

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESINA

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
MEDIANTE EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS EN VILLA CHULLUNQUIANI**

PRESENTADO POR:

JOSÉ PACORI PACORI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

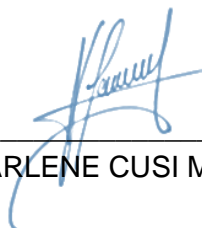
PUNO - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**FACULTAD DE INGENIERÍAS****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL****TESINA****DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES****MEDIANTE EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS EN VILLA****CHULLUNQUIANI****PRESENTADO POR:****JOSÉ PACORI PACORI****PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:****BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE




M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

ING. MILUSKA GUISELLE CATAORA MACEDO

ASESOR DE TESIS



Ing. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

Área: Ingeniería y Tecnología

Disciplina: Otras Ingenierías y Tecnologías

Especialidad: Aguas residuales industriales y aguas servidas

Puno, 14 de enero del 2021.

ACTA DE SUBROGACIÓN DE FIRMA

FOLIO N° 001-AS-CI

En la ciudad de Puno a los 28 días del mes de marzo de año 2022; el firmante en calidad de coordinador de investigación de la facultad de ingenierías, de conformidad y dando cuenta al oficio N°005-2022-DDI/ORI-UPSC, remitido a este despacho en fecha 28 de marzo del año en curso por la responsable de repositorio institucional, manifestando que de la tesina del egresado Jose Pacori Pacori de título **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE EL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS EN VILLA CHULLUNQUIANI**, la cual fue sustentada a los 14 días del mes de enero del año 2021, la Ing Miluska Guiselle Catacora Macedo integro la terna de jurados como Primer miembro y a la fecha no ingreso su firma digital que solicita repositorio y teniendo de conocimiento que ya no labora en la Institución. La coordinación en cumplimiento al Reglamento de investigación y según lo establecido por el **Art. 120.- En caso que los jurados sean renuentes a autorizar con sus firmas la conformidad del acto de sustentación o cualquier otro acto vinculado al proceso de obtención de grados o títulos en un plazo perentorio de 15 días calendarios será subrogado y será la coordinación de investigación de la facultad la que asuma estas funciones para las firmas correspondientes. Los docentes subrogados pierden el derecho a cualquier tipo de pago y se informará a la oficina de personal para la instauración de los procesos sancionadores correspondientes.** En tal sentido Alegando el interés superior del sustentante, procedo a firmar el presente acta para que pueda viabilizar el trámite correspondiente del tesista conducente a la obtención del Bachiller en Ingeniería Ambiental, siendo los 28 días de marzo del 2022



Mg. Luis Alberth Rossel Bernedo
Coordinación de Investigación
Facultad de Ingenierías

DEDICATORIA

- El presente trabajo fue realizado con mucho esfuerzo y es dedicado a quienes hicieron posible mi formación como persona: a mis padres Felipe y María, gracias por su apoyo moral, por los valores que han diseminado en mí.
- A mis hermanos: Nancy, Delia, Yvan, quienes son mi ejemplo de trabajo y superación, muchas gracias, con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional para el desarrollo de mi región.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.
- A los miembros del jurado calificador, por ser parte de esta investigación.
- A mi asesor por brindarme el apoyo y la orientación para la culminación de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA
INVESTIGACIÓN**

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2.- ANTECEDENTES	16
1.2.1.- Antecedentes Internacionales	16
1.2.2.- Antecedentes Nacionales	16
1.2.3.- Antecedentes Locales	17
1.3.- OBJETIVOS	18
1.3.1.- Objetivo General	18
1.3.2.- Objetivos específicos	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3

2.1.- MARCO TEÓRICO	19
2.1.1- Tratamiento de aguas residuales	19
2.1.2.- Pretratamiento	19
2.1.3.- Tratamiento primario	26
2.1.4.- Tratamiento secundario	32
2.1.5.- Tratamiento Terciario	45
2.1.6.- Tratamiento y disposición de lodos	45
2.1.7.- Rendimientos referenciales de la depuración de aguas residuales	47
2.2.- MARCO CONCEPTUAL	48
2.3.- HIPÓTESIS	51
2.3.1.- Hipótesis general	51
2.3.2.- Hipótesis específica	51
2.3.3.- Variables e indicadores	51

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.- ZONA DE ESTUDIO	52
3.2.-TAMAÑO DE MUESTRA	54
3.2.1.-Poblacion	54
3.3.- MÉTODO Y TÉCNICAS	57
3.3.1.- Toma de muestra del agua residual	57
3.3.2.- Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	58
3.4.- VARIABLES E INDICADORES	58
3.4.1.- Operacionalización de variables	59
3.5.- MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	59
3.5.1.- Metodología de la investigación	59
3.5.2.- Tipo de la Investigación	60
3.5.3.- Nivel de la investigación	60
3.5.4.- Medidas de tendencia central	60

CAPÍTULO IV**EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL	62
4.2.- PERIODO DE DISEÑO	63
4.2.1.-Diseño de las rejillas	68
4.2.2.-Diseño del desarenador	70
4.2.3.-Diseño del tanque de decantación primaria	74
4.2.4.-Diseño de lodos activados	78
4.2.5.-Diseño de lecho de secado	93
4.2.6.-Diseño de la cámara de cloración	96
4.3.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS	98
4.3.1.-Discusión de resultados para la remoción de la DBO	99
4.3.2.-Discusión de resultados para la remoción de los SST	102
4.3.3.-Discusión de resultados para la remoción de los coliformes termotolerantes	105
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Características de las rejas de barra de limpieza manual y mecánica	20
Tabla 2: Constante a, en función al diámetro	22
Tabla 3: Velocidad de caída según Arkhangelski	22
Tabla 4: Valores de la constante k.	24
Tabla 5: Velocidades de caudal medio	27
Tabla 6: Velocidad a caudal Máximo	27
Tabla 7: Tiempos de retención	28
Tabla 8: Relación de dimensiones en la decantación rectangular primaria	29
Tabla 9: Relación de dimensiones en decantación circular primaria	30
Tabla 10: Carga sobre el vertedero	31
Tabla 11: Velocidades lineales de las barreras	31
Tabla 12: Concentración de fangos en la salida	32
Tabla 13: Parámetros Biocinéticos	33
Tabla 14: Valores de diseño para fangos activos	34
Tabla 15: Coeficientes de diseño	36
Tabla 16: Valores de coeficientes de saturación a una determinada temperatura.	38
Tabla 17: Valores de coeficientes de Kt^3	41
Tabla 18: Parámetros utilizados en la decantación	44
Tabla 19: Cantidad de Sólidos/m ² .año	46
Tabla 20: Rendimientos referenciales según la norma OS 090 (2006)	47
Tabla 21: Rendimiento referenciales	48
Tabla 22: Número de alumnos en el nivel inicial del CAT	54
	6

Tabla 23: Número de alumnos del nivel primario del CAT	55
Tabla 24: Número de alumnos del nivel secundario del CAT	55
Tabla 25: Número de personal del campus universitario	56
Tabla 26: Número de alumnos de la Universidad Peruana Unión	57
Tabla 27: Operacionalización de variables	59
Tabla 28: Resultados de los parámetros físicos del agua residual	62
Tabla 29: Resultados de los parámetros químicos del agua residual.	63
Tabla 30: Resultados de los parámetros biológicos del agua residual.	63
Tabla 31: Nivel inicial del CAT	64
Tabla 32: Nivel primario del CAT	65
Tabla 33: Nivel secundario del CAT	65
Tabla 34: Personal del campus universitario	66
Tabla 35: Número de alumnos de la UPEU	67
Tabla 36: % de remoción para la DBO	99
Tabla 37: Medidas de tendencia central para la DBO	101
Tabla 38: % de remoción para los SST	102
Tabla 39: Medidas de tendencia central para la SST	104
Tabla 40: % de remoción para coliformes fecales	105
Tabla 41: Medidas de tendencia central para los Coliformes Termotolerantes	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Desarenador de flujo horizontal.	21
Figura 02: Nomograma de Stokes y Sellerio.	23
Figura 03: Ubicación del proyecto, Fuente Google	53
Figura 04: Toma de muestra del agua residual	58
Figura 05: Plano de la rejilla	70
Figura 06: Plano del desarenador	73
Figura 07: Plano de decantación primaria	77
Figura 08: Plano del sistema de lodo activado	90
Figura 09: Plano del decantador secundario	93
Figura 10: Plano del lecho de secado	96
Figura 11: Plano de la camara de cloracion	98
Figura 12: % de remoción de la DBO5	100
Figura 13: % de remoción de los SST	103
Figura 14: % de remoción de los Coliformes	106
Figura 15: Diagrama de flujo seleccionado	109

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	118
Anexo 02: Análisis de laboratorio	119

RESUMEN

En la presente investigación se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de lodos activados, para el diseño se realizó el análisis de agua residual obteniéndose los siguientes resultados la DBO_5 igual a 410 mg/lit, los Sólidos suspendidos igual a 640 mg/lit, Coliformes fecales igual a de $8.4 \cdot 10^5$ NMP/100 ml, se diseñó para agua de riego de vegetales y consumo de animales que corresponde a un ECA 3, considerando una DBO de 15 mg/lit según lo establece el DS. N° 004-2017 MINAN.

Para el diseño del sistema, se calculó la población futura por el método aritmético resultando igual a 9102 habitantes, dentro del tratamiento preliminar se consideró el diseño de las rejillas, desarenador. Para el diseño del tratamiento primario se consideró un decantador primario, que viene a ser un sistema mecanizado obteniéndose un volumen de digestión igual a 117.42 m³. Para el diseño del tratamiento secundario, se optó por el sistema de lodos activados por ser uno de los sistemas más eficientes, obteniéndose un volumen del reactor igual a 453.76 m³. En el tratamiento terciario se diseñó la cámara de cloración, en donde se obtuvo un volumen de 35.5m³, el número de compartimientos fue de doce, la finalidad de esta cámara de cloración es la de eliminar a los microorganismos mediante una dosis de cloro. La presente investigación es del tipo no experimental, y el enfoque será cuantitativo, puesto que utilizaremos números. Finalmente se puede concluir que se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales, cumpliendo con los LMP, establecidos por el D.S N° 010-2010 MINAM, el diseño está compuesto por una rejilla, desarenador, sedimentador primario, sistema de lodos activados, cámara de cloración y un lecho de secado de lodos.

Palabras clave: Agua residual, caudal, diseño, DBO_5 , planta de tratamiento

ABSTRACT

In the present investigation, a wastewater treatment plant was designed using the activated sludge system, for the design the wastewater analysis was carried out, obtaining the following results: BOD5 equal to 410 mg / lt, suspended solids equal to 640 mg / lt, fecal coliforms equal to $8.4 * 10^5$ MPN / 100 ml, was designed for irrigation water for vegetables and animal consumption that corresponds to an ECA 3, considering a BOD of 15 mg / lt as established by the DS. N ° 004-2017 MINAN.

For the design of the system, the future population was calculated by the arithmetic method resulting in equal to 9102 inhabitants, within the preliminary treatment the design of the grids, sand trap was considered. For the design of the primary treatment, a primary decanter was considered, which is a mechanized system, obtaining a digestion volume equal to 117.42 m³. For the design of the secondary treatment, the activated sludge system was chosen as it is one of the most efficient systems, obtaining a reactor volume equal to 453.76 m³. In the tertiary treatment, the chlorination chamber was designed, where a volume of 35.5m³ was obtained, the number of compartments was twelve, the purpose of this chlorination chamber is to eliminate microorganisms through a dose of chlorine. The present investigation is of the non-experimental type, and the approach will be quantitative, since we will use numbers. Finally, it can be concluded that a wastewater treatment plant was designed, complying with the LMP, established by DS N ° 010-2010 MINAM, the design is composed of a grid, sand trap, primary settler, activated sludge system, chamber chlorination and a sludge drying bed.

Keywords: Wastewater, flow, design, BOD5, treatment plant

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el agua es un recurso hídrico de vital importancia para la supervivencia de los seres vivos, y la contaminación de este recurso ha ido en aumento esto por la falta de conciencia ambiental de las personas, el vertimiento de las aguas residuales en Villa Chullunquiani se hace directamente a una laguna esto para su tratamiento, así mismo se tiene un expediente técnico de una planta de tratamiento de aguas residuales que es eficiente para la zona y está próxima para su ejecución, las aguas residuales que se desembocan son de origen doméstico e industrial.

En la actualidad existen plantas de tratamiento de aguas residuales, pero que estas no vienen siendo adecuadas para las zonas, esto debido a que no se tienen una tecnología que se adecue a la zona a su vez estos no tienen un diseño adecuado y a eso lo sumamos la falta de operación y mantenimiento, actualmente en la provincia de Yunguyo cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de lodos activados, esta planta no viene cumpliendo con los LMP, esto debido a que el sistema consume una buena cantidad de energía, ya que la mayor parte de la energía es requerida por los sopladores de la planta y a eso lo sumamos la falta de mantenimiento, así mismo a nivel de la región de Puno existen numerosas plantas de tratamiento pero estas no cumplen con los LMP, establecidos.

En la presente investigación se realizará el análisis del agua residual, con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se tomará un diseño adecuado y eficiente para la zona, teniendo en consideración que las tecnologías anaerobias no son eficientes para la zona en vista que las bacterias requieren de calor, por lo que para la presente investigación se tomará una tecnología aerobia en donde se incorpora aire caliente, tomando como base la

norma OS 090, y el manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales, así mismo se realizará los planos y con esto se dará una propuesta a la solución del problema.

La propuesta de la planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Villa Chullunquiani, cumplirá con los LMP, ya que la planta de tratamiento depende de las características del agua residual.

En el CAPÍTULO I se habla sobre el planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación, todo esto representado en la problemática actual de las plantas de tratamiento de aguas residuales, en el CAPÍTULO II nos enfocamos en el marco teórico y conceptual que nos sirve como base para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en el presente capítulo nos basamos en la hipótesis de la investigación, en el CAPÍTULO III hablamos sobre la metodología de la investigación, la zona de estudio, método y técnicas, previamente realizando la caracterización del agua residual, luego en el CAPÍTULO IV nos enfocamos en la exposición y análisis de resultados y todo lo concerniente al diseño y discusión de resultados del proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la SUNASS (2016), afirma que las EPS, hasta diciembre del año 2013, 17.5 millones de habitantes contaban con servicio de agua potable y 16 millones con servicio de alcantarillado. Las EPS producen un promedio de 3.78 millones de m³ de agua potable al día. (pág. 36)

Villa Chullunquiani a la fecha no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales adecuada para la zona, por lo que el vertimiento de las mismas se hace directamente a una laguna, ya que las aguas residuales que se desembocan son de origen doméstico e industrial, doméstico porque en la universidad peruana unión existe personal internado tanto estudiantes como docentes y personal administrativo, industrial ya que en la universidad existen laboratorios de las escuelas profesionales y estas desembocan a la misma conexión de alcantarillado de las aguas residuales domésticas.

En la actualidad se tiene un acelerado crecimiento de la población estudiantil en Villa Chullunquiani, esto por el nivel de la calidad educativa que tiene ya que cuenta con infraestructura, laboratorios, equipamiento, línea de investigación, docentes de especialidad

entre otros esto en las diversas carreras y a esto lo sumamos la calidad educativa en el nivel Inicial, Primaria y Secundaria, por lo que es de prioridad contar con un sistema de PTAR, que se adecue a la zona, ya que a la fecha se cuenta con un expediente técnico pero a la fecha no se tiene definido el sistema por el cual se optara, por lo que en la presente investigación se optará por un sistema aerobio.

Existen otras tecnologías como los MBR, que son membranas que no requieren de tratamiento terciario ya que la calidad del agua cumple con los LMP pero esta tecnología a la fecha no es muy comercial, así mismo existen las tecnologías anaerobias, estas tecnologías no se adecuan a la zona porque las temperaturas en invierno en nuestra zona llegan por debajo de 0°C, y las bacterias no tienen la misma eficiencia a temperaturas bajas.

Formulación del Planteamiento del Problema

Problema General

¿Será favorable el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani - 2020?

Problemas específicos

¿Cuál es la calidad físico, químico y microbiológica de las aguas residuales en la localidad de Villa Chullunquiani?

¿Será factible el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani esto de acuerdo a las características de la zona?

¿Cuáles serán las características de los planos de la planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani?

1.2.- ANTECEDENTES

1.2.1.- Antecedentes Internacionales

Morocho, (2017), Realizó la siguiente investigación: “Tratamiento de aguas residuales de una curtiembre en el Cantón Cuenca mediante la aplicación dosificada de Emas”, tiene la siguiente conclusión: En la investigación se analizaron tres tratamientos en las aguas residuales de una curtiembre de la ciudad de Cuenca. Se analizó un tratamiento físico químico y dos tratamientos basados en microorganismos eficientes y efectivos, de estos tres tratamientos se observó que en el tratamiento físico químico como la coagulación y floculación es con el que se obtiene mejor resultado, dando como resultado una disminución considerable de DBO_5 , DQO y Cr.

Cerda, (2013), Realizó la siguiente investigación: “Estudio Técnico-económico para la ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Malalhue, comuna de Lanco”, tiene la siguiente conclusión: Se realizó el estudio de población y demanda de caudales en donde se obtuvo un 3.12% del crecimiento de la población en Malalhue en el año 2012. En este año se tuvo 4045 habitantes que es superior a lo estimado, por lo que esto generó un déficit del 90% del agua tratada, ya que la planta debió de tratar $1462.8 \text{ m}^3 / \text{día}$ y la planta actualmente posee una capacidad de $769.9 \text{ m}^3 / \text{día}$. Por lo que se puede afirmar que no se consideró que la tasa de crecimiento es alta para la población.

1.2.2.- Antecedentes Nacionales

Gutierrez, (2019), Realizó la siguiente investigación: “Mejoramiento De La Planta De Tratamiento de Aguas Residuales “San José” para su reuso con Fines Agrícolas-Chiclayo”, tiene la siguiente conclusión: El sector agrícola es la que requiere de gran cantidad del recurso hídrico, ya que a la fecha en la localidad de San José, se viene utilizando el agua potable para el riego de los cultivos, por lo que se firmó un acuerdo entre la comunidad

campesina de San José y EPSEL, para así de esta manera asegurar que los cultivos se abastezcan del recurso hídrico a su vez este recurso cumplan con los LMP.

Villegas, (2018), Realizó la siguiente investigación: “Remoción De Fósforo y Nitrógeno de Aguas Residuales Domesticas, Mediante Humedales Artificiales de Flujo Vertical Empleando Antracita y Tereftalato de Polietileno, en La Localidad De Toma, Carhuaz – Ancash”, tiene la siguiente conclusión: Los humedales artificiales aproximadamente tienen la capacidad de remover entre un 60% - 80% del nitrógeno total, sin embargo para que alcance esta eficiencia se requiere de especies macrófitas, y la configuración del sistema hidráulico, a esto lo sumamos las características que debe tener en el afluente, la temperatura y el tipo de microorganismos que se requieren para que el agua cumpla con los LMP.

1.2.3.- Antecedentes Locales

Fuente, 2019, Realizó la siguiente investigación: “Relación de oxígeno disuelto con los parámetros físicos en el puerto muelle de la bahía interior del Lago Titicaca – Puno”, y tiene la siguiente conclusión: La relación de oxígeno disuelto realizado con los parámetros físicos tienen una correlación de 1, por lo que este valor afirma que la temperatura tiene una relación directa con el oxígeno disuelto. En cuanto al parámetro del PH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, turbiedad esto no guardan relación ya que su correlación varía de 0.8 a -1.0 esto con respecto al oxígeno disuelto.

Condori, (20017), Realizó la siguiente investigación, “Instalación y Evaluación de un Sistema de Reactores para Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas por Proceso de Lodos Activados”, tiene la siguiente conclusión: En el reactor se evaluó los siguientes parámetros, como son los SST, SSV, DQO, DBO en donde se tuvo los siguientes resultados DQO a la entrada del reactor fue de 510 mg/lit y a la salida del reactor fue de 205 mg/lit, la DBO de ingreso a la entrada del reactor fue de 250 mg/lit y a la salida del reactor fue de 88 mg/lit, en cuanto a los SST al ingreso del reactor fue de 2200 mg/lit y a la salida fue de 20 mg/lit.

1.3.- OBJETIVOS

1.3.1.- Objetivo General

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiiani - distrito de Juliaca - 2020.

1.3.2.- Objetivos específicos

- Realizar el análisis físico, químico y microbiológico de las aguas residuales que ingresan a la laguna en Villa Chullunquiiani.
- Dimensionar una planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiiani.
- Realizar los planos del sistema de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiiani.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.- MARCO TEÓRICO

2.1.1- Tratamiento de aguas residuales

“Los tratamientos de aguas se han modificado a lo largo del tiempo, en muchos sistemas se combinan diversos procesos con la finalidad de tener un agua de calidad y que cumpla con la normativa”. (Noyola Robles, 2000, p. 56)

2.1.2.- Pretratamiento

Previo al tratamiento primario las aguas residuales antes, se someten a un pretratamiento, que corresponde a diversas de operaciones físicas, químicas y mecánicas, que tienen por finalidad remover del agua residual la mayor cantidad de sustancias de gran tamaño, y que estas puedan generar problemas en los equipos y posteriores sistemas del tratamiento. (Alianza por el Agua, 2008, p. 28)

Rejillas

“Es parte del pretratamiento de una PTAR, ya que mediante sus barras retiene sólidos gruesos, escombros, madera, plásticos, artículos de higiene, textiles entre otros. Retiene el flujo, evita taponamientos, daños y bloqueos en los siguientes procesos de la PTAR”. (Tina, 2015, p. 6)

Tabla 01: Características de las rejillas de barra de limpieza manual y mecánica

Características	Limpieza manual	Limpieza Mecánica
Tamaño de la barra:		
Anchura, mm	5-15	5-15
Profundidad, mm	25-37,5	25-37,5
Separación entre barras, mm	25-50	15-75
Pérdida de carga admisible, mm	150	150

FUENTE: (Metcalf & Eddy, 1995)

Según (Romero Rojas), la pérdida de energía en una rejilla está dada por la siguiente expresión:

$$Hr = \beta * \left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * hv \operatorname{sen}\theta \quad \dots$$

Dónde:

Hr = Pérdida de energía en m

β = Factor de forma en las barras

$\beta = 2.42$, para barras rectangulares de caras rectas.

e = Ancho máximo de la sección transversal de las barras

a = Espaciamiento o separación mínima entre barras

$hv = \frac{v^2}{2g}$, Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación

θ = Ángulo de la rejilla con la horizontal

FUENTE: (Romero Rojas, 2000, p. 289)

Desarenadores

“El número mínimo de desarenadores en paralelo es de dos unidades, esto para efectos de mantenimiento. En caso de caudales pequeños y turbiedades bajas se podrá contar con una sola unidad”. (CEPIS, 2005, p. 9).

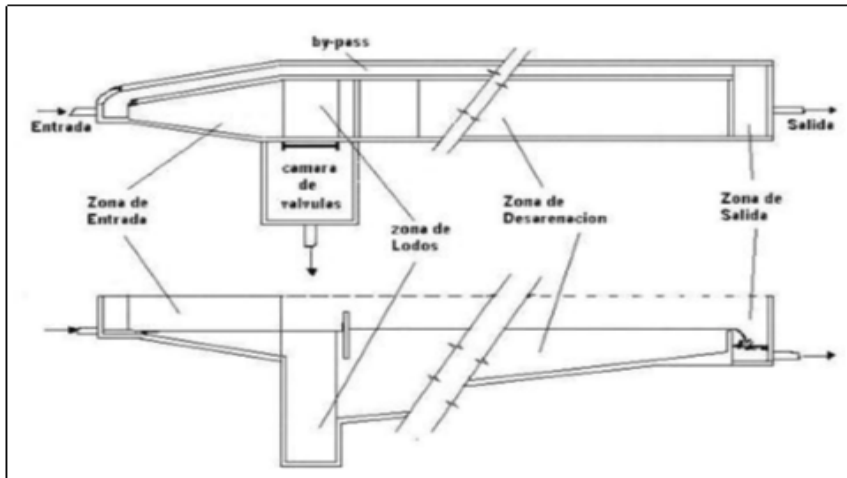


Figura 01: Desarenador de flujo horizontal.

Procedimiento para el diseño del desarenador.

- Cálculo de la velocidad del flujo v en el tanque

“Se considera lenta la velocidad en un desarenador cuando está comprendida entre 0.20 m/s a 0.60 m/s”. (ANA, 2010, p. 75)

Según (ANA, 2010), la velocidad de escurrimiento viene dada por. (p. 79)

$$Vd = a * \sqrt{d}$$

Vd = velocidad de escurrimiento

a = constante en función al diámetro

d = diámetro de la partícula

Tabla 02: Constante a, en función al diámetro

Diámetro	a
$D < 0.1\text{mm}$	51
$0.1\text{mm} < D < 1\text{ mm}$	44
$D > 1\text{ mm}$	36

FUENTE: (ANA, 2010, p. 80)

- Cálculo de la Velocidad de caída

Según Arkhangelski

Tabla 03: Velocidad de caída según Arkhangelski

d (mm)	W (cm/s)
0.05	0.178
0.10	0.692
0.15	1.560
0.20	2.160
0.25	2.700
0.30	3.240

FUENTE: (ANA, 2010, p. 81)

Según Monograma de Stokes y Sellerio (ANA, 2010, p. 90)

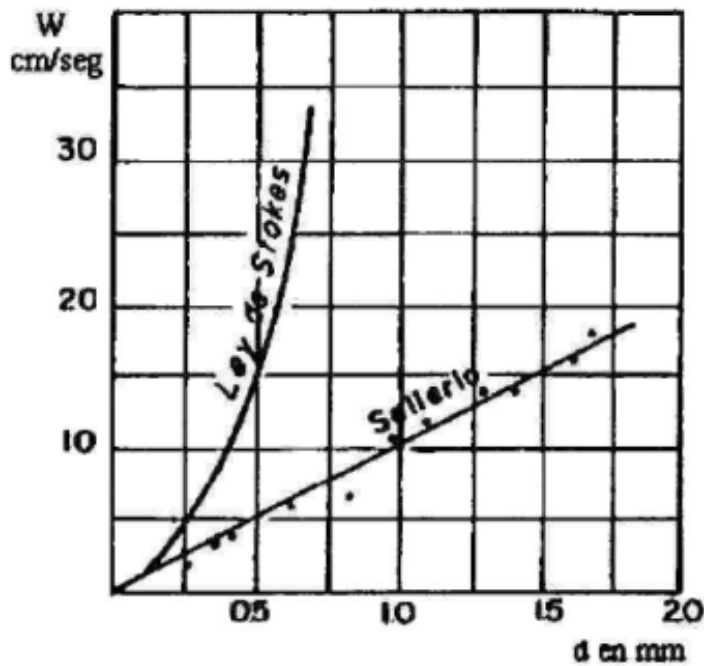


Figura 02: Monograma de Stokes y Sellerio.

Según Owens

$$w = k\sqrt{d(\rho_s - 1)}$$

Donde:

w = velocidad de sedimentación (m/s)

ρ_s = peso específico del material (gr/cm^3)

d = diámetro de las partículas (m)

k = constante que varía de acuerdo con la forma y naturaleza de los granos sus valores se muestra en la tabla. (ANA, 2010, p. 80)

Tabla 04: Valores de la constante k.

Forma y Naturaleza	K
Arena esférica	9.35
Granos redondeados	8.25
Granos cuarzo $d > 3$ mm	6.12
Granos cuarzo $d > 0.7$ mm	1.28

FUENTE: (ANA, 2010, p. 81)

Según Scptti-Fuglieni

$$w = 3.8\sqrt{d} + 8.3d$$

Donde:

w = velocidad de sedimentación (m/s)

d = diámetro de la partícula. (ANA, 2010, p. 81)

- Cálculo de las dimensiones del tanque

$$Q = bhv$$

Donde:

Q = caudal de diseño

b = ancho del desarenador

h = altura del desarenador

v = velocidad de flujo. (ANA, 2010, p. 82)

- Cálculo de la longitud del desarenador

$$L = bh/w$$

Donde:

L = longitud del desarenador

w = velocidad promedio de caída. (ANA, 2010, p. 84)

- Cálculo del tiempo de sedimentación

$$t = h/w$$

Donde:

t = tiempo de sedimentación

w = velocidad promedio de caída

h = altura del tanque. (ANA, 2010, p. 84)

- Cálculo del volumen de agua conducido en ese tiempo

$$V = Qt$$

Capacidad del tanque

$$V = bhL$$

- Cálculo de la longitud de la transición

$$L_t = \frac{T_2 - T_1}{2 \tan 22.5}$$

Donde:

L_t = longitud de transición

T₂ = espejo de agua en el desarenador

T₁ = espejo de agua en el canal

(ANA, 2010, p. 85)

- Cálculo de la longitud del vertedero al final del tanque

$$L_v = Q/ch^{1.5}$$

$$C = 2$$

$$h_{\max} = 0.25$$

$$Lv = \frac{Q}{ch^{1.5}}$$

Donde:

Lv = longitud del vertedero

h = carga sobre el vertedero. (ANA, 2010, p. 85)

2.1.3.- Tratamiento primario

“El objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga en el tratamiento biológico. Los sólidos removidos en el proceso tienen que ser procesados antes de su disposición final”. (OS 090, 2006, p. 93)

Según la norma. OS 090 (2006) afirma “los procesos del tratamiento primario para las aguas residuales pueden ser: tanques Imhoff, tanques de sedimentación y tanques de flotación”. (p. 93)

a) Tanques Imhoff

“Son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos en un compartimiento localizado en la parte inferior”. (OS 090, 2006, p. 93)

b) Tanque de decantación primaria

- Velocidad ascensional

Según Hernandez (2016), afirma “se define como el cociente entre el caudal a tratar y la superficie de decantación”. (p. 87)

$$V_{asc} = \frac{Q}{S}$$

Donde:

S = Superficie de decantación

Q = Caudal a tratar (m³/h)

V asc = Velocidad ascensional

Los valores de la velocidad ascensional pueden obtenerse de la siguiente tabla:

Tabla 05: Velocidades de caudal medio

Decantación Primaria	Velocidad a Caudal medio		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares	1.00m/h	1.50m/h	2.00m/h
Decantadores rectangulares	0.80m/h	1.30m/h	1.80m/h

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 88)

Tabla 06: Velocidad a caudal Máximo

Decantación Primaria	Velocidad a Caudal máximo		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares	2.00m/h	2.50m/h	3.00m/h
Decantadores rectangulares	1.80m/h	2.20m/h	2.60m/h

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 88)

Según Hernandez (2016), afirma que cuando la decantación primaria se usa como tratamiento único deben disminuirse las cifras anteriores en un 30%. (p. 88)

-Tiempo de retención

Se define como el cociente entre el volumen del tanque de decantación y el caudal a tratar:

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

Donde:

V = Volumen de decantación

Q = Caudal a tratar (m³/h)

t_R = Tiempo de retención (h). (Hernandez Lehman, 2016, p. 88)

Los valores del tiempo de retención pueden obtenerse de la siguiente tabla:

Tabla 07: Tiempos de retención

Decantación primaria	Tiempo de retención		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Tiempo de retención para caudal medio	1.50h	2.00h	3.00h
Tiempo de retención para caudal máximo	1.00h	1.50h	2.00h

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 89)

- Relaciones dimensionales

Según Hernandez (2016), menciona que, en decantadores circulares de flujo horizontal, pueden tomarse los valores:

$$\emptyset < 35\text{m}$$

$$h < 3.5\text{m}$$

Siendo:

h = altura del decantador

\varnothing = Diámetro del decantador

En decantadores rectangulares de flujo horizontal siendo:

L = Longitud del decantador

h = Altura útil del decantador

b = Ancho del decantador. (Hernandez Lehman, 2016, p. 89)

Tabla 08: Relación de dimensiones en la decantación rectangular primaria

Decantación primaria	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
L	5	-	90
L/h	5	15	40
L/b	1.5	4.5	7.5
H	1.5	3	3

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 90)

- Dimensiones de la zona de entrada

Según Hernandez (2016), “menciona que en decantadores circulares de flujo horizontal, pueden tomarse las siguientes relaciones que se proporcionan en la siguiente tabla”. (p. 90)

Tabla 09: Relación de dimensiones en decantación circular primaria

	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
ϕ_1/ϕ	0.05	0.1	0.2
h_1/h	0.25	0.40	0.65

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 90)

Donde:

ϕ_1 = Diámetro del cilindro central de entrada

h_1 = Altura del cilindro central desde el borde superior del decantador

ϕ_1 = Diámetro del decantador

h = Altura del decantador

“En decantadores rectangulares de flujo horizontal, puede tomarse como valor del dimensionamiento del sistema: Δh de 0.20m a 0.30m

Siendo Δh , la pérdida de carga ocasionada por el sistema de entrada al decantador”.

(Hernandez Lehman, 2016, p. 91)

- Longitud del vertedero de salida

“Es la carga sobre el vertedero al cociente entre el caudal a tratar y la longitud del vertedero”:

$$V_{vert} = \frac{Q}{L}$$

Donde:

L = Longitud necesaria de vertedero

Q = Caudal a tratar

V_{vert} = Carga sobre el vertedero (m³/h/m)”. (Hernandez Lehman, 2016, p. 91)

Tabla 10: Carga sobre el vertedero

Decantadores primarios	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares (m ³ /h.m)	5	9.5	18
Decantadores rectangulares (m ³ /h.m)	5	10	26

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 91)

- Barreras de fangos

Siendo Vr la velocidad lineal de las barreras de fondo en decantadores, pueden tomarse.

Tabla 11: Velocidades lineales de las barreras

	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Vr (m/min)	0.3	0.6	1.2

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016)

“Las inclinaciones de los fondos para dichas rasquetas suelen ser:

En decantadores circulares: del 2% al 8%

En decantadores rectangulares: del 0.5% al 2%

Dependiendo del sistema de rasquetas empleadas”. (Hernandez Lehman, 2016, p. 92)

- Producción de fangos

“Cantidad de fangos producidos en la decantación primaria. Este coeficiente oscila entre el 40% y el 60%, que viene dado por la expresión”. (Hernandez Lehman, 2016, p. 93)

$$F1 = K.kg.SST/d, \text{ agua bruta}$$

Siendo k un coeficiente cuyo valor es 0.4 - 0.6

Como valores usuales de la concentración de fangos en la salida de purga del decantador pueden tomarse:

Tabla 12: Concentración de fangos en la salida

Fangos Primarios	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores de succión	1	1.5	2
Decantadores de pocetas	3	5	6

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016)

2.1.4.- Tratamiento secundario

Según la norma (OS 090, 2006), considera como tratamiento secundario los procesos biológicos que tienen la finalidad de remover la DBO, pudiendo ser de biomasa en suspensión, los sistemas de tratamiento secundario incluyen los siguientes sistemas: lagunas de estabilización, lodos activados, zanjas de oxidación, filtros biológicos y biodiscos. (OS 090, 2006, p. 95)

Tratamiento con lodos activados

Según la norma OS 090 (2006) afirma que en el caso de no requerir los ensayos de tratabilidad, podrán utilizarse los siguientes valores referenciales. (p. 101)

Tabla 13: Parámetros Biocinéticos

Tipo de proceso	Periodo de retención	Edad del lodo
Convencional	4 - 8	4 - 15
Aireación escalonada	3 - 6	5 - 15
Alta carga	2 - 4	2 - 4
Aireación prolongada	16 - 48	20 - 60

FUENTE: (OS 090, 2006, p. 101)

Aireación con difusores

Los difusores de aire se instalan en el fondo del reactor aerobio. Los difusores de aire comúnmente utilizados son del tipo de burbujas grandes y burbujas finas. Los sistemas de difusión de aire tienen las siguientes características:

- Incrementan la temperatura del reactor
- Las espumas en el reactor no generan problema alguno
- Para el mantenimiento y limpieza en caso de obstrucciones requiere de la remoción de todo el equipo. (Ruiz Cortinez, 2012, p. 72)

Sopladores

“Son equipos rotatorios y se emplean en la estabilización aerobia. Si se seleccionan sopladores rotatorios de desplazamiento positivo, al menos dos de los tres sopladores deben equiparse con motores de doble velocidad que proporcionan flexibilidad y optimicen el proceso”. (Ruiz Cortinez, 2012, p. 74)

Procedimiento para el diseño

Según Hernandez (2016) “menciona que los valores normales de diseño para los diferentes procesos de fangos activos pueden ser los presentados en la siguiente tabla”. (p. 120)

Tabla 14: Valores de diseño para fangos activos

Variantes del Proceso	Edad del fango (d)	Tiempo de retención (h)	Carga másica (kg DBO ₅ /d/kg MLSS)	MLSS (mg/lt)
Convencional o media carga	3 – 6	3 – 8	0.2 – 0.4	2500-4000
Mezcla completa	4 – 12	4 – 8	0.2 – 0.6	2500-4000
Alimentación escalonada	4 – 12	4 – 8	0.2 – 0.4	2000 – 3500
Contacto	3 – 10	3 – 6	0.8 – 1.5	2000 – 3000
Estabilización		1 – 3	0.2 – 0.6	4000 – 8000
Alta carga	1 – 2	1 – 2	0.8 – 1.2	2000 – 3000
Aireación prolongada	15 – 25	15 – 24	0.04 – 0.10	3500 – 8000

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 120)

1.- Según Hernandez (2016), afirma que el Cálculo del volumen del reactor viene dado:

- Método de los coeficientes cinéticos

$$V = \frac{\theta_c * Y * Q (DBO_o - DBO_f)}{X(1 + \theta_c * k_d)}$$

Donde:

θ_c = Edad del fango

Y = Coeficiente de crecimiento

Q = Caudal

Kd = Coeficiente de mortandad

X = Sólidos en suspensión en el licor de mezcla. (Hernandez Lehman, 2016, p. 133)

- Método de la norma alemana ATV-DVWK-A 131

$$f_{\text{exceso}} = 0.6 \text{ carga diaria de SS} + \left(0.75 - \frac{0.10 * \theta_c * Ft}{1 + 0.17 * \theta_c * Ft}\right)$$

$$Ft = \text{factor temperatura} = 1.072^{(t-15)}$$

$$Vr = \frac{\theta_c * F_{\text{exceso}}}{X}$$

Se toma el mayor valor de los dos métodos. (Hernandez Lehman, 2016, p. 134)

2.- “Comprobación de tiempo de retención hidráulica en el reactor

$$t_r = \frac{Vr}{Q}$$

Donde:

Vr = Volumen del reactor

Q = Caudal de diseño”. (Hernandez Lehman, 2016, p. 135)

3.- Comprobación de la carga másica

$$Cm = \frac{DBO_o * Q}{X * V}$$

4.- Comprobación de la carga volumétrica

$$Cv = \frac{DBO_o * Q}{V}$$

5.- Cálculo de la necesidad teórica de oxígeno

$$ON\left(\frac{kg}{d}\right) = A \text{ kg } DBO5 \frac{\text{elim}}{\text{dia}} + B \text{ kg } MLSSV. \text{ (Hernandez Lehman, 2016, p. 136)}$$

Tabla 15: Coeficientes de diseño

Autor	Coeficientes	
	A	B
Eckenfelder y O' Connor	0.48	0.08
Logan y Budd	0.52	0.09
Quirk	0.53	0.15
Carga másica		
	0.1	0.66
	0.2	0.59
Mastantuono	0.3	0.56
	0.4	0.53
	0.5	0.5
WRC	0.75	0.048

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 121)

- Otra forma de hacer el cálculo sería a partir de las fórmulas que consideran la edad del fango

Necesidad de oxígeno para la síntesis

$$a' = 0.50 + 0.01\theta c$$

Necesidad de oxígeno para la endogénesis

$$b' = \frac{0.13 \cdot \theta c}{1 + 0.16 \cdot \theta c}$$

La norma alemana ATV-DVWK-A 131, recomienda para procesos de fangos activos de alto rendimiento el empleo de la siguiente expresión:

$$\frac{kgO_2}{d} = \text{carga diaria de DBO}_5 \cdot \left(0.56 + \frac{0.15 \cdot \theta c \cdot F_T}{1 + 0.17 \cdot \theta c \cdot F_T} \right)$$

$$F_T = 1.072^{(T-15)}. \text{ (Hernandez Lehman, 2016, p. 122)}$$

6.- Cálculo de las necesidades de oxígeno en situación de punta

$$0.45 * P + 55$$

Donde:

P = La punta de la carga orgánica en porcentaje = 200%. (Hernandez Lehman, 2016, p. 123)

7.- Cálculo de las necesidades reales de oxígeno

$$\text{Oxígeno real} = \frac{\text{oxígeno necesario teórico}}{K_t}$$

$$K_t = K_{t1} \cdot K_{t2} \cdot K_{t3}$$

7.1.- Coeficiente Kt1

La aportación de oxígeno es proporcional al déficit de saturación:

$$K_{t1} = \frac{C'_s - C_x}{C_s}$$

Este coeficiente puede ser:

- En condiciones normalizados toma valores: $11.33 - 0 = 11.33 \text{ mg/l}$
- En condiciones reales hay que calcular: $C'_s - C_x$

“C's = es la concentración de saturación en el tanque de aireación a la temperatura

Cx = es la concentración media en oxígeno en el tanque de aireación. Generalmente se adopta los siguientes valores”:

Sin nitrificación; Cx = 2 mg/l

Con nitrificación; Cx = 3 mg/l

Cs = es la saturación en agua clara, a temperatura T y a presión atmosférica normal.

(Hernandez Lehman, 2016, p. 124)

Los valores de Cs en función de la temperatura se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16: Valores de coeficientes de saturación a una determinada temperatura.

T (C°)	Cs (mg/lit)	T(C°)	Cs (mg/lit)
1	14.23	16	9.95
2	13.84	17	9.74
3	13.48	18	9.54
4	13.13	19	9.35
5	12.80	20	9.17
6	12.48	21	8.99
7	12.17	22	8.83
8	11.87	23	8.68
9	11.59	24	8.53
10	11.33	25	8.38
11	11.08	26	8.22
12	10.83	27	9.07
13	10.60	28	7.92
14	10.37	29	7.77
15	10.15	30	7.63

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 125)

Para pasar del C_s , conocido a C' s, hay que efectuar tres correcciones por medio de sendos coeficientes, β , C_p y C_A

- β tiene en cuenta las materias en suspensión del licor y su salinidad. En condiciones normales y hasta salinidad de 3 gr/lit, se puede adoptar: $\beta = 0.98$
- C_p tiene en cuenta las variaciones de presión debidas a la altitud. Se puede calcular mediante la siguiente fórmula. (Hernandez Lehman, 2016, p. 125)

$$C_p = 1 - \frac{0.111 * \text{altitud}(m)}{1000}$$

- "CA es una corrección que tiene en cuenta la altura del agua en el tanque de aireación.

Para determinar la concentración de saturación media se tiene en cuenta dos casos:

- a) Con sistemas de aireación superficiales. No hay corrección, CA, en este caso es 1.
- b) Con sistemas de difusión de aire, concentración es la media entre":

- La del fondo, que con la corrección de la presión se calcula mediante la expresión:

$$C_{sf} = C_s \cdot (10.33 + P) / 10.33$$

Siendo P, la profundidad de inmersión del difusor. (Hernandez Lehman, 2016, p. 126)

- "La superficie que tiene en cuenta la disminución de la presión parcial del oxígeno por disolución de la fracción E, siendo E el rendimiento de transferencia de oxígeno, que se calcula mediante la expresión":

$$C_{SS} = C_s \cdot \frac{1-E}{0.791+0.209 \cdot (1-E)}$$

Los valores de 0.791 y 0.209 son las proporciones de nitrógeno y oxígeno en el aire.

A partir de las dos ecuaciones anteriores se calcula el valor medio:

$$C_{CM} = \frac{C_{sf} + C_{SS}}{2}$$

“Haciendo la simplificación de estimar el rendimiento en un 5%, por metro de inmersión y teniendo en cuenta que hay entre 3 y 6 metros, es decir, $E = 0.05P$, podemos obtener una ecuación más sencilla según la expresión”:

$$C_A = \frac{C_{SM}}{C_s} = \frac{10.33+0.28P}{10.33}$$

Con las tres correcciones se puede determinar $C's$

$$C's = C_s \cdot \beta \cdot C_p \cdot C_A$$

La corrección Kt_1 , proporcional al déficit de saturación es:

$$K_{t1} = \frac{C'_s - C_x}{C_s}. \text{ (Hernandez Lehman, 2016, p. 126)}$$

7.2.- Coeficiente Kt_2

La velocidad de disolución de oxígeno varía con la temperatura según la expresión:

$$K_{t2} = 1.024^{T-10}$$

7.3.- Coeficiente Kt_3

La influencia de este factor se traduce por un único factor Kt_3 , que representa. (Hernandez Lehman, 2016, p. 127)

$$Kt_3 = \frac{\text{capacidad de transferencia del oxígeno en el licor del reactor}}{\text{capacidad del oxígeno en agua limpia}}$$

Para el diseño del sistema se pueden adoptar los siguientes valores de la tabla:

Tabla 17: Valores de coeficientes de Kt3

Sistemas de aireación	Kt3
Aire con burbujas finas	
Carga media sin nitrificación	0.55
Carga baja con nitrificación	0.65
Airea con difusores estáticos	0.80
Turbinas de aireación	0.90
Aire con burbujas gruesas	0.90

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 127)

Según Hernandez (2016) el coeficiente global Kt, vendrá dado por. (p. 127)

$$K_t = K_{t1} \cdot K_{t2} \cdot K_{t3}$$

8.- Cálculo de la potencia a instalar

- En sistema de difusión la potencia a instalar puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$P(CV) = \frac{0.227 \cdot Q_{aire}}{1.04} \cdot \left(\left(\frac{P2}{P1} \right)^{0.283} - 1 \right) \cdot C$$

Donde:

P1 = 10.33 m.c.a

P2 = P1 + profundidad de cuba + pérdida difusores + pérdida tuberías

C = Coeficiente de seguridad (normalmente 10%)

Q aire = Caudal de aire necesario, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{aire} = \frac{\text{oxígeno real en condiciones de punta}}{K_{ox} \cdot EFI}$$

Donde:

Kox = son los kg O₂/m³, en el reactor en condiciones normales se adopta 0.3.

EFI = eficiencia del difusor

- En sistemas de medios mecánicos, la potencia a instalar puede calcularse a partir de la expresión. (Hernandez Lehman, 2016, p. 128)

$$P(CV) = \frac{\text{oxígeno real en condiciones punta } (\frac{kg}{h})}{\text{coeficiente de transferencia } (kg\frac{O_2}{kw.h})}$$

9.- Recirculación de fangos

$$\frac{Qr}{Q} = \frac{X.I}{1000-XI}$$

Donde:

Qr = Caudal de recirculación de lodos (m³/d)

Q = Caudal de diseño tratamiento biológico (m³/d)

X = Concentración de lodos en la balsa (kg/m³ o gr/m³)

Xr = Concentración de lodos en la recirculación (kg/m³ o gr/m³)

I = Índice de mohlmann (lt/kg). (Hernandez Lehman, 2016, p. 114)

10.- Cálculo de la producción de fangos y fangos en exceso

Rozano y col, proponen las siguientes ecuaciones para calcular la producción de fangos que resulta de la eliminación de 1gr de DBO₅:

$$Px_{(ssv)} = \frac{0.57}{1+0.16.\theta c} + 0.14 + 0.20 * \frac{0.6*SS}{DBO5}$$

$$Px_{(ssT)} = \frac{0.57}{1+0.16.\theta c} + 0.14 + 0.50 * \frac{0.6*SS}{DBO5}$$

Por otra parte, y siguiendo los razonamientos efectuados para determinar la cantidad de fangos producido podemos emplear la siguiente expresión:

$$Px_{(ssv)} = \frac{Y.Q.(S_0-S)}{1+Kd.\theta_c}$$

“Los sólidos suspendidos totales producidos se calculan entonces dividiendo la expresión anterior por la relación entre materia volátil y materia total, (por defecto suele adoptarse el valor 0.8)”

$$Px_{(ssT)} = \frac{Px_{(ssv)}}{\left(\frac{kg\ SSV}{kg\ SST}\right)}$$

“Por su parte la norma alemana ATV-DVWK-A 131, recomienda para el cálculo de la producción de fangos en exceso en procesos de fangos activos la siguiente expresión”:

$$P_{exc} = 0.6 \text{ carga diaria de SS} + \left(0.75 - \frac{0.10*\theta_c*F_T}{1+0.17*\theta_c*F_T}\right) \text{ carga diaria de DBO5}$$

Donde:

θ_c = edad del fango

F_T = factor temperatura. (Hernandez Lehman, 2016, p. 130)

11.- Cálculo de la decantación secundaria

“Las recomendaciones sobre los parámetros utilizados en la decantación después del proceso biológico viene dado por la siguiente tabla”:

Tabla 18: Parámetros utilizados en la decantación

Proceso	Carga s/vertedero (m ³ /h,ml)		Carga de sólidos (kg/m ² .d)		Tiempo de retención (h)		Velocidad ascensional (m ³ /m ² .h)	
	Qmed	Qmax	Qmed	Qmax	Qmed	Qmax	Qmed	Qmax
Convencional	< 5.5	< 10	< 2.5	< 6	> 3	> 2	< 0.8	< 1.5
Alta carga	< 6.5	< 11.5	< 5.6	< 9.5	> 2.5	> 1.5	< 1.18	< 2
Aireación escalonada	< 6.5	< 11.5	< 2.8	< 6.2	> 2.0	> 1.5	< 1.35	< 2
Contacto de estabilización	< 6.5	< 11.5	< 2.2	< 5.5	> 3.2	> 1.6	< 1.02	< 2
Aireación prolongada	< 5.0	< 9.5	< 4.0	< 7.0	> 3.6	> 1.7	< 0.7	< 1.5

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 131)

En cuanto a la altura recta sobre el vertedero, se recomienda adoptar los siguientes valores:

$$3.0 < h < 5.0m$$

2.1.5.- Tratamiento Terciario

Según CEPIS (2005), afirma “la dosis mínima y máxima se basa en un porcentaje de cloro disponible de 70%, para hipoclorito de calcio y 13% para hipoclorito de sodio, La ecuación de balance de masas permite diseñar, evaluar y operar estos sistemas”. (p. 233)

$$Q \cdot D = q \cdot C = P$$

Dónde:

Q = Caudal máximo de diseño en lt/s

D = Dosis promedio de desinfectante = $(D_M + D_m) / 2$, mg/lt

D_M = Dosis máxima en mg/lt

D_m = Dosis mínima en mg/lt

q = Caudal de solución de cloro en lt/s

P = Peso requerido del desinfectante en kg/día

C = Concentración de la solución en mg/lt

FUENTE: (CEPIS, 2005, p. 233)

2.1.6.- Tratamiento y disposición de lodos

“En el tratamiento de lodos a mayor grado de tratamiento también es mayor la cantidad de lodo que debe tratarse. El lodo está constituido por materiales de las aguas residuales que se sedimentan y por los sólidos producidos”. (Valdez & Vasquez Gonzalez, 2003)

Lecho de secados

“La gravedad específica de los lodos digeridos varía entre 1.03 y 1.04. Si bien el contenido de sólidos en el lodo digerido depende del tipo de lodo, los siguientes valores se dan como guía”:

- para el lodo primario digerido: de 8 a 12% de sólidos.

- para el lodo digerido de procesos biológicos, incluido el lodo primario: de 6 a 10% de sólidos.

“Los requisitos de área de los lechos de secado se determinan adoptando una profundidad de aplicación entre 20 y 40 cm y calculando el número de aplicaciones por año. Para el efecto se debe tener en cuenta los siguientes períodos de operación”:

- período de aplicación: 4 a 6 horas;

- período de secado: entre 3 y 4 semanas para climas cálidos y entre 4 y 8 semanas para climas más fríos. (OS 090, 2006, p. 113)

Tabla 19: Cantidad de Sólidos/m².año

Tipo de lodo digerido	(kg sólidos/(m ² . año)
Primario	120 - 200
Primario y filtro percolador	100 – 160
Primario y lodos activados	60 – 100
Zanjas de oxidación	110 - 200

FUENTE: (OS 090, 2006, p. 113)

2.1.7.- Rendimientos referenciales de la depuración de aguas residuales

Tabla 20: Rendimientos referenciales según la norma OS 090 (2006)

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN (%)		REMOCIÓN Ciclos log ₁₀
	DBO	Sólidos suspendidos totales	Bacterias
Sedimentación primaria	25 – 30	40 - 70	0 - 1
Lodos activados	70 – 95	70 - 95	0 - 2
Filtros percoladores	50 – 90	70 - 90	0 - 2
Lagunas aireadas	80 – 90	Depende del tipo de laguna	1 - 2
Zanjas de oxidación	70 – 95	80 - 95	1 - 2
Lagunas de estabilización	70 – 85	Depende del tipo de laguna	1 - 6

FUENTE: (OS 090, 2006, p. 88)

Tabla 21: Rendimiento referenciales

Proceso de depuración	% de reducción		
	DBO	Sólidos en suspensión	Coliformes Termotolerantes
Pretratamiento	0 – 10	0 – 10	-
Tratamiento Primario (Solo sedimentación)	25 – 40	40 – 70	25 – 55
Tratamiento Primario Físico-químico	50- 80	70 – 80	40 – 60
Tratamiento secundario: Lechos bacterianos	75 – 92	75 – 92	80 - 90
Tratamiento Secundario. Fangos activos	75 – 95	80 – 95	80 – 90
Tratamiento terciario	92 – 98	93 – 98	
Cloración del agua tratada biológicamente			98 - 99

FUENTE: (Hernandez Lehman, 2016, p. 17)

2.2.- MARCO CONCEPTUAL

Agua residual

“Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión”. (OS 090, 2006, p. 80)

Aguas residuales industriales

“Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial”. (Alianza por el Agua, 2008)

Demanda Química De Oxígeno (DQO):

“Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio”. (OS 090, 2006, p. 81)

Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO):

“Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la descomposición de la materia orgánica varía según la temperatura y este análisis se realiza durante 5 días a 20°C”. (OS 090, 2006, p. 81)

Digestión

“Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial”. (OS 090, 2006, p. 82)

Digestión aerobia

“Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno”. (OS 090, 2006, p. 82)

Digestión anaerobia

“Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia de oxígeno”. (OS 090, 2006, p. 82)

PH

“En la naturaleza, así como en los vertidos urbanos e industriales se encuentran ácidos y bases, que modifican ampliamente el PH, las aguas urbanas tienen un PH próximo al valor de 7, es decir son adecuadas para microorganismos neutrófilos”. (Hernandez Lehman, 2016, p. 10)

Cloruros

“El ion cloruro está presente siempre en las aguas urbanas, siendo los valores incorporados por habitante muy constantes, este parámetro detectado en los colectores sirve para comprobar la introducción de aguas de mar dentro de la red de saneamiento”. (Hernandez Lehman, 2016, p. 11)

Cuerpo receptor.

“Depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas donde se descargan aguas residuales, tratadas o no, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, el subsuelo o los acuíferos”. (Conagua, 2013, p. 70)

Aireación del agua.

“Término para definir la acción de airear, ventilar o inyectar aire al agua cuyo efecto da lugar a la disolución de una pequeña parte de oxígeno en el agua (OD)”. (Conagua, 2013, p. 70)

Oxígeno disuelto.

“Elemento químico disuelto en el agua residual, cuya concentración se mide en mg/l”. (Conagua, 2013, p. 70)

Cloración

“Aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua residual para desinfección y en algunos casos para oxidación química o control de olores”. (OS 090, 2006, p. 81)

Caudal máximo horario

“Caudal a la hora de máxima descarga”. (OS 090, 2006, p. 81)

Caudal medio

“Promedio de los caudales diarios en un período determinado”. (OS 090, 2006, p. 81)

2.3.- HIPÓTESIS

2.3.1.- Hipótesis general

El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Villa Chullunquiani cumplirá con la normativa vigente.

2.3.2.- Hipótesis específica

- Con el análisis del agua residual se realizará un diseño adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani.
- El diseño asumido de una planta de tratamiento de aguas residuales será eficiente para la zona.
- Con los planos del sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales permitirá una adecuada propuesta a la solución del problema de las aguas residuales en Villa Chullunquiani.

2.3.3.- Variables e indicadores

Las variables consideradas en el estudio serán:

Planta de tratamiento: Estructura en diseño más eficiente para la zona.

Aguas residuales: Las aguas que serán tratadas y que presentan características físicas, químicas y microbiológicas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.- ZONA DE ESTUDIO

Villa Chullunquiani se encuentra ubicada a 15°30 '44.17" de latitud Sur y 70°10' 45 27" de longitud oeste y una altitud media 3842.159 msnm. El campus universitario cuenta con un área de 3055144 m². (Ubicación de Juliaca, 2020)

Ubicación Política

Departamento : Puno
Provincia : San Román
Distrito : Juliaca
Dirección : Carretera Salida Arequipa Km. 06
Chullunquiani.



Figura 03: Ubicación del proyecto, Fuente Google

3.2.-TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1.-Poblacion

La población está compuesta por los estudiantes del nivel inicial, primaria, secundaria, Universidad y personal interno, en la localidad de Villa Chullunquiari.

La población existente de los alumnos de cada nivel de enseñanza de los 7 últimos años es:

Tabla 22: Número de alumnos en el nivel inicial del CAT

INICIAL	
AÑO	TOTAL
2014	95
2015	102
2016	82
2017	73
2018	66
2019	61
2020	58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Número de alumnos del nivel primario del CAT

PRIMARIA	
AÑO	TOTAL
2014	353
2015	334
2016	331
2017	330
2018	342
2019	349
2020	343

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Número de alumnos del nivel secundario del CAT

SECUNDARIA	
AÑO	TOTAL
2014	519
2015	482
2016	430
2017	424
2018	389
2019	382
2020	377

Fuente: Elaboración propia

La población existente del personal y alumnado de las tres facultades que cuenta el campus universitario de los 11 últimos años es:

Tabla 25: Número de personal del campus universitario

PERSONAL	
2010	237
2011	247
2012	246
2013	257
2014	376
2015	398
2016	461
2017	509
2018	506
2019	506
2020	488

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Número de alumnos de la Universidad Peruana Unión

SEMESTRE	ALUMNOS		
	I	II	PROMEDIO
2010	1527	1470	1499
2011	1897	1849	1873
2012	2154	2086	2120
2013	2349	2440	2395
2014	2766	2588	2677
2015	2865	2850	2858
2016	2999	2867	2933
2017	3057	2965	3011
2018	3297	3297	3297
2019	3398	3396	3397
2020	3426		3426

Fuente: Elaboración propia

3.3.- MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1.- Toma de muestra del agua residual

La toma de muestra que se realizó fue en un buzón más próximo a la laguna, en vista de que en este punto el agua residual no está alterada.

El personal responsable utilizó los implementos necesarios para la toma de muestra como mandil, guantes. La toma que se realizó fue una muestra simple debido al alto costo del agua residual.



Figura 04: Toma de muestra del agua residual

3.3.2.- Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Se realizó el diseño del sistema de planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que para el diseño previamente se hizo el análisis de aguas residuales, así como se determinó la población futura de la zona, a partir de estos datos se diseñó el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario, aplicando la norma OS 090 y complementando con bibliografías de aguas residuales.

3.4.- VARIABLES E INDICADORES

Las variables consideradas en el estudio serán:

Planta de tratamiento (VD): Estructura en diseño más eficiente para la zona.

Aguas residuales (VI): Las aguas que serán tratadas y que presentan características físicas, químicas y microbiológicas.

3.4.1.- Operacionalización de variables

Tabla 27: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE
Planta de tratamiento	Sistema de lodos activados	Capacidad de retención de la materia orgánica.	mg/lt
Aguas residuales	Parámetros físicos	Sólidos suspendidos totales	mg/lt
		Sólidos suspendidos sedimentables	mg/lt
		Temperatura	°C
		DQO	
		Nitratos	mg/lt
	Químicos	Nitritos	mg/lt
		Fosfatos	mg/lt
			mg/lt
	Microbiológicos	DBO ₅	
		Coliformes fecales	mg/lt NMP/100 ml

Fuente: Elaboración Propia

3.5.- MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1.- Metodología de la investigación

Según la naturaleza que se recoge la investigación será cuantitativo, puesto que utilizaremos números, según Hernández (2014) “menciona los planteamientos cuantitativos se derivan de la literatura y corresponden a una extensa gama de propósitos de investigación, como:

describir tendencias y patrones, evaluar variaciones, identificar diferencias, medir resultados y probar teorías”. (p. 36)

3.5.2.- Tipo de la Investigación

“La presente investigación se ubica dentro del tipo de investigación no experimental, ya que el investigador recoge la información del lugar y no ejerce la manipulación de las mismas”.

3.5.3.- Nivel de la investigación

“El nivel investigativo será descriptivo, ya que trabaja sobre las realidades de los hechos. Mediante el método estadístico descriptivo se determinó la media, mediana, moda y la desviación estándar”.

3.5.4.- Medidas de tendencia central

Según Hernández (2016), menciona “los análisis se realizan tomando en cuenta los niveles de medición de las variables mediante la estadística descriptiva”. (p. 271)

Media:

$$X = \frac{\sum X}{n}$$

Donde:

X = DBO

n = número de datos

Mediana:

$$Me = Li + C * \left[\frac{\frac{N}{2} - Ni - 1}{Ni - Ni - 1} \right]$$

Donde:

Li = límite inferior

C = amplitud interválica

Ni = frecuencia absoluta acumulada

Moda:

$$Mo = Li + C * \left[\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right]$$

Donde:

Li = límite inferior

Δ = diferencia de frecuencias de clase modal

C = amplitud intervállica

Desviación estándar:

Donde:

S = desviación estándar

X = DBO

\bar{X} = promedio

n = número de datos

$$S = \sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 / (n - 1)}$$

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL

De acuerdo a nuestro primer objetivo planteado, los resultados físico, químico y microbiológico del agua residual fueron:

Tabla 28: Resultados de los parámetros físicos del agua residual

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
Temperatura máxima	°C	16.9
Temperatura mínima	°C	6
Sólidos suspendidos totales	mg/lit	640
Sólidos sedimentables	mg/lit	34

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 29: Resultados de los parámetros químicos del agua residual.

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
PH		6.98
Demanda química de oxígeno	mgO_2/l	535
Nitratos	mgO_2/l	48
Nitritos	mg/l	1.9
Fosfatos	mg/l	1.5

FUENTE: Elaboración propia**Tabla 30:** Resultados de los parámetros biológicos del agua residual.

PARÁMETROS	UND	RESULTADO
Demanda biológica de oxígeno	mgO_2/l	410
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	$8.4 * 10^5$

FUENTE: Elaboración propia

4.2.- PERIODO DE DISEÑO

De acuerdo a nuestro segundo objetivo planteado se procederá al diseño en donde se plantea para una población futura de 20 años, dato considerado según norma OS-100.

El cálculo para la población fue a través de la fórmula del método aritmético, por considerar que la población está en franco crecimiento.

$$P_f = P_o + (r \times t)$$

Dónde:

P_f = población futura

P_o = población actual

r = razón de crecimiento

t = tiempo

Tabla 31: Nivel inicial del CAT

AÑO	TOTAL	$P_{i+1}-P_i$	r
2014	95	7	7
2015	102	-20	-20
2016	82	-9	-9
2017	73	-7	-7
2018	66	-5	-5
2019	61	-3	-3
2020	58		

FUENTE: Elaboración propia

$$\text{Promedio} \sum r = -6.166$$

$$P_f = P_o + r(t_f - t_o) = 58 + 0 * (2040 - 2020) = 58 \text{ hab.}$$

Tabla 32: Nivel primario del CAT

AÑO	TOTAL	$P_{i+1}-P_i$	r
2014	353	-19	-19
2015	334	-3	-3
2016	331	-1	-1
2017	330	12	12
2018	342	7	7
2019	349	-6	-6
2020	343		

FUENTE: Elaboración propia

$$\text{Promedio} \sum r = -1.67$$

$$P_f = P_0 + r(t_f - t_0) = 343 + 0 * (2040 - 2020) = 343 \text{ hab.}$$

Tabla 33: Nivel secundario del CAT

AÑO	TOTAL	$P_{i+1}-P_i$	r
2014	519	-37	-37
2015	482	-52	-52
2016	430	-6	-6
2017	424	-35	-35
2018	389	-7	-7
2019	382	-5	-5

2020

377

FUENTE: Elaboración propia

$$\text{Promedio } \sum r = -23.67$$

$$P_f = P_0 + r(t_f - t_o) = 377 + 0 * (2040 - 2020) = 377 \text{ hab.}$$

Tabla 34: Personal del campus universitario

AÑO	TOTAL	$P_{i+1}-P_i$	r
2010	237	10	10
2011	247	-1	-1
2012	246	11	11
2013	257	119	119
2014	376	22	22
2015	398	63	63
2016	461	48	48
2017	509	-3	-3
2018	506	0	0
2019	506	0	0
2020	506		

FUENTE: Elaboración propia

$$\text{Promedio } \sum r = 26.9$$

$$P_f = P_0 + r(t_f - t_0) = 506 + 26.9 * (2040 - 2020) = 1044 \text{ hab.}$$

Tabla 35: Número de alumnos de la UPEU

AÑO	TOTAL	$P_{i+1}-P_i$	r
2010	1499	374	374
2011	1873	247	247
2012	2120	275	275
2013	2395	282	282
2014	2677	181	181
2015	2858	75	75
2016	2933	78	78
2017	3011	286	286
2018	3297	100	100
2019	3397	29	29
2020	3426		

FUENTE: Elaboración propia

$$\text{Promedio } \sum r = 192.7$$

$$P_f = P_0 + r(t_f - t_0) = 3426 + 192.7 * (2040 - 2020) = 7280 \text{ hab.}$$

$$P_{f \text{ total}} = 58 + 343 + 377 + 1044 + 7280 = 9102 \text{ hab.}$$

P futura = 9102 habitantes

Cálculo de los caudales:

$$Q_m = \frac{\text{Población futura} * \text{Dotación} * 0.8}{86400}$$

$$Q_m = \frac{9102 * 180 * 0.8}{86400} = 15.17 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{diario}} = 1.3 Q_m = 1.3 * 15.17 = 19.721 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{horario}} = (1.8 - 2.5) Q_m = 2.15 * 15.17 = 32.62 \text{ lt/seg}$$

4.2.1.- Diseño de las rejillas

Para el diseño de las rejillas, se considera un tipo de rejilla manual, este diseño se realizó en función a la cantidad de población en Villa Chullunquiiani.

Dotación = 180 lt/hab.dia

Población futura = 9102 hab

$Q_m = 0.0152 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{md} = 0.0197 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{mh} = 0.0326 \text{ m}^3/\text{s}$

Velocidad = 0.60 m/s

gravedad = 9.81 m/s²

Ancho de las barras rectangulares (w) = 10mm

Separación de las barras (s) = 25 mm

Ángulo de Inclinación = 60°

(para barras rectangulares) B = 2.42

$\Theta = 60^\circ$

Solución:

$$H = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{3}} h v \text{sen} \theta$$

$$h v = \left(\frac{v^2}{2g} \right) = \left(\frac{0.6^2}{2 \cdot 9.81} \right) = 0.0183$$

$$H = \beta \left(\frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{3}} h v \text{sen} \theta = 2.42 * \left(\frac{10}{25} \right)^{\frac{4}{3}} * 0.183 * \text{sen} 60^\circ = 0.0113 \text{m} = 1.13 \text{cm}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.0326}{0.6} = 0.054 \text{m}^2$$

consideremos en ancho de la rejilla = 25 cm

$$h = \frac{A}{a} = \frac{0.054}{0.25} = 21.74 \text{cm}$$

Tomamos una altura de h = 25 cm

$$L = \frac{h}{\text{sen} \theta} = \frac{25}{\text{sen} 60} = 28.87 \text{cm}$$

$$Nb = \frac{a-s}{w+s} = \frac{25 \cdot 10 - 25}{10 + 25} = 6$$

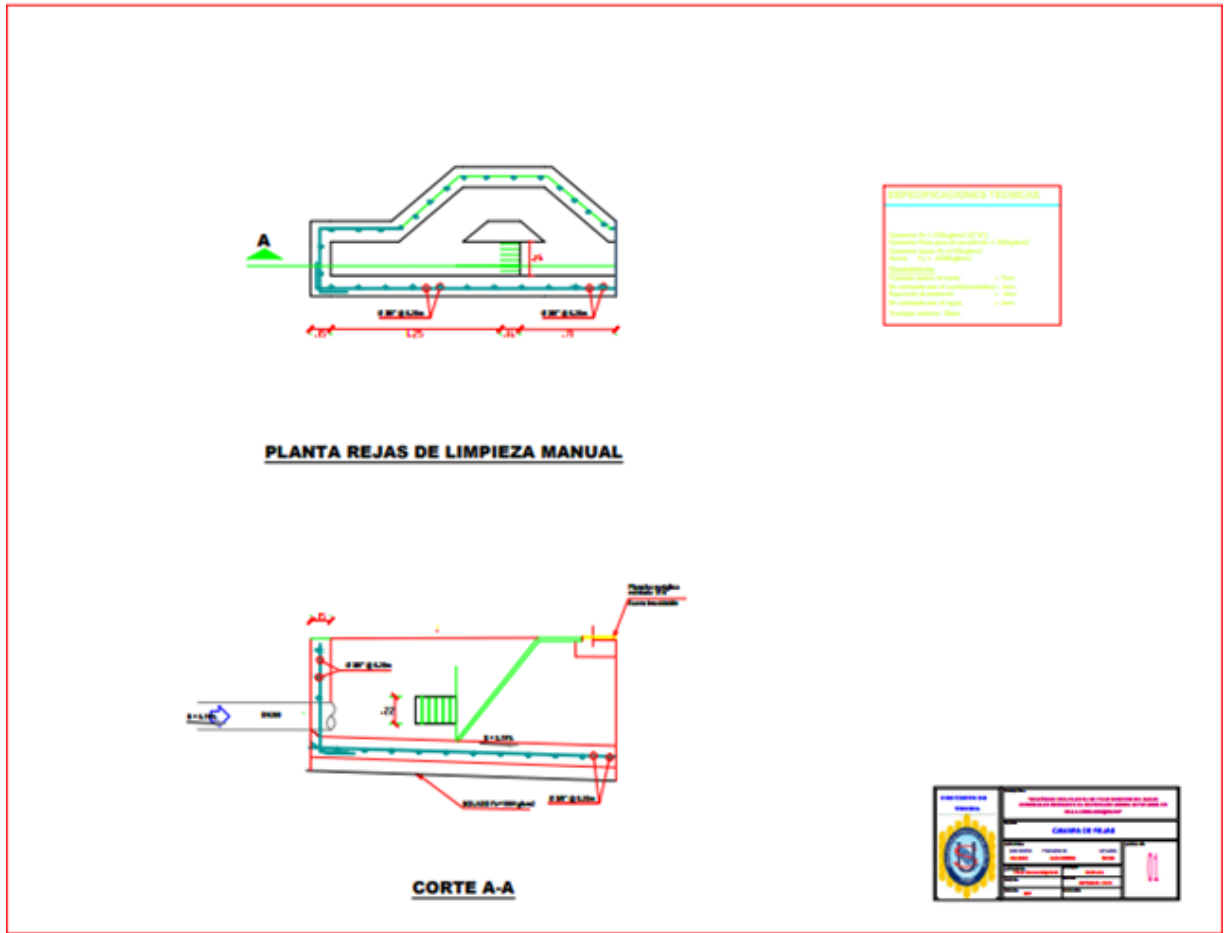


Figura 05: Plano de la rejilla

4.2.2.- Diseño del desarenador

Para el diseño del desarenador se tomaron los criterios de diseño de obras hidráulicas del ANA, por lo que se tomó como punto de partida el Caudal medio.

Datos:

Dotación = 180 lt/hab.dia

Población futura = 9102 hab

$Q_m = 0.0152 \text{ m}^3/\text{s}$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

diámetro de la partícula = 0.2mm

$$G = 2.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = 0.998 \text{ gr/cm}^3$$

base del canal = 25 cm

1.- Cálculo de la Velocidad del flujo

Vd = velocidad de escurrimiento

a = constante en función al diámetro

d = diámetro de la partícula

$$Vd = a * \sqrt{d} = 44 * \sqrt{0.2} = 19.68 \text{ cm/seg}$$

Por norma OS 090, Vd min = 30 cm/seg

2.- Cálculo de la Velocidad de caída

2.1.- Según Arkhangelski

Para d = 0.2 mm, se toma w = 2.16 cm/s

2.2.- Monograma de Stokes y Sellerio

Según Stokes, para un d=0.2 mm, se tiene, w = 4 cm/s

Según sellerio para d = 0.2 mm, se tiene, w = 2.5 cm/s

2.3.- Según Owens

k = 8.25 (granos redondeados)

$$w = k\sqrt{d(\rho_s - 1)} = 8.25 * \sqrt{0.0002(2.65 - 1)} = 0.1499\text{m/seg} = 14.99\text{cm/seg}$$

2.4.- Según Scptti-Fuglieni

$$w = 3.8\sqrt{d} + 8.3d = 3.8\sqrt{0.0002} + 8.3 * 0.0002 = 0.0554\text{m/seg} = 5.54\text{cm/seg}$$

Por lo tanto, tomamos el promedio de los valores:

$$w = 2.16 + 4 + 2.5 + 14.99 + 5.54 = 5.838\text{cm/seg}$$

3.- Cálculo de las dimensiones del tanque

Asumimos $h = 0.5 \text{ m}$

$$Q = bhv$$

$$b = \frac{Q}{hv} = \frac{0.0152}{30 \cdot 0.5 / 100} = 0.1011 \text{ m}$$

Por lo tanto, tomamos $b = 0.30 \text{ m}$

Cálculo de la longitud del desarenador

$$L = bh/w$$

$$L = \frac{bh}{w} = \frac{0.3 \cdot 0.5}{5.838 / 100} = 2.57 \text{ m}$$

Cálculo del tiempo de sedimentación

$$t = \frac{h}{w} = \frac{0.5}{5.838 / 100} = 8.57 \text{ seg}$$

Cálculo del volumen de agua conducido en ese tiempo

$$V = Qt = 0.0152 * 8.57 = 0.13 \text{ m}^3$$

Capacidad del tanque

$$V = bhL = 0.3 * 0.5 * 2.57 = 0.385 \text{ m}^3$$

4.- Cálculo de la longitud de la transición

$$L_t = \frac{T_2 - T_1}{2 \tan 22.5} = \frac{0.3 - 0.25}{2 * \tan 22.5} = 0.06 \text{ m} \approx 0.20 \text{ m}$$

5.- Cálculo de la longitud del vertedero al final del tanque

$$Lv = Q/ch^{1.5}$$

$$C = 2$$

$$h_{max} = 0.25$$

$$Lv = \frac{Q}{ch^{1.5}} = \frac{0.0152}{2 \cdot 0.25^{1.5}} = 0.0607m$$

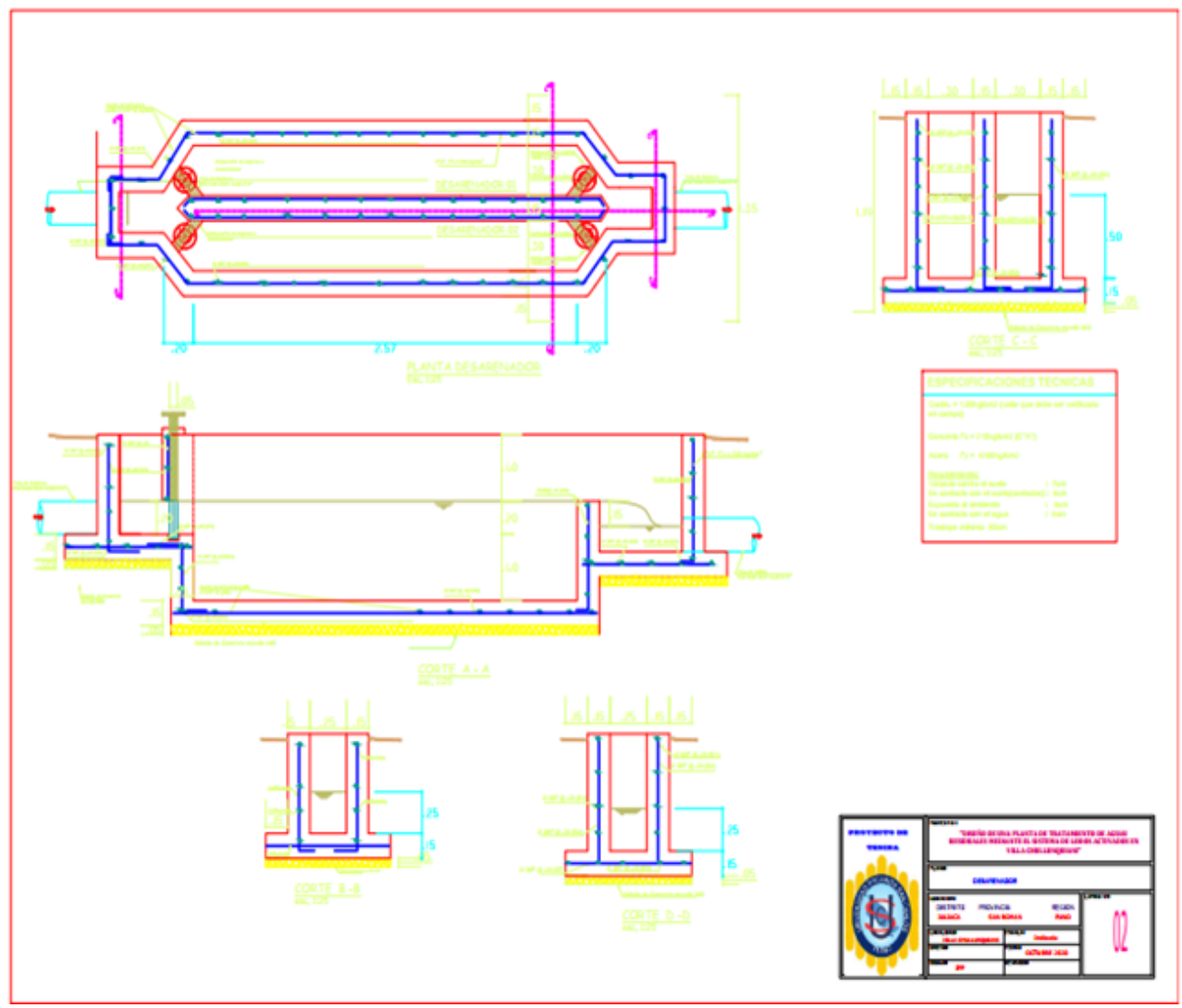


Figura 06: Plano del desarenador

4.2.3.- Diseño del tanque de decantación primaria

Para el diseño de la decantación primaria se considera una sección circular por tener una mayor resistencia al fluido frente a las fuerzas que ejerce el agua residual.

Dotación = 180 lt/hab.dia

Población futura = 9102 hab

$Q_m = 15.17 \text{ lt/seg} = 1310.69 \text{ m}^3/\text{d}$

$Q_d = 19.72 \text{ lt/seg} = 1703.89 \text{ m}^3/\text{d}$

$Q_{\text{max}} = 32.62 \text{ lt/seg} = 2817.98 \text{ m}^3/\text{d}$

$\text{DBO}_{50} = 346.75 \text{ mg/lt} = 568.10 \text{ kg/dia}$

$\text{DBO}_{5f} = 15 \text{ mg/lt} = 24.4728 \text{ kg/dia}$

$\text{SST} = 220 \text{ mg/lt} = 360.44 \text{ kg/dia}$

Tomando como referencia los cuadros

Velocidad Ascensional a $Q_{\text{med}} = 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$

Velocidad Ascensional a $Q_{\text{max}} = 2.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$

Tiempo de retención para $Q_{\text{med}} = 2$ horas

Tiempo de retención para $Q_{\text{max}} = 1.5$ horas

Carga máxima sobre el vertedero = 9.5

Dimensiones de la zona de entrada:

Relación entre diámetros $\phi_1/\phi = 0.1$

Relación entre alturas $(h_1/h) = 0.4$

Velocidad barredora de fondo = 0.6m/min

Inclinación fondo del decantador = 0.03

1.- Cálculo de la superficie horizontal

Calculamos la superficie horizontal necesaria para Qmed

$$V_{asc} = \frac{Q_{med}}{SH} = \frac{1310.688}{1.5 \cdot 24} = 36.408 m^2$$

Calculamos la superficie horizontal necesaria para Qmax

$$V_{asc} = \frac{Q_{max}}{SH} = \frac{2817.979}{2.5 \cdot 24} = 46.97 m^2$$

2.- Cálculo del Volumen

El volumen teórico según el tiempo de retención a Qmed será

$$t_R = \frac{V}{Q_{med}}$$

$$V = t_R * Q_{med} = 2 * 1310.688/24 = 109.224 m^3$$

El volumen teórico según el tiempo de retención a Qmax será

$$V = t_R * Q_{max} = 2 * 2817.979/24 = 234.83 m^3$$

3.- Relaciones dimensionales

Número de unidades = 2 und

Superficie unitaria = $46.966/2 = 23.48 m^2$

radio adoptado = $(23.48/\pi)^{1/2} = 2.80 m$

$$Superficie\ real\ será = \pi * 2.8^2 = 24.63 m^2$$

$$\text{Volumen unitario} = 234.83/2 = 117.42m^3$$

Altura recta en vertedero

$$h = \frac{V}{A} = \frac{117.42}{24.63} = 5m$$

Para la altura en zona de reparto se consideran:

Pendiente en la solera = 0.03

$$h' = h + 0.25 = 5 + 0.25 = 5.25m$$

Altura sumergida en la chapa deflectora:

Adoptamos en valor $h'/h = 0.4$

$$h_1 = 5.25 * 0.4 = 2.1m$$

Diámetro de la chapa deflectora

$$\phi_1/\phi = 0.1$$

$$\phi_1 = 0.1 * 2.8 * 2 = 0.56$$

4.- Comprobación de la carga sobre el vertedero:

Longitud del vertedero:

$$2 * \pi * r = 2 * \pi * 2.8 = 17.59m$$

$$\text{Caudal vertido por metro a } Q_{med} = \frac{1310.688}{2 * 17.59 * 24} = \frac{1.552m^3/h}{m} < 9.5$$

$$Caudal\ vertido\ por\ metro\ a\ Q_{max} = \frac{2817.979}{2 \cdot 17.59 \cdot 24} = \frac{3.337\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}} < 18$$

5.- Producción de fangos

Se ha fijado un rendimiento de eliminación de S.S. del 55%, por lo tanto, la cantidad de fangos producidos será:

$$F1(SST) = 360.44 \cdot 0.55 = 198.24\text{kg SST}/\text{dia}$$

A partir de estos datos suponemos que la fracción de volátiles es del 65%

$$F1(SST) = 198.24 \cdot 0.65 = 128.86\text{kg SST}/\text{dia}$$

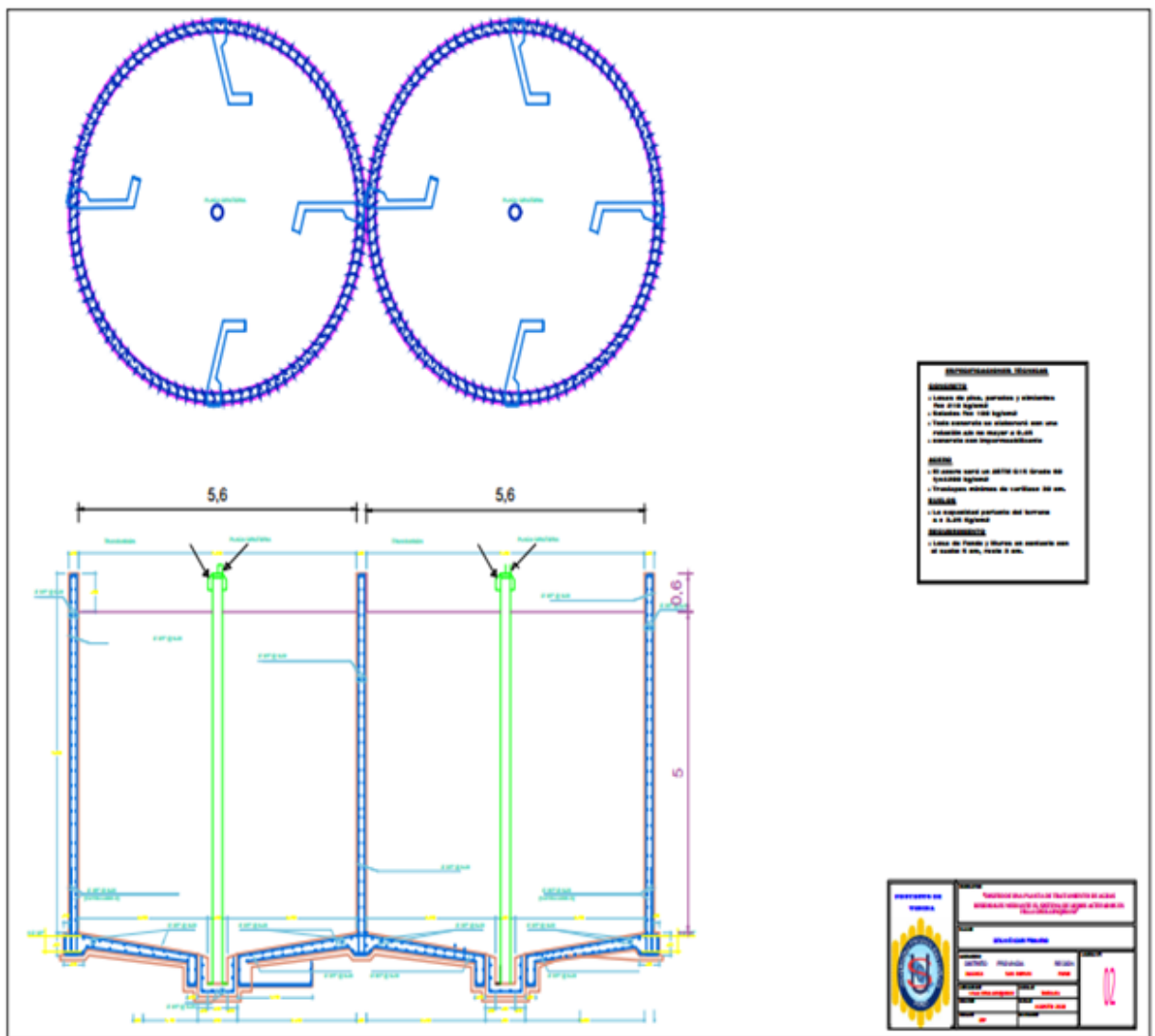


Figura 07: Plano del decantador primario

4.2.4.- Diseño de lodos activados

Se tomará como un tratamiento secundario el sistema de lodos activados, esto por ser un sistema aerobio, ya que los sistemas anaerobios no son eficientes para la zona.

Datos de Diseño:

Población futura = 9102 habitantes

Dotación de agua (D)= 180 lt/(hab.día)

Contribución de aguas residuales (C) = 80%

$Q_m = 15.17 \text{lt/seg} = 1310.69 = \text{m}^3/\text{dia}$

$Q_d = 19.72 \text{lt/seg} = 1703.89 = \text{m}^3/\text{dia}$

$Q_{\text{max}} = 32.62 \text{lt/seg} = 2817.979 \text{ m}^3/\text{dia}$

$\text{DBO}_{5o} = 282.388 \text{mg/lt} = 462.652 \text{ kg/dia}$

$\text{DBO}_{5f} = 15 \text{ mg/lt} = 24.57 \text{ kg/dia}$

$\text{SST} = 273.6 \text{ mg/lt}$

$\text{MLSS} = 3250 \text{ mg/lt}$

$\text{MLSSV} = 80\% * 3250 = 2600 \text{ mg/lt} = 4241.952 \text{ kg/dia}$

Edad del fango = $\Theta_c = 4.5$ días

Tiempo de retención $\text{Tr} = 0.25$ días = 6 horas

$K_d = 0.08 \text{d}^{-1}$ Coeficiente de mortandad

$Y = 0.4$

Altitud = 3842 msnm

$T_{\text{max}} = 16.9^\circ\text{C}$

$T_{\text{min}} = 6^\circ\text{C}$

Caudal de aire del difusor tipo disco = $3 \text{ m}^3/\text{h}$

Densidad de oxígeno = 1.429 kg/m^3

1.- Cálculo del Volumen del reactor

Método de coeficientes cinéticos

$$V = \frac{\theta C * Y * Q (DBO_o - DBO_f)}{X(1 + \theta c * kd)}$$

$$V = \frac{0.4 * 15.11 * (282.388 - 15) * 4.5}{3250 * (1 + 4.5 * 0.08)} = 142.72 m^3$$

Método de la Norma Alemana ATV-DVWK-A 131

- Método de la norma alemana ATV-DVWK-A 131

$$f_{exceso} = 0.6 \text{ carga diaria de SS} + \left(0.75 - \frac{0.10 * \theta c * Ft}{1 + 0.17 * \theta c * Ft} \right) * DBO$$

$$Ft = \text{factor temperatura} = 1.072^{(t-15)}$$

$$Ft = 1.072^{(6-15)} = 0.535$$

$$F_{exceso} = 0.6 * 273.6 + \left(0.75 - \frac{0.10 * 4.5 * 0.535}{1 + 0.17 * 4.5 * 0.535} \right) * 282.388$$

$$F_{exceso} = 327.718 \text{ mg/lt}$$

$$Vr = \frac{\theta c * F_{exceso}}{X}$$

$$Vr = \frac{4.5 * 327.718}{3250 * 1000} = 453.76 m^3$$

Se toma el mayor valor de los dos métodos

2.- Comprobación de tiempo de retención hidráulica en el reactor

$$t_r = \frac{V_r}{Q}$$

$$t_r = \frac{453.76}{1310.688} = 0.346 \text{ dias} = 8.31 \text{ horas}$$

3.- Comprobación de la carga másica

$$C_m = \frac{DBO_0 * Q}{X * V}$$

$$C_m = \frac{282.388 * 1310.688}{3259 * 453.76} = 0.251 \text{ kg DBO}_5 / \text{MLSS}$$

4.- Comprobación de la carga volumétrica

$$C_v = \frac{DBO_0 * Q}{V}$$

$$C_v = \frac{282.388 * 1310.688}{453.76 * 1000} = \frac{0.816 \text{ kg DBO}_5}{\text{dia}} / \text{m}^3$$

5.- Cálculo de la necesidad teórica de oxígeno

$$ON \left(\frac{\text{kg}}{\text{d}} \right) = A \text{ kg DBO}_5 \frac{\text{elim}}{\text{dia}} + B \text{ kg MLSSV}$$

De la tabla, para un $cm = 0.251$

Se tiene:

$$A = 0.575$$

$$B = 0.073$$

$$\frac{kg\ DBO_5\ elim}{dia} = kg\ DBO_5\ entran - kg\ DBO_5\ sale$$

$$\frac{kg\ DBO_5\ elim}{dia} = 462.65 - 24.57 = 438.08\ kg\ DBO$$

$$ONs = 0.575 * 438,08 = 251.89\ kg\ DBO$$

$$ONe = 0.073 * 2600 * 453.76/1000 = 86.124\ kg\ DBO$$

$$ON = 251.89 + 86.124 = 338.02\ kg\ DBO$$

- Otra forma de hacer el cálculo sería a partir de las fórmulas que consideran la edad del fango

Necesidad de oxígeno para la síntesis

$$a' = 0.50 + 0.01\theta c$$

$$a' = 0.50 + 0.01 * 4.5 = 0.545$$

$$ONs = 0.545 * 438.08 = 238.75\ kg\ O_2/día$$

Necesidad de oxígeno para la endogénesis

$$b' = \frac{0.13*\theta c}{1+0.16*\theta c}$$

$$b' = \frac{0.13 \cdot 4.5}{1 + 0.16 \cdot 4.5} = 0.34$$

$$ONe = 0.34 \cdot 438.08 = 148.99$$

$$ON = 238.75 + 148.99 = 387.75 \text{ kgO/día}$$

La norma alemana ATV-DVWK-A 131, recomienda para procesos de fangos activos de alto rendimiento el empleo de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{kgO}_2}{d} = \text{carga diaria de DBO}_5 \cdot \left(0.56 + \frac{0.15 \cdot \theta_c \cdot F_T}{1 + 0.17 \cdot \theta_c \cdot F_T} \right)$$

$$F_T = \text{factor de temperatura mínima} = 1.072^{(T-15)}$$

$$F_T = 1.072^{(6-15)} = 0.534$$

$$F_T = \text{factor de temperatura máxima} = 1.072^{(T-15)}$$

$$F_T = 1.072^{(16.9-15)} = 1.141$$

$$\frac{\text{kgO}_2}{d}, \text{ temperatura min} = 462.65 \cdot \left(0.56 + \frac{0.15 \cdot 4.5 \cdot 0.534}{1 + 0.17 \cdot 4.5 \cdot 0.534} \right) = 377.619 \text{ kgO}_2/\text{día}$$

$$\frac{\text{kgO}_2}{d}, \text{ temperatura max} = 462.65 \cdot \left(0.56 + \frac{0.15 \cdot 4.5 \cdot 1.141}{1 + 0.17 \cdot 4.5 \cdot 1.141} \right) = 449.361 \text{ kgO}_2/\text{día}$$

6.- Cálculo de las necesidades de oxígeno en situación de punta

$$0.45 \cdot P + 55$$

P = La punta de la carga orgánica en porcentaje = 200%

$$0.45 * 200 + 55 = 145$$

$$A = 0.575 * \frac{145}{100} = 0.834$$

$$ONs (punta) = 0.834 * 438.08 = 365.25kgO_2/día$$

$$ON (punta) = 86.12 + 365.25 = 451.37kg/dia$$

$$\alpha' = 145 * \frac{0.541}{100} = 0.79$$

$$ONs (punta) = 0.79 * 438.08 = \frac{346.19kg}{02}/dia$$

$$ON (punta) = 148.99 + 346.19 = 495.19kg/dia$$

7.- Cálculo de las necesidades reales de oxígeno

$$Cp = 1 - 0.111 * Altitud$$

$$Cp = 1 - 0.111 * 3842 = 0.574$$

$$Oxígeno real = \frac{oxígeno necesario teorico}{K_t}$$

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} * K_{t3}$$

7.1.- Coeficiente Kt1

La aportación de oxígeno es proporcional al déficit de saturación:

$$K_{t1} = \frac{C'_s - C_x}{C_s}$$

Este coeficiente puede ser:

- En condiciones normalizados toma valores: $11.33 - 0 = 11.33$ mg/lit
- En condiciones reales hay que calcular: $C'_s - C_x$

C'_s = es la concentración de saturación en el tanque de aireación a la temperatura

C_x = es la concentración media en oxígeno en el tanque de aireación. Generalmente se adopta los siguientes valores:

Sin nitrificación; $C_x = 2$ mg/lit

Con nitrificación; $C_x = 3$ mg/lit

$C_s = 12.48$ mg/lit

- La del fondo, que con la corrección de la presión se calcula mediante la expresión:

$$C_{sf} = C_s \cdot (10.33 + P)/10.33$$

$$C_{sf} = 12.48 * \frac{10.33+4}{10.33} = 17.31$$

$$C_{SS} = C_s \cdot \frac{1-E}{0.791+0.209 \cdot (1-E)}$$

$$C_{SS} = 12.48 * \frac{1-0.05*4}{0.791+0.209 \cdot (1-0.05*4)} = 10.42$$

$$C_{CM} = \frac{C_{SF} + C_{SS}}{2}$$

$$C_{CM} = \frac{17.31 + 10.42}{2} = 13.87$$

$$C_A = \frac{C_{SM}}{C_s}$$

$$C_A = \frac{C_{SM}}{C_s} = \frac{13.87}{12.48} = 1.111$$

$$C_A = \frac{10.33 + 0.28P}{10.33}$$

$$C_A = \frac{10.33 + 0.28 \cdot 4}{10.33} = 1.108$$

Con las tres correcciones se puede determinar C's

$$C's = C_s \cdot \beta \cdot C_p \cdot C_A$$

$$\beta = 0.98$$

$$C's = 12.48 \cdot 0.98 \cdot 0.574 \cdot 1.108 = 7.775$$

La corrección K_{t1} , proporcional al déficit de saturación es:

$$K_{t1} = \frac{C's - C_x}{C_s}$$

$$K_{t1} = \frac{7.775-2}{12.48} = 0.463$$

7.2.- Coeficiente K_{t2}

La velocidad de disolución de oxígeno varía con la temperatura según la expresión:

$$K_{t2} = 1.024^{T-10}$$

$$K_{t2, temperatura\ mini} = 1.024^{16.9-10} = 0.909$$

$$K_{t2, temperatura\ máx} = 1.024^{6-10} = 1.178$$

7.3.- Coeficiente K_{t3}

La influencia de estos factores se traduce por un único factor K_{t3} , que representa:

Para el diseño adoptamos la tabla, para aire con burbujas finas sin nitrificación:

$$K_{t3} = 0.55$$

El coeficiente global K_t , vendrá dado por:

$$K_t = K_{t1} \cdot K_{t2} \cdot K_{t3}$$

$$K_{t, temperatura\ mín} = 0.463 * 0.909 * 0.55 = 0.231$$

$$K_{t, temperatura\ máx} = 0.463 * 1.178 * 0.55 = 0.272$$

$$\text{Oxígeno real} = \frac{\text{oxígeno teórico}}{K_t}$$

$$\text{Oxígeno real, temperatura min} = \frac{377.62}{0.231} = 1631.33$$

$$\text{Oxígeno real, temperatura máx} = \frac{449.36}{0.272} = 1653.898$$

8.- Cálculo de la potencia a instalar

- En sistema de difusión la potencia a instalar puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$P(CV) = \frac{0.227 \cdot Q_{\text{aire}}}{1.04} \cdot \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right) \cdot C$$

Donde:

$P_1 = 10.33$ m.c.a

$P_2 = P_1 + \text{profundidad de cuba} + \text{pérdida difusores} + \text{pérdida tuberías}$

$P_2 = 10.33 + 4 + 0.3 + 0.2 = 16.63$ m.c.a

$C =$ Coeficiente de seguridad (normalmente 10%)

$Q_{\text{aire}} =$ Caudal de aire necesario, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{\text{aire}} = \frac{\text{oxígeno real en condiciones de punta}}{K_{ox} \cdot \text{EFI}}$$

$K_{ox} =$ son los kg O_2/m^3 , en el reactor en condiciones normales se adopta 0.3.

$\text{EFI} =$ eficiencia del difusor = 0.2

$$Q_{\text{aire}} = \frac{1653.898}{24 \cdot 0.3 \cdot 0.2} = 1148.54 m^3/h$$

$$P(CV) = \frac{0.227 \cdot 1148.54}{1.04} \cdot \left(\left(\frac{16.63}{10.33} \right)^{0.283} - 1 \right) \cdot 1.10 = 39.779$$

$$P(KW) = 0.736 \cdot 39.779 = 29.278$$

9.- Cálculo del número de difusores

$$\text{Volumen (caudal total de aire)} = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}} = \frac{1653.898}{1.429 \cdot 0.232} = 4988.714 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} = 207.86 \text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Número de difusores} = \frac{\text{Caudal total de aire}}{\text{Caudal del difusor}} = \frac{207.86}{3} = 69.28 = 72 \text{ difusores}$$

10.- Recirculación de fangos

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{X.I}{1000 - X.I}$$

Adoptamos un valor del índice de Mohlman I = 200

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{3250/1000 \cdot 200}{1000 - 3250 \cdot 200/1000} = 1.857$$

$$Q_r = 1.857 \cdot \frac{1310.688}{24} = 101.42 \text{m}^3/\text{h}$$

La concentración de recirculación será

$$X_r = \frac{Q_r + Q}{Q_r} \cdot X$$

$$Xr = \left(\frac{Qr+Q}{Qr} \right) X = (101.42 + 1310.688/24) / (101.42 * \frac{3250}{1000}) = 5$$

11.- Cálculo de la producción de fangos y fangos en exceso

$$Px_{(ssv)} = \frac{0.57}{1+0.16.\theta c} + 0.14 + 0.20 * \frac{0.6*SS}{DBO5}$$

$$Px_{(ssT)} = \frac{0.57}{1+0.16.\theta c} + 0.14 + 0.50 * \frac{0.6*SS}{DBO5}$$

$$\frac{0.6*SS}{DBO5} = 0.6 * \frac{273.6}{282.39} = 0.581$$

$$Px_{(ssv)} = \frac{0.57}{1+0.16*4.5} + 0.14 + 0.20 * 0.581 = 0.588$$

$$Px_{(ssv)} = 0.588 * (462.65 - 24.57) = 257.44 \text{ kg/dia}$$

$$Px_{(ssT)} = \frac{0.57}{1+0.16*4.5} + 0.14 + 0.50 * 0.581 = 0.762$$

$$Px_{(ssT)} = 0.762 * (462.65 - 24.57) = 333.84 \text{ kg/dia}$$

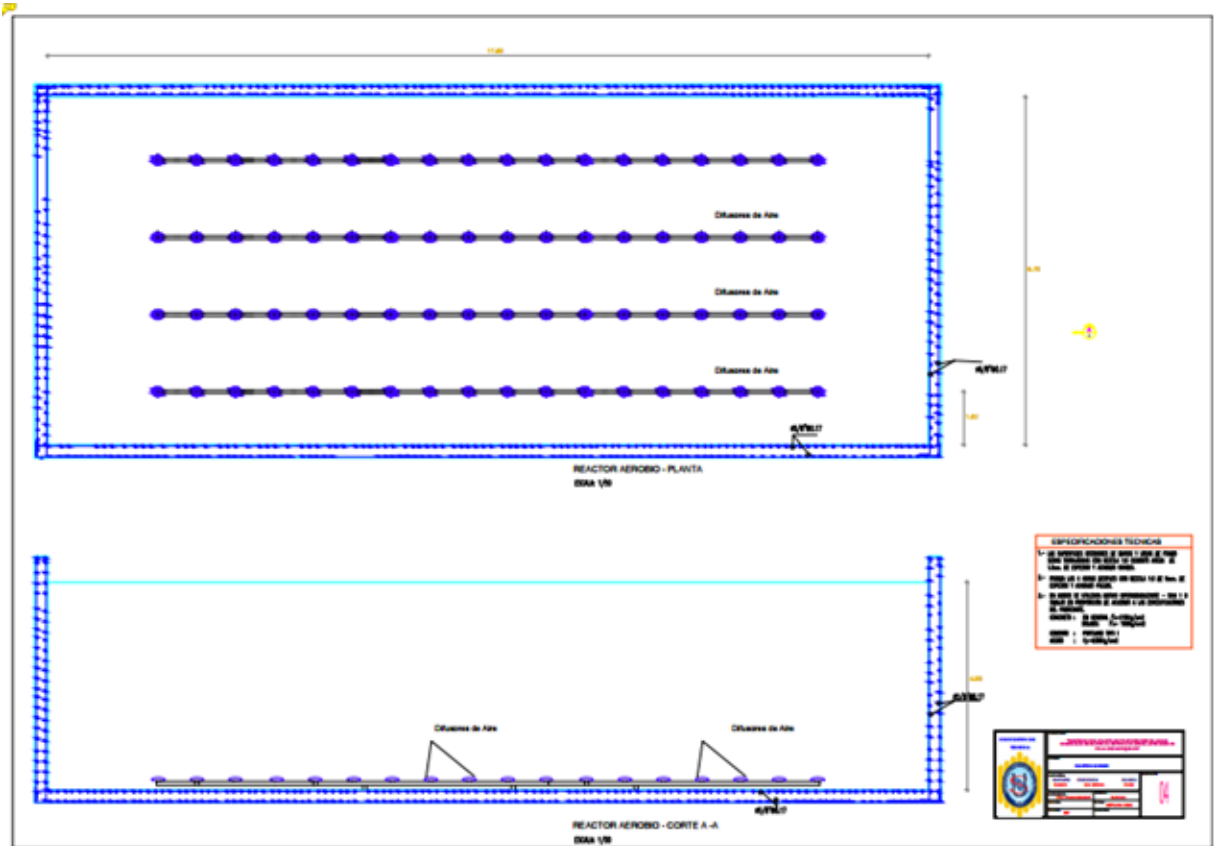


Figura 08: Plano del sistema de lodo activado

12.- Cálculo de la decantación secundaria

Las recomendaciones sobre los parámetros utilizados en la decantación después del proceso biológico viene dado por la siguiente tabla:

Vasc (max) = 1.5 m/h

Vasc (med) = 0.8 m/h

$$A(Q_{max}) = \frac{Q_{max}}{V_{asc}} = \frac{2817.979}{1.5 \cdot 24} = 78.27m^2$$

$$A(Q_{med}) = \frac{Q_{med}}{V_{asc}} = \frac{1310.688}{0.8 \cdot 24} = 68.265 m^2$$

Adoptamos dos unidades circulares de diámetro = 6.6m

$$A_{real} = 2 * 3.1416 * \frac{6.6^2}{4} = 68.42 m^2$$

Comprobación de la carga de sólidos

Caudal máximo

$$C_{(sol)} = \frac{XQ_{max}}{superficie\ real} = \frac{3250 \cdot 2817.979}{68.42} = \frac{5.577 kg}{m^2} \cdot h < 6$$

Caudal medio

$$C_{(sol)} = \frac{XQ_{med}}{superficie\ real} = \frac{3250 \cdot 1310.688}{68.42} = \frac{2.59 kg}{m^2} \cdot h < 2.4$$

Comprobación de carga sobre el vertedero

Caudal máximo

$$C(v_{ert}) = \frac{Q_{max}}{Longitud\ vertedero} = \frac{2817.979}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3.3 \cdot 24} = \frac{2.83 kg}{m^2} \cdot h < 10$$

Caudal mínimo

$$C(v_{ert}) = \frac{Q_{min}}{Longitud\ vertedero} = \frac{1310.688}{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3.3 \cdot 24} = \frac{1.159 kg}{m^2} \cdot h < 5$$

Cálculo del volumen

A caudal máximo

$$v(Q_{max}) = tr \cdot Q_{max}$$

$$V(Q_{max}) = tr. Q_{max} = 2 * \frac{2817.979}{24} = 234.83m^3$$

A caudal medio

$$v(Q_{max}) = tr. Q_{med}$$

$$V(Q_{med}) = tr. Q_{med} = 3 * \frac{1310.688}{24} = 163.836m^3$$

Se toma el mayor

$$h = \frac{234.83}{68.42} = 3.43m$$

Pero h debe estar entre 3 y 5m

$$V_{real} = 3.5 * 68.42 = 239.48m^3$$

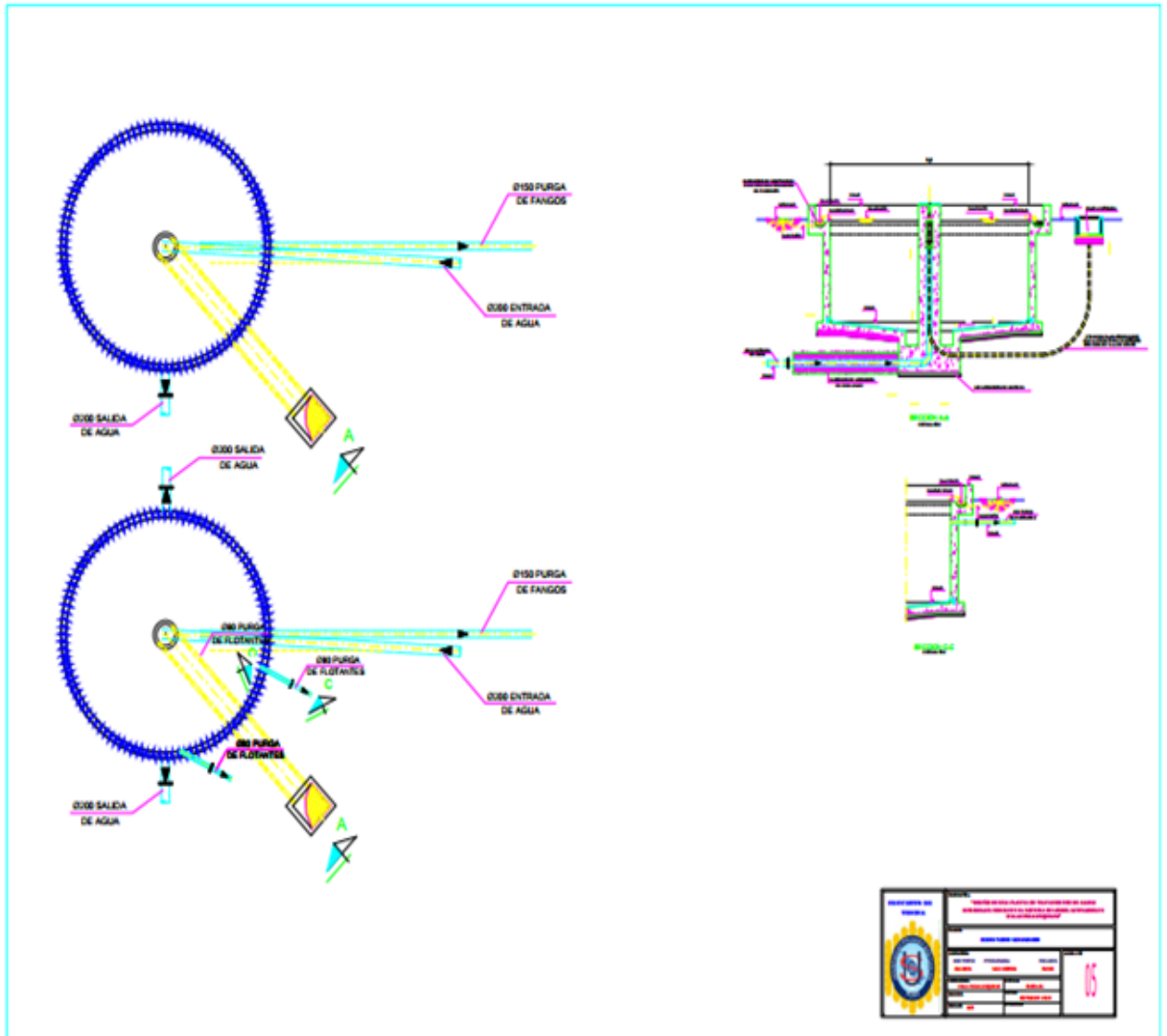


Figura 09: Plano del decantador primario

4.2.5.- Diseño de lecho de secado

La contribución per cápita de sólidos en suspensión, de la siguiente manera:

$$C = \frac{\text{Población} * \text{contribución percapita} (gr \frac{SS}{hab} * \text{día})}{1000}$$

- Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg SS/día).

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

- Volumen diario de lodos digeridos (Vld , en litros/día).

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodo}} * (\% \text{de} \frac{\text{sólidos}}{100})}$$

Donde:

ρ lodo: Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%.

- Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel , en m^3).

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Donde:

Td : Tiempo de digestión, en días.

- Área del lecho de secado (Als , en m^2).

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Donde:

Ha : Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m

- El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

Datos:

Población de Diseño $Pf = 9102$ hab

Caudal diseño $Qm = 15.17$ lt/seg

Caudal diseño $Qd = 19.721$ lt/seg

SST = 640 mg/lt

% sólidos contenidos en lodo % = 10%

Temperatura $T^{\circ} = 16.9^{\circ}\text{C}$

Profundidad de ampliación $H_a = 0.40 \text{ m}$

Densidad de lodo = 1.04 kg/lit

Número de lechos de secado $N^{\circ} = 2.00 \text{ und}$

Resultados:

$$Pcc = \frac{640 \cdot 15.17 \cdot 86400}{1000 \cdot 9102} = 92.16 \frac{\text{gr}}{\text{hab}} \cdot \text{dia}$$

$$C = Pcc * Población \frac{\text{futura}}{1000} = 92.16 * \frac{9102}{1000} = 838.84 \frac{\text{kgSS}}{\text{d}}, \text{ Carga de sólidos}$$

Cálculo de la masa de sólidos en el lodo

$$Msd = ((0.5 * 0.7 * 0.5) + (0.5 * 0.3)) * C = ((0.5 * 0.7 * 0.5) + (0.5 * 0.3)) * 838.34 = 272.62 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Cálculo de volumen de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\% \delta} = \frac{\left(\frac{272.62}{10 * 1.04}\right)}{1000} = 2.62 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

Cálculo de Volumen de lodos a extraer

$$Vel = Vld * Td = 2.62 * 49.3 = 129.23 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen unitario de lodos a extraer

$$Vu = \frac{Vel}{N} = \frac{129.23}{2} = 64.62 \text{ m}^3$$

Dimensiones del lecho de Secado

Cálculo del lecho de secado

$$A = \frac{Vu}{H_a} = \frac{64.62}{0.40} = 161.54 \text{ m}^2$$

Cálculo de la longitud lecho de secado, consideramos

$$L = 18.00m$$

Cálculo del ancho lecho de secado

$$W = \frac{A}{L} = \frac{161.54}{18} = 9.0 m$$

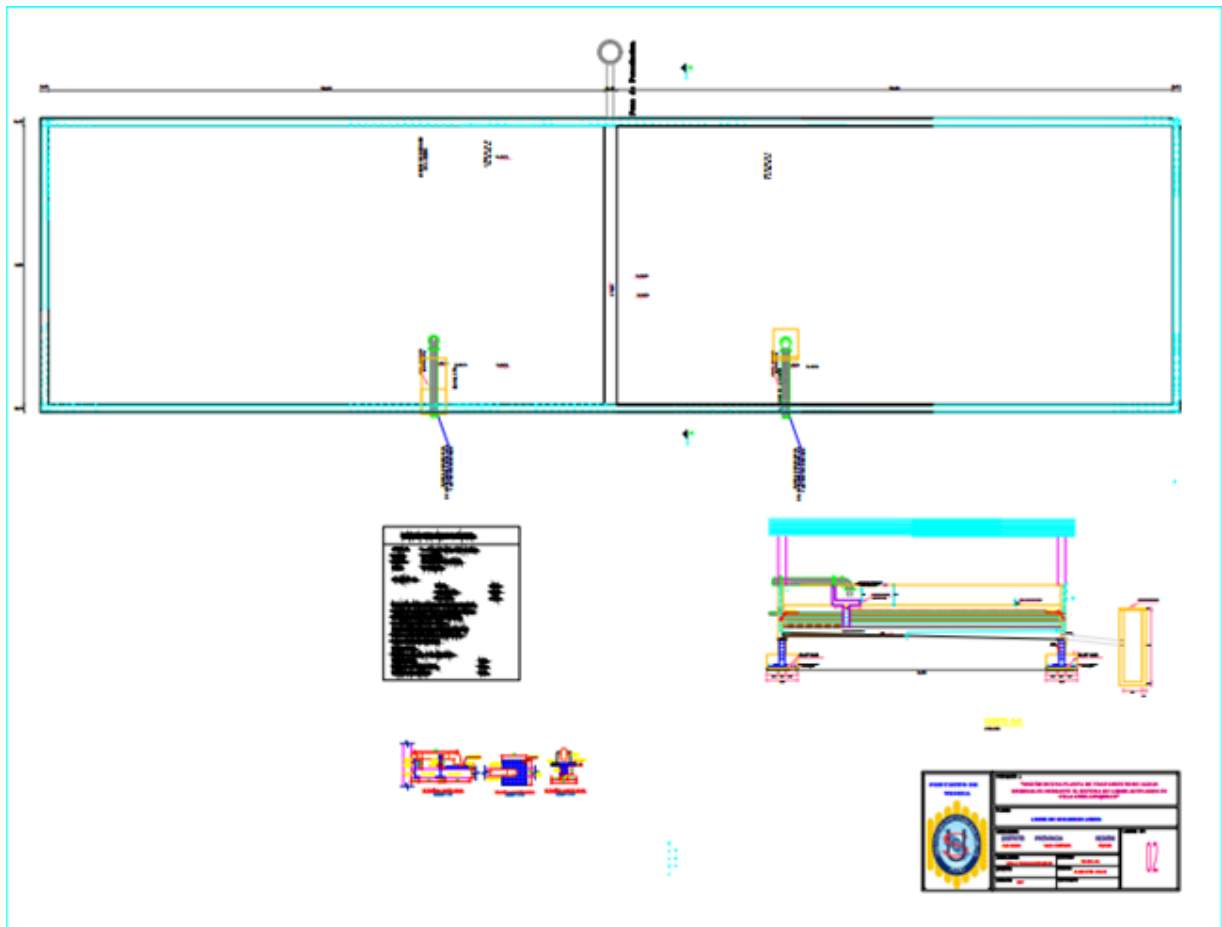


Figura 10: Plano del lecho de secado

4.2.6.- Diseño de la cámara de cloración

Para el diseño del tratamiento terciario se tomará una cámara de cloración con la finalidad de eliminar a los microorganismos existentes en el agua residual.

DATOS:

Caudal de diseño

$$Q_d = 1703.89 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_d = 71 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tiempo de contacto con el cloro $T = 30 \text{ min}$

$$T = 0.50 \text{ h}$$

Dosis promedio $D = 3 \text{ mg/l}$

Concentración $c = 30,000 \text{ mg/l}$

Desinfectante (Cloro como hipoclorito de calcio) = 70%

RESULTADOS:

Cálculo del volumen de tanque de contacto de cloro

$$V_{tc} = Q * T = 71 * 0.50 = 35.50 \text{ m}^3$$

Cálculo del caudal de solución de cloro

$$q = Q * \frac{D}{c} = 1703.89 * \frac{3}{30000} = 0.17 \text{ m}^3/\text{d}$$

Cálculo del peso requerido del desinfectante

$$P = Q.D/70\% = \frac{1703.89*3}{0.7*1000} = 7.30 \text{ kg/d}$$

Dimensiones aproximadas de la cámara

Ancho de cada compartimiento $b = 0.80 \text{ m}$

Altura de agua $h = 1.40 \text{ m}$

Ancho de la cámara de contacto $B = 2.70 \text{ m}$

Cálculo de la longitud de canal de compartimiento

$$L_t = \frac{V_{tc}}{(b*h)} = \frac{35.5}{0.8*1.40} = 31.70 \text{ m}$$

Número de compartimientos

$$N = \frac{Lt}{B} = \frac{31.70}{2.70} = 12$$

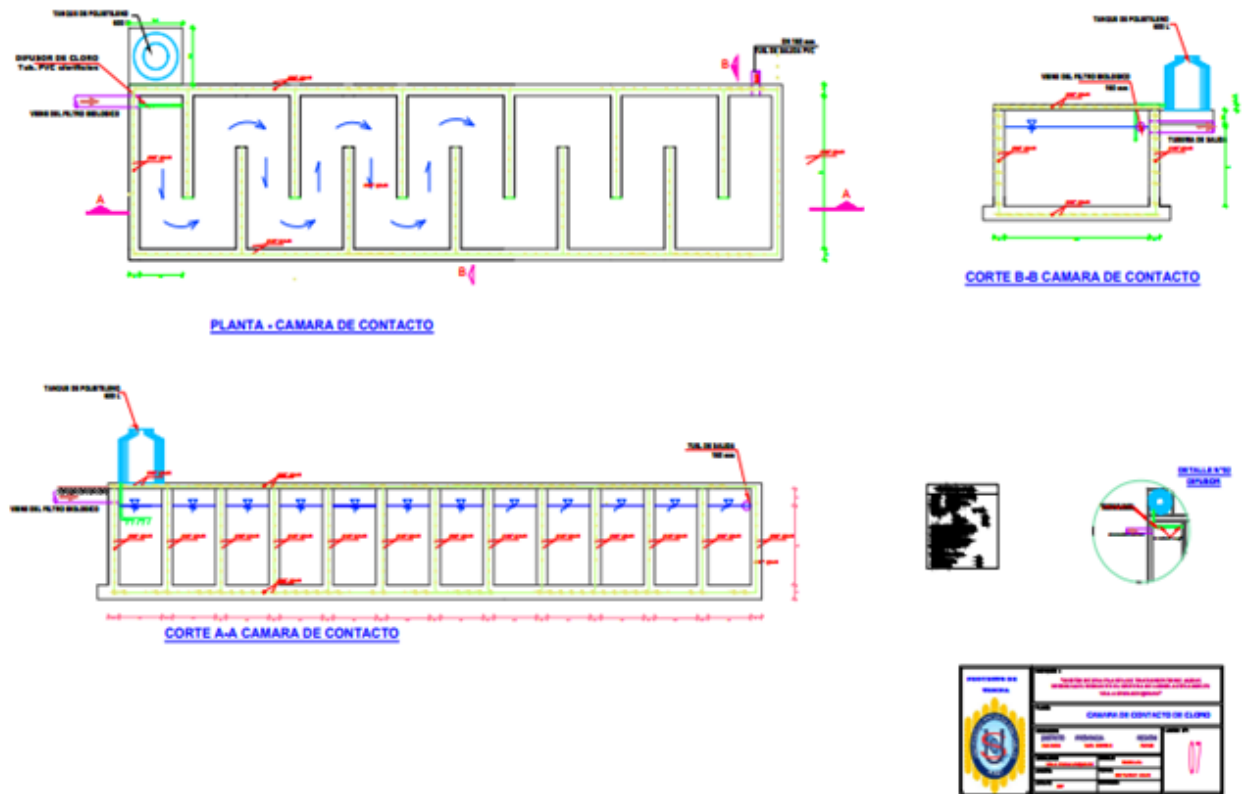


Figura 11: Plano de la cámara de cloración

4.3.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La discusión de los resultados se realizará para la DBO, SST y Coliformes, en vista de que estos tres parámetros están establecidos en la norma OS 090, así mismo se establecen en otras bibliografías.

4.3.1.- Discusión de resultados para la remoción de la DBO

Tabla 36: % de remoción para la DBO

TIPO DE TRATAMIENTO	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
Tratamiento preliminar	410 mg/lit	389.5 mg/lit	5%
Tratamiento primario (OS 090)	389.5 mg/lit	282.39 mg/lit	27.5%
Tratamiento secundario	282.39 mg/lit	42.36 mg/lit	85%
Tratamiento terciario	42.36 mg/lit	42.36 mg/lit	0%

FUENTE: Elaboración propia

Según nuestro análisis de agua residual realizado en el laboratorio se tuvo una DBO_5 de 410 mg/lit, los porcentajes de remoción se muestran en las tablas N° 20 y 21, y estos varían ligeramente, en la presente investigación se combinarán ambas tablas.

En el pre tratamiento que consta de rejillas y desarenador se logró removerse un 20.5mg/lit que representa un 5%, en el tratamiento primario que consta de un decantador primario se logró remover 107.11mg/lit que representa un 27.5%, en el tratamiento secundario que consta del sistema de lodos activados se logró removerse 240.03 mg/lit que representa un 85%, en el tratamiento terciario no se tiene remoción alguna, por lo que podemos concluir que en el tratamiento secundario es donde se logra remover el mayor porcentaje de la DBO tal cual los

muestra en la figura N° 5, por lo tanto la cantidad que sale de la planta de tratamiento es igual a 42.36 mg/lit, según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los límites máximos permisibles para efluentes vertidos a cuerpos de aguas para la DBO es igual a 100 mg/lit, por lo que nuestro sistema de tratamiento cumple con lo establecido en la norma y no requiere de tratamiento adicional.

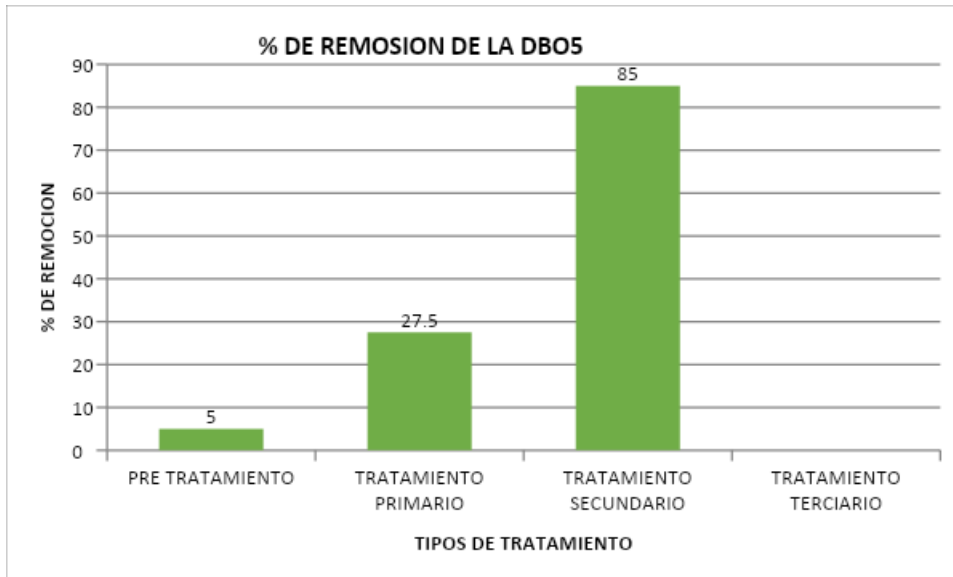


Figura 12: % de remoción de la DBO₅

Tabla 37: Medidas de tendencia central para la DBO₅

Número de datos de la DBO	Variación de la DBO	Media aritmética ($X - \bar{X}$)	$(X - \bar{X})^2$
1	410	174.893	30587.851
2	389.5	154.393	23837.454
3	389.5	154.393	23837.454
4	282.3875	47.281	2235.523
5	282.3875	47.281	2235.523
6	42.358125	-192.748	37151.809
7	42.358125	-192.7480	37151.809
8	42.358125	-192.7480	37151.809
Total	1880.849375		194189.236

FUENTE: Elaboración propia

Media: $\bar{X} = 235.11$

Mediana: $Me = 282.39$

Moda: $Mo = 42.36$

Desviación estándar: $S = 166.56$

- Según nuestros resultados estadísticos podemos establecer lo siguiente, nuestra media aritmética es igual a 235.11 mg/lit de DBO, si realizamos una comparación con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, para efluentes vertidos a cuerpos de aguas este valor supera a lo establecidos por la norma que es igual a 100 mg/lit.

- Para la mediana podemos establecer lo siguiente el 50% de la DBO es menor o igual a 282.39 mg/lit, y este valor supera los establecido por el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, para efluentes vertidos a cuerpos de aguas.
- Para la moda que resultó igual a 42.36 mg/lit, que viene a ser el dato más frecuente que se repite que sale del tratamiento secundario este cumple con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, para efluentes vertidos a cuerpos de aguas.
- Con referencia a la desviación estándar resultó igual 166.56 mg/lit, podemos decir que este valor está dispersa con respecto al promedio y con respecto a los diversos tipos de tratamiento, esta dispersión se da más en el tratamiento secundario en vista de que en este tratamiento se da la mayor remoción de la DBO.

4.3.2.- Discusión de resultados para la remoción los SST

Tabla 38: % de remoción para los SST

TIPO DE TRATAMIENTO	ENTRADA	SALIDA	% DE REMOCIÓN
Tratamiento preliminar	640 mg/lit	608 mg/lit	5%
Tratamiento primario	608 mg/lit	273.6 mg/lit	55%
Tratamiento secundario	273.6 mg/lit	34.2 mg/lit	82.5%
Tratamiento terciario	34.2 mg/lit	34.2 mg/lit	0%

FUENTE: Elaboración propia

Según nuestro análisis de agua residual realizado en el laboratorio se tuvo que los SST es igual a 640 mg/lit, los porcentajes de remoción según se muestran en las tablas N° 20 y 21, varían ligeramente en la presente investigación se combinará ambas tablas.

En el tratamiento preliminar que consta de rejillas y desarenador se logró removerse un 32 mg/lit que representa un 5%, en el tratamiento primario que consta de un decantador primario se logró remover 334.4 mg/lit que representa un 55%, en el tratamiento secundario que consta del sistema de lodos activados se logró removerse 239.4mg/lit que representa un 87.5%, en el tratamiento terciario no se tiene remoción alguna, por lo que podemos concluir que en el tratamiento secundario es donde se logra remover el mayor porcentaje de los SST tal cual los muestra en la figura N° 6, por lo tanto la cantidad que sale de la planta de tratamiento es igual a 34.2 mg/lit, según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los límites máximos permisibles para efluentes vertidos a cuerpos de aguas para los SST es igual a 150 mg/lit, por lo que nuestro sistema de tratamiento cumple con lo establecido en la norma y no requiere de tratamiento adicional.

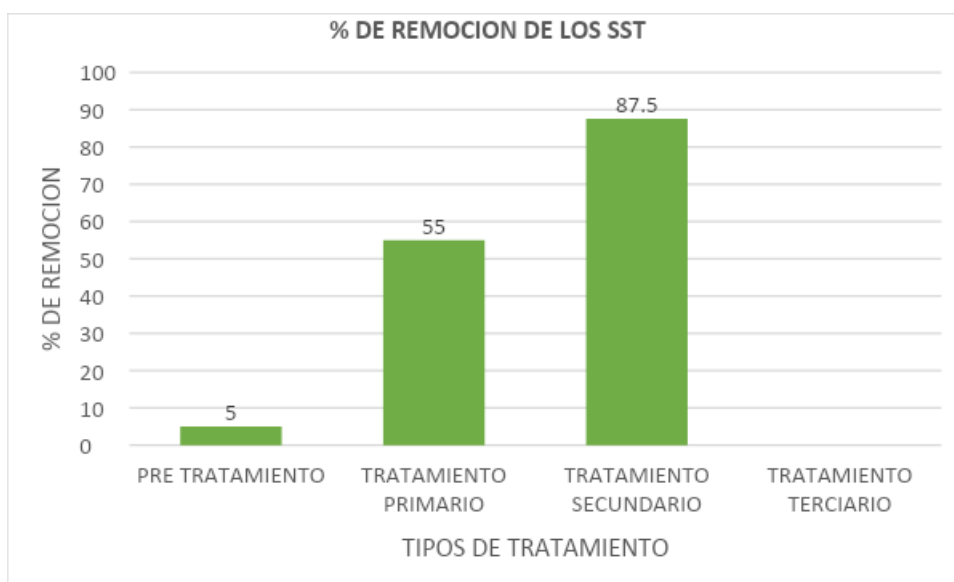


Figura 13: % de remoción de los SST

Tabla 39: Medidas de tendencia central para la SST

Número de datos de los SST	Variación de los SST	Media aritmética ($X - \bar{X}$)	$(X - \bar{X})^2$
1	640	326.775	106781.90
2	608	294.775	86892.30
3	608	294.775	86892.30
4	273.6	-39.625	1570.140
5	273.6	-39.625	1570.140
6	34.2	-279.025	77854.950
7	34.2	-279.025	77854.950
8	34.2	-279.025	77854.950
TOTAL	2505.8		517271.635

FUENTE: Elaboración propia

Media: $\bar{X} = 313.23$

Mediana: $Me = 273.6$

Moda: $Mo = 34.2$

Desviación estándar: $S = 271.84$

- Según nuestros resultados estadísticos podemos establecer lo siguiente, nuestra media aritmética es igual a 313.23 mg/lit de SST, si realizamos una comparación con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, para efluentes vertidos a cuerpos de aguas este valor no supera a lo establecidos por la norma que es igual a 150 mg/lit.

- Para la mediana podemos establecer lo siguiente el 50% de los SST es menor o igual que 273.6 mg/lit, y este valor no supera lo establecido por el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, para efluentes vertidos a cuerpos de aguas.
- Para la moda que resultó igual a 34.2 mg/lit, que viene a ser el dato más frecuente que se repite que sale del tratamiento secundario este cumple con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP para efluentes vertidos a cuerpos de aguas.
- Con referencia a la desviación estándar resultó igual 271.84 mg/lit, podemos decir que este valor está dispersa con respecto al promedio y con respecto a los diversos tipos de tratamiento, esta dispersión se da más en el tratamiento secundario en vista de que en este tratamiento se da la mayor remoción de la SST.

4.3.3.- Discusión de resultados para la remoción de los coliformes Termotolerantes

Tabla 40: % de remoción para coliformes fecales

TIPO DE TRATAMIENTO	ENTRADA	SALIDA	%DE REMOCIÓN
Tratamiento preliminar	840000 NMP/100ml	840000 NMP/100ml	0%
Tratamiento primario	840000 NMP/100ml	504000 NMP/100ml	40%
Tratamiento secundario	504000 NMP/100ml	75600 NMP/100ml	85%
Tratamiento terciario	75600 NMP/100ml	756 NMP/100ml	99%

FUENTE: Elaboración propia

Según nuestro análisis de agua residual realizado en el laboratorio se tuvo $8.4 \cdot 10^5$ NMP/100ml, de Coliformes fecales, para el siguiente parámetro nos basamos en el manual de diseño de estaciones depuradoras.

En el tratamiento preliminar que consta de rejillas y desarenador no se logró removerse, en el tratamiento primario que consta de un decantador primario se logró remover 336000 NMP/100ml que representa un 40%, en el tratamiento secundario que consta del sistema de lodos activados se logró removerse 428400 NMP/100ml que representa un 85%, en el tratamiento terciario se logró remover 74844 NMP/100ml, que representa un 99%, por lo que podemos concluir que en el tratamiento terciario es donde se logra remover el mayor porcentaje de los coliformes fecales tal cual los muestra en la figura N° 7, por lo tanto la cantidad que sale de la planta de tratamiento es igual a 756 NMP/100 ml, según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los límites máximos permisibles para efluentes vertidos a cuerpos de aguas para los Coliformes es igual a 10000 NMP/100ml, por lo que nuestro sistema de tratamiento cumple con lo establecido en la norma y no requiere de tratamiento adicional.

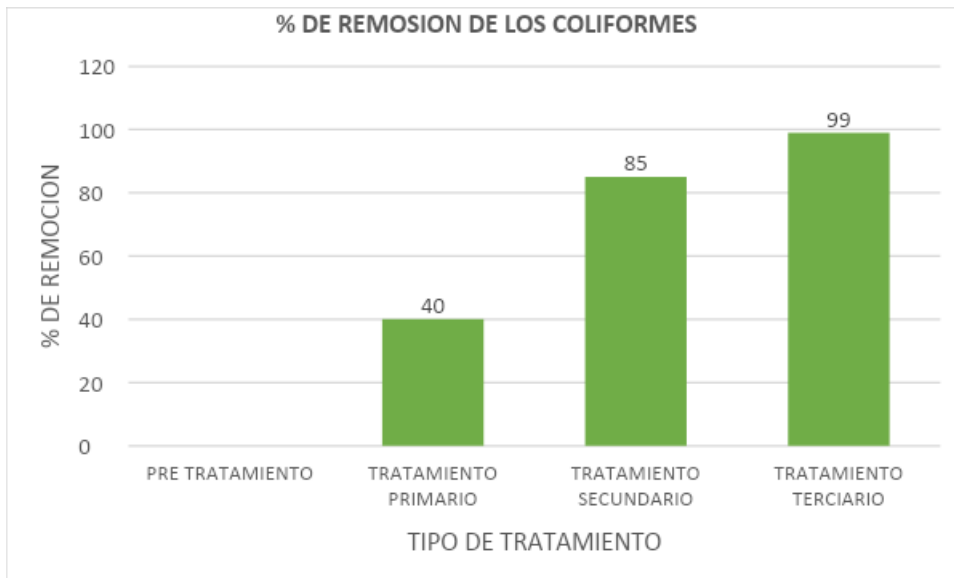


Figura 14: % de remoción de los Coliformes

Tabla 41: Medidas de tendencia central para los Coliformes Termotolerantes

Número de datos de los Coliformes	Variación del E coli	Media aritmética ($X - \bar{X}$)	$(X - \bar{X})^2$
1	840000	380005.5	144404180030.250
2	840000	380005.5	144404180030.250
3	840000	380005.5	144404180030.250
4	504000	44005.5	1936484030.250
5	504000	44005.5	1936484030.250
6	75600	-384394.5	147759131630.250
7	75600	-384394.5	147759131630.250
8	756	-459238.5	210899999882.250
Suma	3679956		943503771294.000

FUENTE: Elaboración propia

Media: $\bar{X} = 459994.5$

Mediana: $Me = 504000$

Moda: $Mo = 840000$

Desviación estándar: $S = 367132.473$

- Según nuestros resultados estadísticos podemos establecer lo siguiente, nuestra media aritmética es igual a 459994.5NMP/100 mg de coliformes termotolerantes, si realizamos una comparación con el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los límites máximos permisibles para

efluentes vertidos a cuerpos de aguas este valor supera a lo establecidos por la norma que es igual a 10000 NMP/100 mg.

- Para la mediana podemos establecer lo siguiente: el 50% de los coliformes termotolerantes es menor que 504000 NMP/100 mg, y este valor supera lo establecido por el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los límites máximos permisibles para efluentes vertidos a cuerpos de aguas.

- Para la moda que resultó igual a 840000 NMP/100 mg, que viene a ser el dato más frecuente que se repite que entra al tratamiento primario este valor supera a los establecido por el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los límites máximos permisibles para efluentes vertidos a cuerpos de aguas.

- Con referencia a la desviación estándar resultó igual 367132.473 NMP/100 mg, podemos decir que este valor está disperso con respecto al promedio y con respecto a los diversos tipos de tratamiento.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE
Lodos Activados

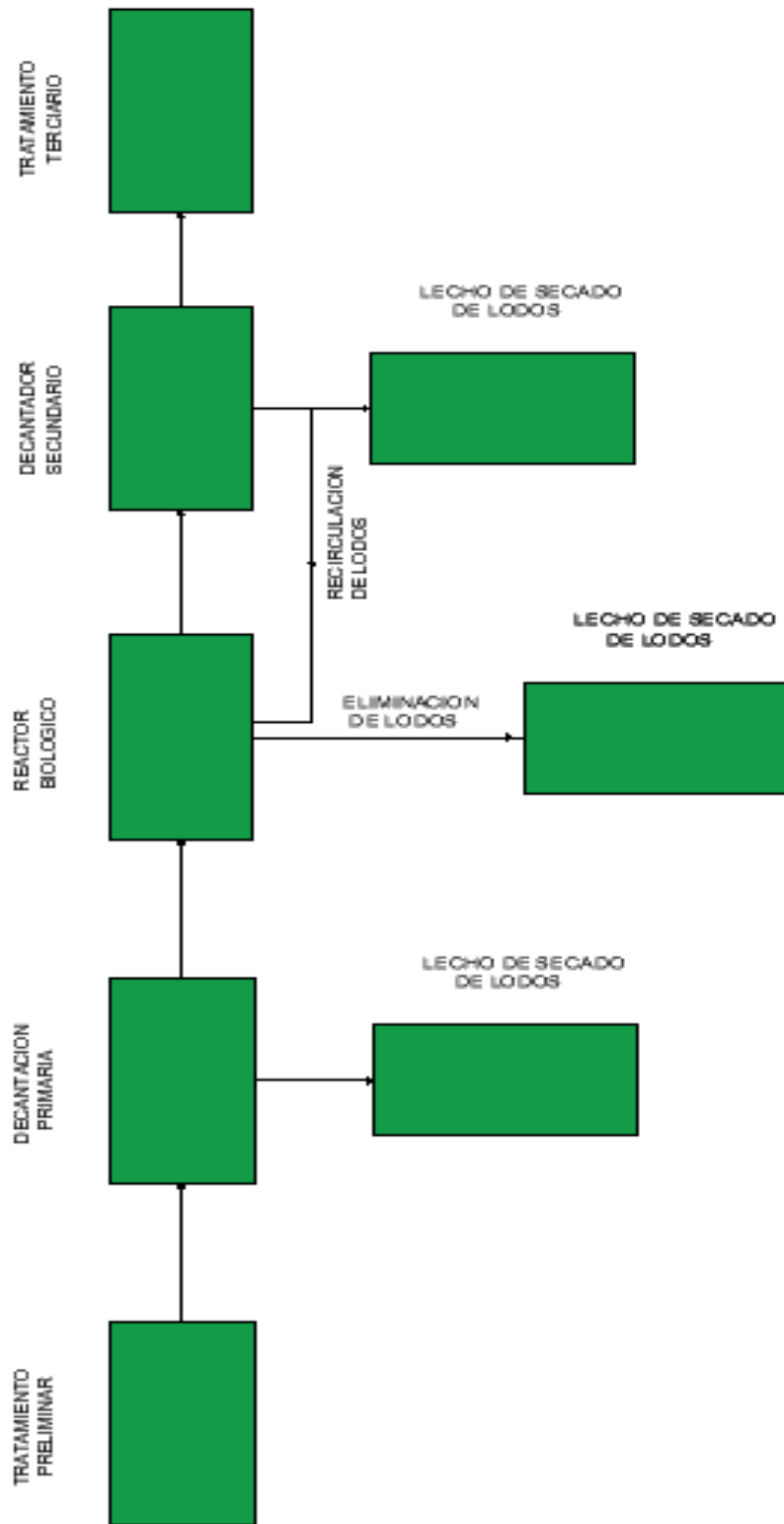


Figura 15: Diagrama de flujo seleccionado

CONCLUSIONES

PRIMERA.- Se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales, cumpliendo con la normativa vigente de los LMP, establecidos por el D.S N° 010- 2010 MINAM, el diseño está compuesto por un tratamiento preliminar que consta de una rejilla, un desarenador, un tratamiento primario que consta de sedimentador primario, un tratamiento secundario que consta de un sistema de lodos activados y un tratamiento terciario que consta de una cámara de cloración.

SEGUNDA.- De los resultados del análisis físico, químico y microbiológico del agua residual, podemos considerar como una concentración media a fuerte, en vista de que en Villa Chullunquiani existen industrias que desembocan el agua residual a la red de alcantarillado, así mismo según el decreto supremo N° 010-2019-Vivienda, se aprueba los valores máximos admisibles del agua residual en el sistema de alcantarillado, de los resultados obtenidos en el laboratorio como la DBO₅, DQO, SST, Aceites y grasas se encuentran dentro de estos valores máximos admisibles.

TERCERA.- En el diseño de las rejillas, se aplicó la norma OS 090, en donde se tuvo que el área de la rejilla es igual a 0.054 m².

- Para el diseño del desarenador, se aplicó la norma OS 090, en donde se obtuvo que el volumen del desarenador es igual a 0.385 m^3
- Para el diseño de la decantación primaria, se aplicó el manual de Aurelio Hernández Lehmann, en vista de que en la norma OS 090, no contempla un diseño para la decantación primaria se tomó dos unidades circulares se obtuvo un área unitaria igual a 24.63 m^2 y un volumen unitario igual a 117.42 m^2 .
- El sistema de lodos activados, aplicando el manual de Aurelio Hernández Lehmann, en vista de que en la norma OS 090 no contempla un diseño para el reactor aerobio, se obtuvo un volumen igual a 453.76 m^3 , el sistema planteado es un sistema mecanizado, esto requiere de energía.
- En diseño del decantador secundario va de la mano con el reactor aerobio, se tomaron dos unidades de decantación circular se obtuvo un área unitaria igual a 68.42 m^2 , y un volumen unitario igual a 239.48 m^3 .
- El lecho de secado de lodos se diseñó en función a la norma OS 090, en donde se obtuvo un área igual a 161.54 m^2 , y un volumen igual a 64.62 m^3 , la finalidad de lecho de secado de lodos es que los lodos sean usados como abono para cultivo, por poseer nutrientes como fósforo, nitrógeno entre otros.
- En la cámara de cloración se obtuvo un volumen igual a 35.5 m^3 , la finalidad de esta cámara de cloración es la eliminación de microorganismos que existe en el agua residual.

CUARTA.- Se realizó los planos esto en función al diseño que tuvo del tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario.

- El plano de las rejillas tiene las siguientes dimensiones la altura del canal es igual a 25 cm , el ancho del canal es igual a 25 cm , y el número de barras es igual a 6 barras.

- En el plano del desarenador, se tiene las siguientes dimensiones: la longitud del desarenador es igual a 2.57 m, el tirante del agua es igual a 50 cm, y la longitud de transición es igual a 6 cm.
- En el plano de la decantación primaria, se tiene que el diámetro es igual a 5.60 m, profundidad de la zona de sedimentación igual a 5.0 m.
- En el plano del sistema de lodos activados, las dimensiones del reactor fueron el ancho del reactor es igual a 6.7 m, largo del reactor es igual a 17 m, la profundidad del reactor es igual a 4 m.
- En el plano del decantador secundario, se tuvo un diámetro igual a 6.60 m y una profundidad de 3.5 m.
- En el plano del lecho de secado de lodos se tuvo que la longitud es igual a 18 m, ancho de lecho = 9 m
- En los planos de la cámara de cloración se tiene las siguientes dimensiones: ancho de cada compartimiento = 0.80 m, altura del agua = 1.40 m, ancho de la cámara de contacto = 2.70 m, número de compartimientos = 12.

RECOMENDACIONES

PRIMERA.- Se recomienda, realizar diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales, que cumplan con los LMP, establecidos por el D.S N° 010- 2010 MINAM, así mismo se recomienda que previo a los diseños de estos sistemas el investigador se capacite en diversos cursos sobre plantas de tratamiento ya que para el diseño se requiere de conocimientos previos.

SEGUNDA.- Se recomienda que de superar los valores establecidos por el decreto supremo N° 010-2019-Vivienda, en donde aprueba los valores máximos admisibles del agua residual en el sistema de alcantarillado, la industria o vivienda donde viene descargando las aguas residuales a la red de alcantarillado, esta cuenta con un tratamiento previo de acuerdo a las características del agua residual, para que cumpla con lo establecido por el decreto supremo.

TERCERA.- Se recomienda, cuando se realice el dimensionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales el investigador esté previamente capacitado ya que para realizar la elección del sistema se requiere de varios criterios como la calidad del agua residual, la cantidad de la población, la calidad del efluente que se requiere y costo de operación y mantenimiento del sistema, es por ello que a la fecha existen diversos sistemas de plantas de tratamiento pero estas no vienen cumpliendo con los LMP, establecidos por el D.S N° 010- 2010 MINAM.

CUARTA.- Se recomienda que los planos del sistema de tratamiento de aguas residuales, estos sean elaborados de acuerdo al diseño y de ahí tomar criterios en la elección de las dimensiones, para la presente investigación en el tratamiento preliminar se optó las consideraciones de la norma OS 090, para el tratamiento primario, se aplicó el manual de Aurelio Hernández Lehmann, para el tratamiento secundario se optó por el manual de Aurelio Hernández Lehmann, para el tratamiento terciario se optó por el manual del CEPIS.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcantarillado, N. T. (s.f.). *SCRIB*. Obtenido de SCRIB:
<https://es.scribd.com/doc/100818764/DISENO-DE-ALCANTARILLADO-SANITARIO>
- Alianza por el Agua. (2008). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. Centroamérica: Ideasamares.
- Bravo Mendoza, W. F. (2007). Estructuras complementarial de un sistema de laguna de estabilización para el tratamiento de Aguas Residuales. *Universidad de Sucre facultad de ingeniería departamento de ingeniería civil Sincelejo*, 100.
- CEPIS, O. p. (2005). Guía de diseño de tanque Séptico, Tanque Imhoff y Lagunas de estabilización. 40.
- CEPIS, O. p. (2005). Guía para el diseño de Desarenadores y Sedimentadores. 34.
- Conagua. (2009). *Manual de agua potable, Alcantarillado y Saneamiento: Alcantarillado Sanitario*. MÉXICO: Tlalpan, México, D.F.
- Conagua. (2013). *Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón*. Coyoacan, México.
- Enrique Valdez & Alba Vazquez. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. México: Fundación ICA,A.C.
- Hernandez Lehman, A. (2016). *Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales*. Madrid: Carceta.
- Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento vertido y reutilización*. España: McGraw-Hill.
- Noyola Robles, A. (2000). *Alternativas de tratamiento de aguas residuales* (3ra Edición ed.). Morelos, México.
- OS 090. (2006). Planta de tratamiento de aguas residuales. *RNE*, 65.

- Romero Rojas, J. A. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz Cortinez, B. A. (2012). *Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento*. Coyoacan, Gobierno de la República, México.
- Sostenible, D. d. (s.f.). *Depósito de Documentos de la FAO*. Obtenido de Deposito de Documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s06.htm>
- Tina, R. S. (2015). *Guía de Operación y Mantenimiento de Lagunas de Oxidación en Plantas de Tratamiento de Agua Residuales*. LA PAZ, Bolivia: PERIAGUA.
- Valdez, E. C., Vasquez Gonzalez, A. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. Nápoles, Mexico: ICA.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<p>Problema General:</p> <p>¿Será favorable el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Villa Chullunquiani - 2020?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál es la calidad físico, químico y microbiológica de las aguas residuales en la localidad de Villa Chullunquiani?</p> <p>¿Será factible el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani esto de acuerdo a las características de la zona?</p> <p>¿Cuáles serán las características de los planos de la planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani distrito de Juliaca.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Realizar el análisis físico, químico y microbiológico de las aguas residuales que ingresan a la laguna en Villa Chullunquiani.</p> <p>Dimensionar una planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Villa Chullunquiani.</p> <p>Realizar los planos del sistema de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>El diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en la localidad de Villa Chullunquiani, cumplirá la normativa vigente.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>Con el análisis del agua residual se realizará un diseño adecuado de la planta de tratamiento de aguas residuales en Villa Chullunquiani.</p> <p>El diseño asumido de una planta de tratamiento de aguas será eficiente para la zona..</p> <p>Con los planos del sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales permitirá una adecuada propuesta a la solución de las aguas residuales en Villa Chullunquiani.</p>	<p>Planta de tratamiento</p> <p>Parámetros físicos</p> <p>Químicos</p> <p>Microbiológicos</p>	<p>Capacidad de retención de la materia orgánica.</p> <p>Sólidos suspendidos totales</p> <p>Temperatura</p> <p>DBO5</p> <p>DQO</p> <p>Fosfatos</p> <p>Nitritos</p> <p>Nitratos</p> <p>Número de coliformes fecales</p>	<p>Etapa previa de recolección de muestra del agua residual</p> <p>Etapa de Gabinete</p>	<p>La presente investigación es de nivel descriptivo, con enfoque cuantitativo y respecto a la toma de información transversal.</p>

Anexo 02: Análisis de laboratorio



LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° C162 - 2017

I. Datos del Solicitante

Solicitante : UNIVERSIDAD PERUANA UWON
 Dirección : Km 6 Carretera Juliaca - Arequipa, Chullabambilla

II. Datos del muestreo

Origen de la Muestra : Efluente Residual
 Punto de muestreo : Laguna de Estabilización - Universidad Peruana Unión
 Ubicación UTM : E 8284674 - L 0373527
 Procedencia : Dist. Juliaca, Prov. San Román, Dept. Puno
 Presentación : 2,000 mL aproximadamente, en envase de polietileno
 Fecha y hora de muestreo : 07- Mayo - 2017; 13:30 hrs
 Tipo de muestra : Compuesta
 Muestreado por : Personal del Laboratorio
 Fecha de recepción : 07 - Mayo - 2017

III. Resultados Parámetros Físicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO MUESTRA N° 01:
pH	Valor de pH	6.98
Temperatura	°C	16.9
Sólidos Sedimentables	mL	34
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	640
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	410
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	535
Fosfatos	mg/L PO ₄	1.5
Nitratos	mg/L NO ₃	48
Nitritos	mg/L NO ₂	1.9

Donde
 * mg/L = Miligramos por Litro
 ** mL = Mililitros por Litro



LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241590

MÉTODOS DE ENSAYO:

- pH: Fotométrico.
- Temperatura: Termométrico.
- Sólidos Suspensivos Totales: Gravimétrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APVA, ANHA, INEF, Part. 2548, 2ª ed. 2005.
- Demanda Biológica de Oxígeno: Prueba de incubación de 5 días. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APVA, ANHA, INEF, Part. 2170 B, 2ª ed. 2005.
- Demanda Química de Oxígeno/Fósforo total. Método titulométrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APVA, ANHA, INEF, Part. 2002C, 2ª ed. 2005.
- Fosfato: Fotométrico.
- Nitrato: Fotométrico.
- Nitrito: Fotométrico.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido suministrado por el cliente, LABORATORIOS B&C no es responsable si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.

Julica, 12 de Mayo del 2017





LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241280

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° B181-2017

I. Datos del Solicitante

Solicitante : UNIVERSIDAD PERUANA UNION
 Dirección : Km 5 Carretera Juliaca - Arequipa, Chulinquani

II. Datos del muestreo

Origen de la Muestra : Efluente Residual
 Punto de muestreo : Laguna de Estabilización - Universidad Peruana Unión
 Ubicación UTM : E 8284674 – L 0373527
 Procedencia : Dist. Juliaca, Prov. San Román, Dept. Puno
 Presentación : 200 mL aproximadamente, en envase de borsilicato estéril
 Fecha y hora de muestreo : 07 - Mayo - 2017; 13:30 hrs
 Tipo de muestra : Compuesta
 Muestreado por : Personal del Laboratorio
 Fecha de recepción : 07 - Mayo - 2017

III. Resultados Parámetros Microbiológicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION
		MUESTRA N° 01:
Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes)	NMP/100 mL (MAY)	8.4 x 10 ⁴

Nota: + Valor / Unidad de Medida del Método
 NMP / Número Más Probable

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes): Método de fermentación de tubos múltiples. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. APPL. INF. Part. 8011 E. 3ª Ed. 2005

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos es sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No debe inferirse a la Muestra otros parámetros que no están consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente, LABORATORIOS B&C no es responsable a las condiciones de muestreo no fueran las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.

Juliaca, 12 de Mayo del 2017

