura viene dada porque los cambios en la temperatura del agua residual pueden modificar

la velocidad de las reacciones que intervienen en el proceso. Los rangos óptimos de la temperatura se encuentran en un rango de 15 a 40 °C (mesofílica).

D- Necesidades de nutrientes.

Según Ramalho (1993) para la degradación biológica aerobia de las aguas residuales, se requiere una cantidad apropiada de ciertos nutrientes, además del carbono.

Los nutrientes que se encuentran presentes en las aguas residuales son nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, hierro y vitaminas entre otros. Pero el nitrógeno y el fósforo, son en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos, tanto para la síntesis celular, como para la síntesis de proteínas, por lo tanto es preciso conocer datos sobre la presencia de estos en las aguas residuales y en qué cantidades se encuentran, así evaluar la posibilidad del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. (Metcalf y Eddy, 1995).

Tabla 29:

Concentración máxima de sustancias inhibidoras de crecimiento biológico.

Parámetro	Concentración, mg/L
Aluminio	26
Amoniaco-N	583
Arsénico	0.1
Boro	100
Cadmio	100
Cianuro	5
Cobre	1
Plata	5

Cromo	10
hexavalente	
Cromo trivalente	50
Fenoles	200
Magnesio	50
Mercurio	0.005
Plomo	0.1

Nota. Crite, 1998

4.2. IMPACTO AMBIENTAL

Un proyecto de la magnitud de la planta de tratamiento de San José necesariamente causa efectos o impactos positivos y/o negativos, tanto en relación a la modificación del espacio en que se desarrollan las obras (modificaciones topográficas), como en lo referente a las tierras mismas beneficiadas, que de una situación totalmente eriaza e improductiva van a pasar a las características de una explotación agrícola, forestal que puede llegar a ser productiva competitiva y altamente rentable, con evidentes modificaciones ambientales y aún climáticas.

El hombre es causante de la modificación del ambiente, desde su aparición en la tierra, poseedor de la tecnología y conocimientos suficientes, dadas las experiencias ya conocidas de los países más desarrollados, se convierte nuevamente en el factor principal de la modificación del ambiente; siendo así responsable de los cambios artificiales que se introducirán, a fin de obtener los beneficios de la tierra; lógicamente en función directa a la evolución de tales nuevas técnicas que a no dudar evitarán cambios ambientales severos, asociados a impactos negativos que podrían derivarse de tales modificaciones.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Durante la construcción y operación del proyecto, es necesario evaluar y

calificar los posibles impactos generados sobre el medio ambiente, antes, durante y después de las actividades hasta su abandono de ser el caso, en cada una de las etapas del mismo.

En tal sentido es necesario la identificación e interacción de aquellas actividades más sensibles y propias del proyecto, con el conjunto de componentes ambientales de orden físico, biológico y socio-económico-cultural.

Cabe señalar que el grado y magnitud de los impactos sobre determinado componente o factor ambiental, permitirá establecer las medidas orientadas a mitigar la perturbación ambiental, logrando una adecuada atenuación, sin comprometer la integridad de los recursos frágiles del ecosistema en su conjunto.

Las actividades más importantes y relevantes, inherentes al proyecto se han identificado y seleccionado las cuales mayormente ocurren en la etapa de operación y son las siguientes:

- Pruebas y arranque del sistema integral.
- Operación de la planta.
- Operación de las líneas de conducción (afluente y efluente).
- Tratamiento de efluentes, reúso y disposición final.
- Monitoreo ambiental y análisis físico, químico y bacteriológicos.
- Operación y mantenimiento de maquinarias y equipos.
- Operación y mantenimiento de plantas y líneas de conducción.
- Control o “Vigilancia Ambiental”

4.4. IMPACTOS POSITIVOS EN EL AMBIENTE.

- Reducir los niveles de contaminación por la descarga actual del colector de San José, en beneficio de la población aledaña con la reducción de enfermedades gastrointestinales, piel y ojos.

- Reducir la sobrecarga de la capacidad de colectores aguas abajo de la derivación a la planta de tratamiento, logrando que se amplíen la capacidad hidráulica de los colectores San José.
- Mantener y ampliar las áreas agrícolas del distrito de la Caleta de San José, con los efluentes de la PTAR San José, estas áreas empezarán a producir inmediatamente la planta entre en funcionamiento.
- Reducción de los niveles de contaminación de los productos agrícolas obtenidos en los campos regados con aguas residuales tratadas en las lagunas de San José, los cuales tienen condiciones para riego sin restricción
- Creación de puestos de trabajo, para la operación de la planta de tratamiento, así como en las actividades agrícolas, forestales y centros de recreación que se generen.
- Mejora de abastecimiento del mercado local con productos frescos y de calidad.
- Incremento de la producción a nivel de toda la zona gracias a la siembra de los terrenos baldíos.
- Incremento de las áreas verdes de la zona urbana que no se regaban por falta de agua.

4.5. IMPACTOS NEGATIVOS EN EL AMBIENTE.

En los proyectos que implican tratamiento y uso de aguas residuales, generalmente se tienen mayores beneficios ambientales en todo sentido, y se limitan los impactos negativos a la generación de ruido y polvo en la etapa de construcción de la infraestructura, por lo tanto, los proyectos de aguas residuales son proyectos ambientalmente sostenibles.

4.6. RECOMENDACIONES

Los problemas y las áreas críticas propensas a sufrir daños y pérdidas, en los sectores donde se encuentran las instalaciones de tratamiento y donde

se han instalado las líneas de conducción, ya identificados requieren de acciones para la reducción de los impactos negativos, los cuales se mencionan a continuación y algunos de los cuales ya se están implementando:

Fugas o salidas accidentales de desagües no tratados: Implementación de medidas estrictas de control, automatización de válvulas de control, sistema SCADA.

Posibles emisiones de olores en el área de la planta de tratamiento: Implementación de cerco de árboles en especial en la zona del pre-tratamiento, cinturón ecológico en todo el perímetro de la planta.

Riesgos de derrames o inundación de la planta y/o colectores en casos de sismos: Incorporación de diseños antisísmicos y tuberías de gran resistencia de unión flexible.

Posible infiltración en la napa freática durante la operación en la planta: El diseño consideró la impermeabilización de las estructuras de almacenamiento.

Generación de residuos sólidos: Recolección de material con medidas de seguridad adecuadas y equipo propio.

Deforestación por construcción de planta: Reforestación de 14 hectáreas en planta San José para cinturón ecológico y áreas verdes.

Posibles afecciones a la salud por moscas, zancuda y roedora: Franjas de protección de amplitud suficiente, manteniendo alejados asentamientos humanos y actividades económicas, previéndose desinfecciones periódicas.

4.7. COMPOSTAJE DE LODOS RESULTANTES DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

El aprovechamiento agrícola de lodos, al igual que el de otros residuos orgánicos, debe realizarse en un marco global de gestión de materia orgánica y Fito nutrientes, teniendo muy presente la protección de recursos: suelo, agua y aire.

El suelo es un ecosistema capaz de degradar residuos y reciclar elementos

nutritivos a través de los vegetales, siempre que no se abuse de su poder depurador. Para evitar que la aplicación agrícola de lodos se convierta simplemente en un vertido encubierto que pueda generar: problemas en los cultivos y dispersión de nutrientes (en exceso) y de contaminantes en el entorno, es necesario fijar las condiciones de aplicación, realizando un trabajo coordinado e interdisciplinario.

Debe tenerse en cuenta:

- La legislación vigente en el ámbito legal, estatal y autonómico, respecto a la gestión, aplicación y vertido de los distintos tipos de residuos, así como a la protección de las aguas.
- La producción y composición de residuos orgánicos de distintos orígenes (estiércoles, lodos, compost de lodos, o de residuos municipales, residuos de la industria agroalimentaria...) que en ciertas zonas llegan a generar problemas graves de excedentes y de competencia.
- La protección del suelo y las necesidades de los cultivos
- La situación de la agricultura española
- La necesidad de mejora de las características de suelos con usos distintos al agrícola, que permita la diversificación del destino de residuos orgánicos.

A partir del conocimiento serio y objetivo de la situación y de los condicionantes, debe plantearse la coordinación entre las distintas etapas que integran la gestión agrícola de los residuos orgánicos y, en particular la de los lodos, determinando en qué casos sería posible una aplicación directa y en cuales deben estabilizarse a través de un tratamiento de compostaje.

En la actualidad se da mucha importancia a los temas ambientales aunque los que están relacionados

No es ninguna novedad que los lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas pueden ser aplicados en agricultura. Existe mucha bibliografía sobre su composición y sobre la manera de reutilizarlos adecuadamente; pero muchas veces las investigaciones se han realizado

alejadas de la realidad del problema. Llegado el momento de la producción de lodos en gran cantidad, los responsables de las depuradoras o incluso los agricultores no toman las suficientes medidas para su aplicación y evitar los posibles riesgos. No tendría sentido que por una parte se depuren las aguas residuales y por otra no gestionasen correctamente los lodos

El suelo puede ser un buen receptor de residuos orgánicos: tiene capacidad de transformar algunos de los componentes, o de inmovilizar a otros, pero también de transportar; tiene un límite una capacidad, de la que no se puede abusar. El uso indiscriminado de lodos en suelos agrícolas puede llevar a la alteración de sus características, a la contaminación de las aguas subterráneas, de ciertos cultivos o de la cadena trófica.

No es correcto potenciar el uso agrícola de los lodos obviando:

- Las necesidades de suelos y cultivos
- Los demás residuos orgánicos que se generan
- La existencia de otros tipos de suelos que sin ser agrícolas también pueden aprovechar los lodos
- Las características de lodos según tipo de tratamiento aplicado y por tanto la posibilidad (o la obligatoriedad) de escoger el destino más adecuado (aplicarlos, directamente, COMPOSTARLOS. incinerarlos, verterlos...)

Hay distintos intereses involucrados en la gestión de lodos. Es difícil alcanzar acuerdos entre ellos, llegar a un ajuste entre distintas opciones; al final, el acuerdo siempre se hace en momentos de crisis.

Seguramente, en el campo de los residuos, se está llegando a esta crisis que favorece la aparición de nuevas legislaciones, preocupaciones y responsabilidades.

Es necesario, conservando el espíritu de la legislación actual y acercándose a su cumplimiento, no sobrepasar la capacidad de nuestros suelos para reciclar materia orgánica y nutriente y llegar a plantear una “guerra” de residuos y de intereses

El compostaje es una técnica de estabilización de residuos orgánicos (RO) que puede tener un determinado interés en el aprovechamiento de los lodos. Los objetivos del compostaje pueden ser:

- obtención de abono orgánico(compost) que permita el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, la producción de cultivos de calidad y la conservación del entorno
- facilitar la gestión de los residuos orgánicos procedentes de distintas actividades, reduciendo su peso y volumen, a la vez que estabilizarlos y generar un producto útil
- producir materiales alternativos a los substratos tradicionales, utilizados en horticultura y jardinería.
- simplemente tratar un residuo para reducir la humedad, peso y volumen y facilitar así un destino finalista (vertido o incineración)

4.8. Compostaje de lodos.

Uno de los tratamientos que desde siempre se ha aplicado para estabilizar la materia orgánica es el compostaje. Es un sistema de fundamento sencillo, versátil y puede aplicarse a diferentes tipos de materiales; se le considera económico y ecológico. Se ha comprobado que existe el peligro de confundir sencillez con descontrol o improvisación. El compostaje exige unas condiciones de trabajo que deben cuidarse y unas señales de alerta que tienen que saberse interpretar; en caso contrario deja de ser económico y ambientalmente aceptable

Aunque la mayoría de materiales orgánicos se puedan compostar, frecuentemente no se aplica el proceso adecuadamente, o no se hace sobre los materiales convenientes para el producto que se pretende obtener. En otras ocasiones, cuando una prueba de compostaje o un tratamiento realizado durante cierto tiempo funciona, se decide variar la escala de trabajo (trabajar con cantidades mucho mayores) sin tomar precauciones ni variar los controles, provocando una disminución de la calidad del producto.

Cuando se quiere aplicar el compostaje es necesario preparar las condiciones para que, gracias a una actividad microbiana compleja, el residuo (o mezcla de residuos) se transforme en un producto estable, aplicable al suelo, sobre el que producirá un efecto beneficioso. Que se consiga con una tecnología sencilla, o compleja, dependerá de las cantidades de residuo a tratar y de la disponibilidad de espacio y tiempo.

Es un sistema productivo como cualquier otro, en el que se deben controlar los materiales de entrada, la evolución del proceso y las características del producto final. Las limitaciones de su aplicación pueden dividirse en extrínsecas e intrínsecas: en el primer grupo incluiríamos las de tipo político, social, económico y tecnológico; integrarían el segundo grupo las limitaciones del propio proceso (pH, temperatura, equilibrio aire/agua, de nutrientes y de biopolímeros) y de los materiales susceptibles de ser compostados (características físicas, contenido en agua, materia orgánica, nitrógeno y contaminantes).

A. Fases del compostaje

El compostaje se desarrolla en dos fases (descomposición y maduración) que deben diferenciarse, claramente y tenerse en cuenta en el diseño de una planta por sencilla que sea, estableciendo, para cada una de ellas, dinámicas de control adecuadas.

La fase de descomposición depende totalmente del tipo de material a tratar y de las características del sistema a aplicar. Puede dividirse en tres etapas: una inicial mesofílica durante la cual diversas familias de microorganismos inician la descomposición de los compuestos fácilmente degradables, provocando un incremento de la temperatura y en la que el pH desciende debido a la formación de ácidos orgánicos. La etapa termofílica en la que van apareciendo los microorganismos termofílicos y en la que la temperatura supera los 40°C. Si se alcanza los 60°C los hongos se inactivan y la descomposición es llevada a cabo por actinomicetos y bacterias formadoras

de esporas. Las sustancias fácilmente degradables, como azúcares, grasa, almidón y proteínas, son rápidamente consumidos y la mayoría de patógenos humanos y vegetales son destruidos; el pH se va alcalinizando al liberar amoníaco las proteínas; a su vez la celulosa y ligninas son parcialmente alteradas. En la tercera etapa, la temperatura empieza a disminuir, hongos termofílicos reinvaden el material a compostar y la celulosa y hemicelulosa siguen sufriendo cierta transformación. Estas tres etapas duran de unas pocas semanas a varios meses dependiendo del material a compostar y de las condiciones de trabajo. La fase de descomposición es la más exigente del proceso y el no realizarla en condiciones adecuadas condiciona la continuación del proceso, la aparición de problemas de lixiviados y malos olores, además de influir en la calidad del producto final.

La maduración depende del tipo de material que se ha tratado, pero su duración y las condiciones en que se deba llevar a cabo dependerán mucho del destino final del producto (en particular en el caso de fabricación de substratos) y como se hayan desarrollado las etapas anteriores. Requiere de pocas semanas a varios meses; en ella se genera mucho menos calor y el pH se mantiene ligeramente alcalino. En esta fase los microorganismos mesófilos, al igual que diversos tipos de microfauna colonizan el compost medio maduro. Se genera una intensa competición por los alimentos, formación de antibióticos y aparición de antagonismos; obteniéndose al final un producto, más o menos estable, según la duración de la última fase.

CAPITULO V: ECONOMIA

La economía de los procesos de tratamiento de aguas residuales no se mide por rentabilidad económica sino por la rentabilidad social. Esto quiere decir por la cantidad de personas de la población que va a beneficiar la instalación de este tipo de planta de tratamiento. Se debe tomar en cuenta cuantos vectores transmisores de enfermedades se van a evitar. En fin un beneficio para la social.

La inversión inicial normalmente se hace con Notas de recursos que da el gobierno central y que debe ser gestionado por el gobierno regional o gobierno local. Los costos de mantenimiento se cargan una parte a los usuarios de la red de agua y alcantarillado y otra parte asume los gobiernos locales o municipalidades.

Para determinar el costo de inversión y el costo de tratamiento de la futura planta de tratamiento de aguas residuales con lodos activados se ha tomado las formulas de la CONAMA (Comité Nacional del Medio Ambiente) del Gobierno de Chile, en la publicación de Fundacion Chile sobre “Tecnologia de Lodos Activados”.

Costo de Inversión:

$$Inv = 0,0012*Q^3 - 0,1598*Q^2 + 44,048*Q + 406,25$$

Teniendo en cuenta que para el 2025 el caudal a tratar será de 903 L/s, el costo de inversión será: 753681 dólares americanos

Costo de tratamiento:

$$C = -0,0377*\ln(Q) + 0,2482$$

Considerando el mismo caudal de 903 L/s, el costo de tratamiento será de: 0,5 dólares americanos por m³ de agua residual.

CAPITULO VI: *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*

6.1. CONCLUSIONES

- A. La planta de tratamiento de aguas residuales urbanas diseñada tiene como objetivo primordial la conservación del ambiente y la preservación de las Notas de aguas superficiales y subterráneas del área, para ello tratará un caudal de 903 L/s de aguas residuales proyectado hacia el año 2025. Y se encuentra ubicada en San José, por lo mismo que es una zona baja, y donde ya está ubicado una planta de tratamiento donde cae todas las aguas residuales urbanas de la Ciudad de Chiclayo.
- B. Incrementar la cobertura del tratamiento de aguas residuales urbanas en la ciudad de Chiclayo, así como el mejoramiento de la calidad del agua bajo estándares internacionales, respetando el medio ambiente y su entorno.
- C. De acuerdo a la investigación esta planta de ARU producirá un efluente que pueda ser descargado sin causar daños al medio ambiente y en la salud humana.
- D. El agua residual urbana que se trata en el proceso de lodos activados tiene un pH igual a 6,58 a 23 °, con 324,2 mg/L de DBO₅, 461,08 mg/L de DQO y 135,92 mg/L de grasas y aceites.
- E. La carga contaminante que va a tratarse en el proceso de lodos activados es de 12 660,92 kg/día de DBO₅, 18 006,46 kg/día de DQO y 14 051,20 kg/día de sólidos suspendidos totales.
- F. El tratamiento de lodos activados para tratar las aguas residuales urbanas de la ciudad de Chiclayo tendrá un pretratamiento, un sistema de aireación, sedimentación, y disposición de lodos. La primera etapa tendrá una unidad de desbaste, desarenador, trampa de grasa o desengrasador y un medidor de caudal para la retención de objetos grandes, eliminar arena, grasas que trae el agua residual y controlar el caudal, la segunda etapa encontramos la aireación que se realiza dentro del “Reactor Biológico” y su función es el de soplar oxígeno mediante el uso de tuberías perforadas con el propósito de separar el material orgánico o lodo. El agua resultante de esta etapa es transportada al siguiente proceso que es el de sedimentación, en este tanque se terminan de separar el agua del material orgánico o lodo, lográndose de

esta manera que el lodo quede en la parte inferior del tanque y el agua en la superior, el material orgánico o lodo se devuelve mediante un sistema de tuberías que lo succionan para regresarlo al reactor y cumplir la función de matar a los organismos infecciosos del nuevo lodo, el agua que sale debe cumplir la norma vigente para ser dispuesto y listo para ser vertido o su utilización para riego de cultivos de tallo largo o chico, riego de áreas verdes o limpieza de canchas múltiples con previo tratamiento de purificación con cloro.

6.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Reducir la cantidad de agua a tratar, de esta manera, se reducirían los agentes químicos o recalcitrantes con los que llegan los afluentes al proceso y que son tan perjudiciales para la cantidad de oxígeno disuelto y microorganismos del mismo.
- ❖ Tener en cuenta el proyecto para poder construir la planta o la ampliación correspondiente a los lodos activados y su interconexión para brindar un efluente que se encuentre dentro de lo especificado por la norma.
- ❖ Realizar la caracterización del afluente y efluente, periódicamente, para observar el comportamiento y evolución de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- ❖ Invertir en la mejora de cada uno de los equipos que conforman el proceso de lodos activados, para ello es necesario una parada de planta que permita una adecuación pertinente de los equipos del proceso, y además la implementación de elementos de control.
- ❖ Se debe capacitar al personal de mantenimiento en el tratamiento de las aguas residuales, además de brindarle el equipo necesario para realizar mediciones de rutina y llenar la bitácora con la información generada por el personal.
- ❖ Para mantener un mayor control del funcionamiento de la planta, el personal deberá controlar la DBO, la DQO y los SST, llevar un registro de los mismos además de mantener la frecuencia en la recirculación y purga de lodos.

También debe rellenar el lecho de secado de lodos con arena, cada vez que se extraigan los lodos secos.

- ❖ Monitorear el pH y el oxígeno disuelto en el tanque de aireación para verificar que en el mismo, exista una concentración mínima de 2 mg/L de oxígeno disuelto y un valor de pH entre 6.5-8, para la sobrevivencia de los microorganismos.
- ❖ Elaborar manual de operación de la planta de tratamiento, de fácil entendimiento para los operadores de la misma, en el cual se indiquen los procedimientos y cuidados que deben seguirse.

CAPITULO VII: *REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS*

7.1. BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Alasino, N. (2009) *Síntesis y diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales* [tesis de doctorado]. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/pdf>
- ✚ Arce, L. (2013) *Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales* [tesis para optar el título de ingeniero civil]. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- ✚ Christensson, M. (1997) *Enhance biological phosphorus removal – Carbon sources, nitrate as electron acceptor, and characterization of the sludge community* [tesis post-doctoral]. Lund University, Suecia. Recuperado de <https://lup.lub.lu.se/search/publication/235084ea-a81a-4ced-8533-a8444663eb6c>
- ✚ Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM
- ✚ Droste, R. (1997) *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley and Sons Inc.
- ✚ Eckenfelder, W. W. y Ford, D. L. (1970) *Water pollution control*, McGraw-Hill, Mexico.
- ✚ Méndez, L., Miyashiro, V., Rojas, R., Cotrado, M. y Carrasco, N. (2004) Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio, *Revista del Instituto de Investigación FIGURAMMG-Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. 7(14): 74-83.
- ✚ Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización*, McGraw-Hill;
- ✚ Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater engineering. Treatment and reuse*. (4ta ed). New York: McGraw-Hill.
- ✚ Mujeriego, R. (1990) *Manual práctico de riego con agua residual municipal*. Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- ✚ Mujeriego, R., Gaztelu, M., Jové, J. M. y Bravo J. M. (1984). *El tractament de les aigües residuals en els petits municipis de Barcelona*, Diputació de Barcelona. 481 pp.

- ✚ Oropeza, N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo, *Caos Conciencia* 1, 51-58.
- ✚ Ramalho, R.(2003). *Introduction to wastewater treatment processes*, San Diego: Academic Press.
- ✚ Reynolds, Kelly A. (2002) Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica, *Agua Latinoamérica*, 2(5).
- ✚ Reynolds, R. (1996) *Unit operation and processes in environmental engineering*, Boston: PWS.
- ✚ Rivas, G. (1978) *Tratamiento de aguas residuales*. Madrid: Ed. Vega.
- ✚ Rodríguez, Eder.(2008). *Gestión Ambiental para los subproductos derivados de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Colombia y comparación con sistemas similares en San Andrés* [tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental]. Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/684/>
- ✚ SUNASS. (2008). *Diagnostico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*, RyF Publicaciones y Servicios S.A.C.
- ✚ Varila, J., y Díaz, F. (2008). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio, *Revista de tecnología*. 7(2): 21-28.

ANEXOS

APENDICE A

Procedimiento de cálculo

A continuación, se presenta la metodología de cálculo seguida para la determinación de los requerimientos que conforman el tratamiento de aguas residuales urbanas.

1.1 Diseño de la unidad de desbaste

Cálculo de la geometría de las rejillas:

$$A = \frac{Q}{v}$$

Donde:

A = área de la sección del canal, m²

Q = caudal, m³/s

v = velocidad a través de las barras, m/s

$$A = \frac{0,452 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \text{ m/s}}$$

$$\mathbf{A = 0,753 \text{ m}^2}$$

Debido a que se propone un ancho de canal de Bc = 1,5 m se calcula el tirante de agua en el canal mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{A}{Bc}$$

Donde:

T = tirante o profundidad de flujo, m

Bc = ancho del canal, m, 1,5 m

$$T = \frac{0,753m^2}{1,5m}$$

T = 0,502 m (0,652 m, considerando 15 cm adicionales para que no trabaje a canal lleno)

Calculo de la suma de las separaciones entre barras bg:

$$Bc = \left(\frac{bg}{e} - 1 \right) * (S + e) + e$$

Donde:

Bc = ancho del canal en mm.

bg = suma de las separaciones entre barras, mm.

e = separación entre barras, mm.

S = espesor de las barras, mm.

$$1\,500mm = \left(\frac{bg}{24mm} - 1 \right) * (10mm + 24mm) + 24mm$$

$$\mathbf{bg = 1,065\,m}$$

Calculando área libre de sección de barras:

$$\text{Hipotenusa} = T / \text{seno } \theta^\circ$$

$$H = 0,502\,m / \text{seno } 45^\circ$$

$$\mathbf{H = 0,71\,m}$$

A_E: Área de espacios

$$A_E = H * bg$$

$$A_E = 0,71\,m * 1,065\,m$$

$$\mathbf{A_E = 0,756\,m^2}$$

A continuación calculamos la velocidad que fluye a través de los espacios de la rejilla:

$$Vp = \frac{Q}{A_E}$$

$$Vp = \frac{0,452 \text{ m}^3/\text{s}}{0,756 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{Vp = 0,598 \text{ m/s}}$$

Calculando el número de barras necesarias para las rejillas, n:

$$n = (bg / e) - 1$$

$$n = (1\,065 \text{ mm} / 24 \text{ mm}) - 1$$

$$\mathbf{n = 43,375 \approx 44 \text{ barras}}$$

Para estimar el ancho o la profundidad en la zona de la rejilla, se utiliza la siguiente expresión:

$$P = Q * \frac{b + e}{\left(1 - \frac{G}{100}\right) * Vp * e * Bc}$$

Donde:

P = profundidad en la zona de rejilla, m

Q = caudal de aguas residuales, m³/s

Vp = velocidad de paso entre la rejilla, m/s

b = ancho de la barra, m

G = grado de colmatación (30 %)

$$P = 0,452 * \frac{0,04 + 0,024}{\left(1 - \frac{30}{100}\right) * 0,598 * 0,024 * 1,5}$$

$$\mathbf{P = 1,92 \text{ m}}$$

La pérdida de carga generada por la rejilla, empleando la expresión de

Lozano – Rivas (2012) es:

$$\Delta H = \frac{Vp^2}{9,1}$$

$$\Delta H = \frac{0,598^2}{9,1}$$

$\Delta H = 0,0393 \text{ m} \approx 3,93 \text{ cm}$, es una pérdida de carga aceptable

1.2 Diseño del desarenador.

Cálculo del ancho total del desarenador.

$$B = \frac{Q}{h * Vg}$$

Donde:

Vg: velocidad de escurrimiento horizontal, m/s

H: profundidad del desarenador, m

B: ancho del desarenador, m

Considerando que se trata un caudal mediano, la profundidad efectiva, H de la unidad se establece en 1,2 m

$$B = \frac{0,226 \text{ m}^3/\text{s}}{1,2\text{m} * 0,3 \text{ m}/\text{s}}$$

B = 0,628 m

Cálculo de la longitud del desarenador

$$L = \frac{Vg * H}{TAS}$$

Donde:

TAS: Carga superficial, $50 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h} = 0,01389 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{s}$

$$L = \frac{0,3 \text{ m/s} * 1,2 \text{ m}}{0,01389 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$L = 25,918 \text{ m}$$

L = (25,981 m)*1,25 = 32,476 m, equivalente al 25 % adicional a la longitud teórica, de acuerdo a la norma OS.090. La norma establece la relación entre la longitud y la altura del agua debe ser como mínimo 25.

$$L / H = (32,476 \text{ m}) / (1,2 \text{ m}) = 27,06$$

La cantidad de material retenido en la tolva para la arena será: 30 – 40 L arena/1 000 m³ agua residual.

Cantidad de arena depositada en la tolva:

$$\frac{40 \text{ Litros de arena}}{1\,000 \text{ m}^3 \text{ de agua residual}} * 0,226 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{86\,400 \text{ s}}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ L}} = 0,781 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Para tolva de arena, la altura de diseño varia de 0,1 a 0,15 m, se considera 0,1 m.

Volumen de la tolva de arena:

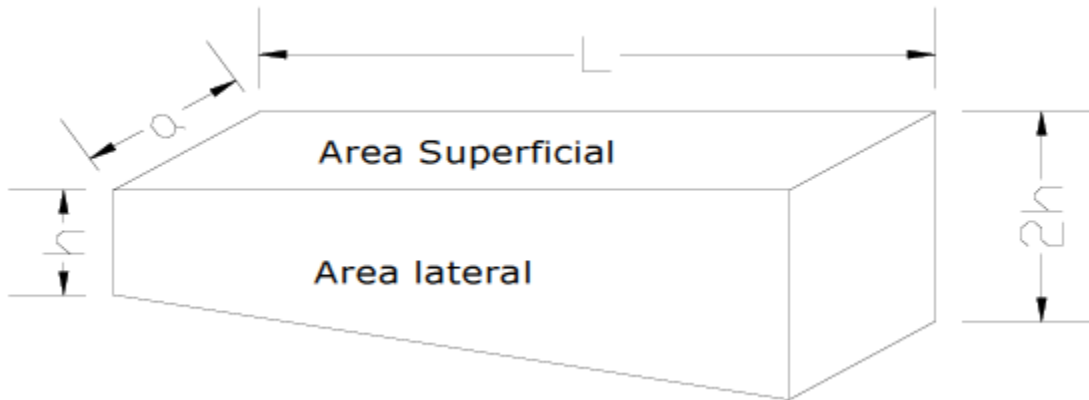
$$V = B * L * h_{\text{tolva}}$$

$$V = 0,628 \text{ m} * 32,476 \text{ m} * 0,1 \text{ m} = 2,039 \text{ m}^3$$

Determinación del periodo de limpieza: Volumen de la tolva / cantidad de arena depositada

$$\text{Determinación del periodo de limpieza} = (2,039 \text{ m}^3) / (0,781 \text{ m}^3 / \text{día}) = 2,61 \text{ días.}$$

1.3 Diseño de la trampa de grasas o desengrasador



1.3.1 Cálculo de la geometría de la trampa de grasa

Área superficial = Tasa de aplicación $\cdot Q_{\text{maxhorario}}$

$$A = (0,25 \text{ m}^2 \cdot \text{s/L}) \cdot (226 \text{ L/s})$$

$$A = 56,5 \text{ m}^2$$

Longitud de la trampa de grasa = $(\text{Área superficial} \cdot r)^{0,5}$

$$L = (56,5 \text{ m}^2 \cdot 1,5)^{0,5}$$

$$L = 9,206 \text{ m}$$

Ancho de la trampa de grasa = L/r

$$a = 9,206 \text{ m} / 1,5$$

$$a = 6,14 \text{ m}$$

Volumen útil de la trampa de grasa = $Q_{\text{maxhorario}} \cdot \text{Tiempo de retención}$

$$V_u = (0,226 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot (180 \text{ s})$$

$$V_u = 40,68 \text{ m}^3$$

1.3.2 Cálculo de las dimensiones laterales de la trampa de grasa

$$\text{Volumen} = (40,68 \text{ m}^3) \cdot 1,2$$

$$V = 48,816 \text{ m}^3$$

$$\text{Profundidad} = 2 \cdot V / (3 \cdot L \cdot a)$$

$$h = (2 \cdot 48,816 \text{ m}^3) / (3 \cdot 9,206 \text{ m} \cdot 6,14 \text{ m})$$

$$h = 0,58 \text{ m}$$

$$2h = 1,16 \text{ m}$$

1.3.3 Remoción de aceites y grasas

$$\text{Cantidad de grasa a remover} = (135,92 \text{e-}6 \text{ kg/L}) \cdot (19\ 526\ 400 \text{ L/día}) \cdot 0,9$$

$$\text{Cantidad de grasa a remover} = 2\ 388,62 \text{ kg/día}$$

$$\text{Concentración prevista: } 5 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen de agua-grasa a evacuar} = (2\ 388,62 \text{ kg/día}) / (5 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Volumen de agua-grasa a evacuar} = 477,724 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Horas de funcionamiento: } 8 \text{ horas/día}$$

$$\text{Caudal horario} = (477,724 \text{ m}^3/\text{día}) / (8 \text{ h/día})$$

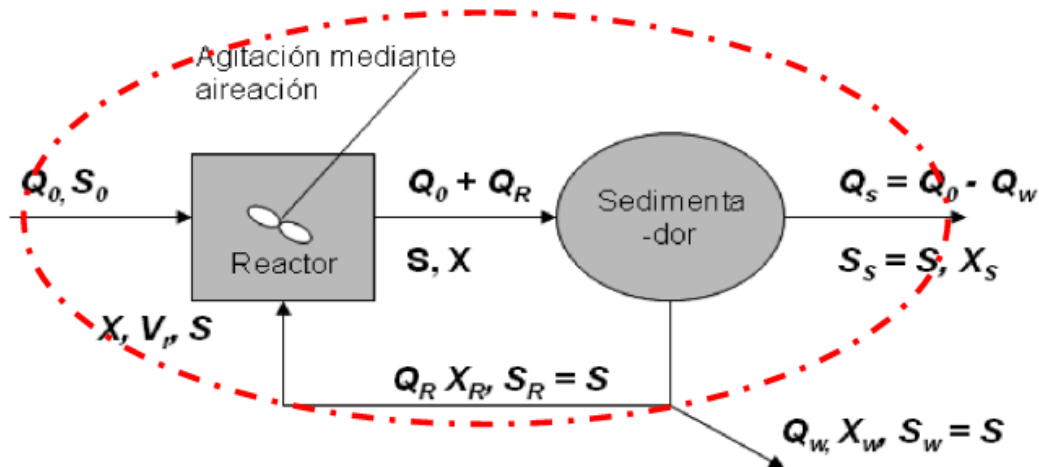
$$\text{Caudal horario} = 59,716 \text{ m}^3/\text{h}$$

1.4 Diseño de reactor de lodos activados con aireación extendida

Caudal

$$Q_0 = (0,452 \text{ m}^3/\text{s}) \cdot (86\ 400 \text{ s/día})$$

$$Q_0 = 39\ 052,8 \text{ m}^3/\text{día total}$$



Balance de materia orgánica del sistema completo

Cálculo de S_0 y S_s

S_0 y S_s : Demanda bioquímica última de oxígeno soluble antes y después del tratamiento.

k : Tasa de respiración para DBO_5 , $0,3 \text{ d}^{-1}$

k_d : Coeficiente de decaimiento endógeno para DBO , $0,055 \text{ d}^{-1}$

y : Rendimiento, SSV/DBO_5 , $0,5$

X : Concentración de biomasa, $3\,500 \text{ mg/L}$ ($3\,000 \text{ mg/L} - 6\,000 \text{ mg/L}$)

k_{ds} : Tasa específica del sustrato, $0,025 \text{ m}^3/\text{g.d}$, ($0,025 - 0,075 \text{ m}^3/\text{g.d}$)

T : temperatura del agua, $30 \text{ }^\circ\text{C}$

$$S_0 = S_{0u} * (1 - e^{-5*k})$$

$$324,2 = S_{0u} * (1 - e^{-5*0,3})$$

$$\mathbf{S_{0u} = 417,32 \text{ mg/L}}$$

$$k_{d30} = k_d * 1,04^{T-20}$$

$$k_{d30} = 0,055 * 1,04^{30-20}$$

$$\mathbf{k_{d30} = 0,0814 \text{ d}^{-1}}$$

$$S_s = \frac{k_{d30}}{y * k_{ds}}$$

$$S_s = \frac{0,0814}{0,5 \cdot 0,025}$$

$$S_s = 6,512 \text{ mg/L}$$

Cálculo del volumen del reactor

$$V_r = \frac{Q \cdot (S_o - S_s)}{k_d \cdot X \cdot S_s}$$

$$V_r = \frac{39\,052,8 \cdot (417,32 - 6,512)}{0,025 \cdot 3\,500 \cdot 6,512}$$

$$V_r = 28\,155,85 \text{ m}^3$$

$V_r = (28\,155,85 \text{ m}^3) \cdot 1,25 = 35\,194,81 \text{ m}^3 \approx 35\,200 \text{ m}^3$, el volumen de diseño para del reactor biológico se considera 25 % de sobrediseño, siendo su capacidad de 35 200 m³, para ello se va a considerar 4 reactores biológicos con una capacidad de 8 800 m³.

Cálculo de las dimensiones del reactor

Se considera una profundidad del líquido en el tanque de 3 m.

$$L = a = L^2$$

$$h = V_r \cdot a / L^2$$

$$L = ((8\,800 \text{ m}^3) / (3 \text{ m}))^{0,5}$$

$$L = 54,16 \text{ m}$$

$$a = 54,16 \text{ m}$$

Relación de sustrato a microorganismos, F/M

$$\frac{F}{M} = \frac{S_o \cdot Q_o}{V \cdot X}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{0,3242 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot 39\,052,8 \text{ m}^3 / \text{dia}}{35\,200 \text{ m}^3 \cdot 3,5 \text{ kg SSV} / \text{m}^3}$$

$$F/M = 0,103 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg SSV LM.d (0,10 – 0,25)}$$

Edad del lodo (EL)

$$EL = (SSVLM \cdot Vr / 1\,000) / (y \cdot DBO_5 - SSVLM \cdot Vr \cdot b / 1\,000)$$

Donde:

y: coeficiente de producción de lodo, g SSVLM/g DBO₅, 0,5

b: coeficiente de decaimiento, día⁻¹, 0,03 día⁻¹

SSVLM: 3 500 mg/L

$$EL = (3\,500 \cdot 35\,200 / 1\,000) / (0,5 \cdot 12\,660,92 - 3\,500 \cdot 35\,200 \cdot 0,03 / 1\,000)$$

$$EL = 46,76 \text{ días} \approx 47 \text{ días (20 – 60 días)}$$

Carga volumétrica, CV

$$CV = Q_0 \cdot S_0 / Vr$$

$$CV = (39\,052,8 \text{ m}^3/\text{día}) \cdot (0,324 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3) / (35\,200 \text{ m}^3)$$

$$CV = 0,36 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{día (0,1 – 0,4 kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{día)}$$

Tiempo de retención hidráulico

$$\theta = Vr / Q_0$$

$$\theta = (35\,200 \text{ m}^3) / (39\,052,8 \text{ m}^3/\text{día})$$

$$\theta = 0,901 \text{ día} = 21,6 \text{ h} \approx 22 \text{ h (15 h – 36 h)}$$

Tiempo de retención celular, tx

$$tw = \left(\frac{\mu_m \cdot S_0}{S_0 + k_s} - k_d \right)^{-1}$$

$$tw = \left(\frac{1,8 \cdot 324,2}{324,2 + 100} - 0,05 \right)^{-1}$$

$$tw = 0,754 \text{ días (18,1 h)}$$

$$t_x = FS \cdot tw$$

FS: Factor de seguridad, 1 – 20

Concentración de materia orgánica, S, en en mg DBO₅/L

$$S_{\text{calc}} = \frac{ks*(1+tx*kd)}{tx*(\mu_m - kd)}$$

$$S_{\text{calc}} = \frac{100*(1+0,05*tx)}{tx*(1,8 - 0,05)}$$

FS	tx, días	S _{calc} , mg DBO ₅ /L
2	1,508 0	40,750 3
2,1	1,583 4	38,945 8
2,2	1,658 8	37,305 5
2,3	1,734 2	35,807 7
2,4	1,809 6	34,434 8
2,5	1,885 0	33,171 7
2,6	1,960 4	32,005 7
2,7	2,035 8	30,926 1
2,8	2,111 2	29,923 7
2,9	2,186 6	28,990 3
3	2,262 0	28,119 2

Luego comprobamos si esos valores son menores que los que exige la legislación para poder seguir con los cálculos. $S_{\text{calc}} < S_{\text{max}}$ Si no lo fuera, habría que modificar los valores del factor de seguridad. En nuestro país, el valor de S_{max} está fijado en 100 mgDBO₅/L (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM). El FS elegido para que el valor de S_s coincida con el valor deseado, 30 mg/L, es 2,8 para un tiempo de retención celular de 2,11 días con una carga de materia orgánica de 29,92 mg/L.

Cálculo del volumen

$$V = Q_0 \cdot \theta$$

$$V = (39\,052,8 \text{ m}^3/\text{día}) \cdot (0,901 \text{ día})/4$$

$$\mathbf{V = 8\,796,64 \text{ m}^3}$$

Cálculo de la eficiencia

$$E = (S_0 - S_e)/S_0 \cdot 100$$

$$E = (324,2 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L})/(324,2 \text{ mg/L}) \cdot 100$$

$$\mathbf{E = 90,75 \%}$$

Cálculo del caudal, Qw

$$Q_w = \frac{V \cdot X}{t_x \cdot x_w}$$

$$Q_w = \frac{8\,796,64 \cdot 3\,500}{2,11 \cdot 6\,000}$$

$$\mathbf{Q_w = 2\,431,93 \text{ m}^3/\text{día}}$$

Cálculo de la relación de recirculación, R

$$R = \frac{(t_x - \theta) \cdot X}{(X_R - X) \cdot t_x}$$

$$R = \frac{(2,11 - 0,901) \cdot 3\,500}{(6\,000 - 3\,500) \cdot 2,11}$$

$$\mathbf{R = 0,802 (0,75 - 1,5)}$$

Cálculo del caudal de recirculación, Qr

$$Q_R = Q_0 \cdot R$$

$$Q_R = (39\,052,8 \text{ m}^3/\text{día}) \cdot 0,802/4$$

$$\mathbf{Q_R = 7\,830,09 \text{ m}^3/\text{día}}$$

Cálculo del caudal de salida, Qs

$$Q_s = Q_0 - Q_w$$

$$Q_s = 9\,763,2 \text{ m}^3/\text{día} - 2\,431,93 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_s = 7\,331,27 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo del caudal, Q_2

$$Q_2 = Q_R + Q_W$$

$$Q_2 = 7\,830,09 \text{ m}^3/\text{día} + 2\,431,93 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_2 = 10\,262,02 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo del caudal, Q_1

$$Q_1 = Q_s + Q_2$$

$$Q_1 = 7\,331,27 \text{ m}^3/\text{día} + 10\,262,02 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_1 = 17\,593,29 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo del consumo de oxígeno

$$Q_{O_2} = Q_o \cdot (S_o - S) - 1,42 \cdot (Q_w \cdot X_w)$$

$$Q_{O_2} = (9\,763\,200 \text{ L/día}) \cdot (324,2 - 30) \text{ mg/L} - 1,42 \cdot (2\,431,93 \text{ m}^3/\text{día}) \cdot (6\,000 \text{ mg/L})$$

$$Q_{O_2} = 2\,851,61 \text{ kg O}_2/\text{día} = 118,82 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

Transferencia de oxígeno a condiciones normales

$$TN = \frac{9,17 \cdot Q_{O_2}}{1,027^{T-20} \cdot \alpha \cdot (C_o - C)}$$

Donde:

α : 0,85

C_o y C : concentración de oxígeno disuelto, mg/L

$$TN = \frac{9,17 \cdot 118,82}{1,024^{30-20} \cdot 0,85 \cdot (7,52 - 2)}$$

$$TN = 183,19 \text{ kg O}_2/\text{h}$$

Cálculo de la potencia de los aireadores mecánicos

RE: 3,5 kg O₂/HP.h (0,9 – 8,82 kg O₂/HP.h)

$$RE = \frac{183,19 \text{ kgO}_2/\text{h}}{3,5 \text{ kgO}_2/\text{HP.h}}$$

$$RE = 52,34 \text{ HP}$$

Potencia del motor

$$W = 52,34 * 1,1$$

$$W = 57,57 \text{ HP} \approx 42,93 \text{ kW, potencia nominal } 50 \text{ kW}$$

1.5 Diseño del sedimentador

Cálculo de las dimensiones del sedimentador

RDS: Carga superficial, 30 – 50 m³/m².día

TRH: Periodo de retencion, 2 horas (sedimentador rectangular: 2 – 4 h)

Q: 10 262,02 m³/día

$$A = Q/RDS$$

$$A = (10\,262,02 \text{ m}^3/\text{día}) / (40 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día})$$

$$A = 256,55 \text{ m}^2$$

Relación Longitud/ancho = 4, L = 4*a

$$A = L*a$$

$$256,55 \text{ m}^2 = 4*a*a$$

$$a = 8,01 \text{ m}$$

$$L = 32,04 \text{ m}$$

Cálculo del volumen del sedimentador

$$V = Q*TRH$$

$$V = (10\,262,02 \text{ m}^3/\text{día}) / (24 \text{ h/día}) * 2$$

$$V = 855,17 \text{ m}^3$$

Cálculo de la altura del sedimentador

$$h = V/A$$

$$h = (855,17 \text{ m}^3)/(256,55 \text{ m}^2)$$

$$h = 3,33 \text{ m}$$

$$h = \mathbf{3,83 \text{ m}}$$
 (incluido 0,5 m de borde libre)

APENDICE B

El Peruano

Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

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

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

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

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

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

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

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

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

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

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

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

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

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

DECRETA:

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

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

Artículo 2°.- Definiciones

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

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

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

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

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

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

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

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

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

Artículo 7°.- Refrendo

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

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

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

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

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

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

469446-2