

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
EFLUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA REUTILIZABLE
EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY S.R.L.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

JHON HEINER ACOSTA TORRES

Chiclayo, 23 de Agosto del 2016

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
EFLUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA REUTILIZABLE EN
EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY S.R.L.”**

POR:

JHON HEINER ACOSTA TORRES

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

Mgtr. Vanessa Castro Delgado

PRESIDENTE

MSc. Edith Anabelle Zegarra González

SECRETARIO

Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia

ASESOR

DEDICATORIA

Esta presente tesis la dedico a:

A mi madre Lucy Torres Vera, que siempre ha estado a mi lado brindándome su apoyo y amor incondicional.

A mi padre Vicente Acosta Chapoñan, que gracias a su gran esfuerzo y sacrificio, me apoyó a lo largo de toda mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que está siempre conmigo guiándome por el buen camino hacia el logro de mis objetivos.

A mi asesora, la ingeniera María Luisa Espinoza, por su constante enseñanza y paciencia para poder realizar esta presente tesis.

A cada uno de los docentes e ingenieros de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo que me brindaron sus enseñanzas, las cuales me ayudarán en la formación de mi vida como profesional.

RESUMEN

Las industrias avícolas generan grandes cantidades de efluentes los cuales causan un impacto negativo si no son tratados antes de su vertimiento a cuerpos receptores. El centro de beneficio avícola Andy S.R.L. es una de ellas, pues utiliza elevados volúmenes de agua en su proceso, cuyos efluentes son vertidos al desagüe ocasionando colapsos en las redes de alcantarillado y costos por desatoro. La presente investigación tiene como objetivo proponer un sistema de tratamiento para obtener agua reutilizable en la limpieza de las áreas de trabajo. Para esto, primero se evaluó la calidad de los efluentes a través de un análisis físico- químico cuyas características halladas fueron: pH: 6,62; Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): 2150 mg/L; Demanda Química de Oxígeno (DQO): 2902,5 mg/L; Aceites y Grasas: 219,51 mg/L; Sólidos Sedimentables Totales: 35 mg/L y Coliformes Termotolerantes: 2,80E+06 NMP/100ml; las cuales se encuentran fuera de los Límites Máximos Permisibles a excepción del pH. Luego se identificó el tratamiento adecuado para estas aguas, el cual es el sistema por Lodos Activados seleccionado a partir de criterios de evaluación y selección como eficiencia de remoción, calidad del agua tratada y costos de operación. El sistema cuenta también con un proceso de desinfección permitiendo que el reúso de las aguas sea eficiente, lo que significa el ahorro en costos de agua potable, costos por multas y pérdidas por cierre definitivo. Por último la relación costo-beneficio demuestra que el proyecto es rentable pues por cada dólar invertido se genera una ganancia de \$ 0,673 dólares.

Palabras Clave: Tratamiento de efluentes, vísceras, aceites y grasas, reúso de efluentes, lodos activados, desinfección.

ABSTRACT

Poultry industries generate large amounts of effluents which cause a negative impact if not treated before it is discharged into receiving bodies. The profit center poultry Andy S.R.L. is one of them; it uses high volumes of water in the process, whose effluents are discharged to the drain causing meltdowns sewerage networks and unclogging costs. This research aims to propose a treatment system for reusable water cleaning work areas. For this, first the effluent quality through a physico-chemical analysis was evaluated whose characteristics were found: pH: 6.62; Biological Oxygen Demand (BOD): 2150 mg / L; Chemical Oxygen Demand (COD): 2902.5 mg / L; Oils and Fats: 219,51 mg / L; Settleable solids Totals: 35 mg / L and thermotolerant coliforms: 2,80E + 06 MPN / 100ml; which are outside the maximum permissible limits except pH. The appropriate treatment for these waters, which is the activated sludge system selected from the evaluation and selection criteria as removal efficiency, quality of treated water and operating costs are then identified. The system also has a disinfection process allowing the reuse of water efficient, which means cost savings drinking water, fines and costs for decommissioning losses. Finally, the cost-benefit ratio shows that the project is profitable because for every dollar invested a profit of \$ 0,673 is generated.

Key Words: Effluents treatment, entrails, oils and fats, effluent reuse, activated sludge, disinfection.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| CARÁTULA | i |
| CARÁTULA CON JURADO | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| ÍNDICE | vii |
| I INTRODUCCIÓN | 13 |
| II MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA | 15 |
| 2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 18 |
| 2.2.1 EFLUENTES LÍQUIDOS | 18 |
| 2.2.2 PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS EFLUENTES | 19 |
| 2.2.3 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES | 24 |
| 2.2.4 MARCO LEGAL | 31 |
| III RESULTADOS | 37 |
| 3.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY S.R.L. | 37 |
| 3.1.1 LA EMPRESA | 37 |
| 3.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN | 38 |
| 3.1.3 RESIDUOS GENERADOS EN EL PROCESO | 44 |
| 3.1.4 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EFLUENTES DEL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY S.R.L. | 45 |
| 3.2 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO ADECUADO PARA LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY S.R.L. | 50 |
| 3.2.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR | 50 |
| 3.2.2 TRATAMIENTO PRIMARIO | 51 |
| 3.2.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO | 52 |
| 3.2.4 USO DE FACTORES PONDERADOS PARA LA SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO | 55 |
| 3.2.5 TRATAMIENTO TERCIARIO | 60 |
| 3.2.6 DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO | 65 |
| 3.2.7 DIAGRAMA DE OPERACIONES | 66 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.3 | DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROPUESTO | 67 |
| 3.3.1 | PRONÓSTICO DE EFLUENTES | 67 |
| 3.3.2 | BALANCE DE MATERIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO | 70 |
| 3.3.2.1 | Balance en el Desbaste | 70 |
| 3.3.2.2 | Balance en el Desengrasado | 71 |
| 3.3.2.3 | Balance de Sedimentación Primaria | 72 |
| 3.3.2.4 | Balance en el Tratamiento Secundario (Lodos Activados) | 74 |
| 3.3.2.5 | Balance en el Proceso de Desinfección | 81 |
| 3.3.3 | COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FINALES DEL BALANCE DE MATERIA CON LMP Y CRITERIOS DE REÚSO. | 83 |
| 3.3.4 | INDICADORES DE RENDIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE PLANTA | 85 |
| 3.3.5 | DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO | 87 |
| 3.3.5.1 | Diseño del Tratamiento Preliminar | 87 |
| 3.3.5.2 | Diseño de Medidor de Caudal | 92 |
| 3.3.5.3 | Diseño de Tratamiento Primario | 96 |
| 3.3.5.4 | Diseño de Tratamiento Secundario | 98 |
| 3.3.5.5 | Selección del equipo de aireación | 101 |
| 3.3.5.6 | Diseño del Tratamiento Terciario | 103 |
| 3.3.6 | DISTRIBUCIÓN DE PLANTA. MÉTODO GUERCHET | 106 |
| 3.3.7 | POSIBLES IMPACTOS GENERADOS POR RESIDUOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO | 108 |
| 3.4 | ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROPUESTO | 109 |
| 3.4.1 | COSTOS DE INVERSIÓN | 109 |
| 3.4.2 | COSTOS POR SANCIONES, MULTAS Y SERVICIOS DE DESATORO DE REDES DE ALCANTARILLADO | 116 |
| 3.4.3 | COSTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES | 118 |
| 3.4.4 | ANÁLISIS COSTO- BENEFICIO DE LA PROPUESTA | 120 |
| IV | CONCLUSIONES | 122 |
| V | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 123 |
| VI | ANEXOS | 126 |
| | Anexo N° 01. Ubicación del centro de beneficio avícola Andy S.R.L. | 126 |
| | Anexo N° 02. Proceso de beneficiado avícola Andy S.R.L. | 126 |
| | Anexo N° 03. Cálculo del agua potable promedio utilizada en el proceso de beneficio. | 128 |

| | |
|---|-----|
| Anexo N° 04. Residuos generados e impactos generados. | 129 |
| Anexo N° 05. Punto de muestreo de efluentes. | 129 |
| Anexo N° 06. Resultados del Análisis Físico químico de Aceites y Grasas. | 130 |
| Anexo N° 07. Análisis Físico Químico y Microbiológico. | 131 |
| Anexo N° 08. PTAR's Lima cuyas aguas son reutilizadas en riego, parques y jardines. | 132 |
| Anexo N° 09. Ficha técnica de sopladores de lóbulos rotativos. | 133 |
| Anexo N° 10. Cuadro tarifario de agua potable y alcantarillado- ESPSEL S.A. | 134 |
| Anexo N° 11. Planos de Distribución y equipos. | 135 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N° 01: Clasificación de parámetros de calidad de efluentes. | 19 |
| Tabla N° 02: Efectos indeseables de los contaminantes a las aguas residuales. | 24 |
| Tabla N° 03: Características de algunos reactivos coagulantes. | 26 |
| Tabla N° 04: Eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de efluentes provenientes de la industria procesadora de carne. | 29 |
| Tabla N° 05: Niveles de remoción de las aguas residuales. | 30 |
| Tabla N° 06: Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de la actividad agroindustrial tales como planta de camales y plantas de beneficio. | 34 |
| Tabla N° 07: Distribución del agua en el proceso de beneficio. | 41 |
| Tabla N° 08: Volumen de agua residual generada en el proceso de beneficio. | 43 |
| Tabla N° 09: Porcentaje de carga contaminante en los residuos producidos en centros de beneficio. | 44 |
| Tabla N° 10: Volumen (m ³) de agua residual generada en el año 2014. | 46 |
| Tabla N° 11: Parámetros de los efluentes del centro de beneficio avícola Andy S.R.L. | 48 |
| Tabla N° 12: Porcentaje de remoción recomendado. | 51 |
| Tabla N° 13: Ventajas y desventajas del tratamiento por Lagunas de Estabilización. | 52 |
| Tabla N° 14: Ventajas y desventaja del tratamiento por Lodos Activados. | 53 |

| | |
|--|----|
| Tabla N° 15: Ventajas y desventajas del tratamiento por Sistemas Biológicos Rotativos de Contacto (RBC) o Biodiscos. | 53 |
| Tabla N° 16: Ventajas y desventajas de tratamiento de Filtros Percoladores. | 54 |
| Tabla N° 17: Ventajas y desventajas del tratamiento con Reactores Anaeróbicos. | 55 |
| Tabla N° 18: Porcentaje de remoción de cada tratamiento evaluado. | 55 |
| Tabla N° 19: Análisis entre factores ponderados. | 58 |
| Tabla N° 20: Rango de calificación de factores. | 58 |
| Tabla N° 21: Calificación de los factores para cada tratamiento analizado en la investigación. | 59 |
| Tabla N° 22: Comparación de desinfectantes. | 63 |
| Tabla N° 23: Tiempo para una remoción de microorganismos al 99%. | 64 |
| Tabla N° 24: Agua Residual generada en los años 2011-2014. | 68 |
| Tabla N° 25: Pronóstico de las cantidades de efluente para los años 2015-2020 (m ³). | 69 |
| Tabla N° 26: Cálculo de material cribado. | 70 |
| Tabla N° 27: Porcentaje de remoción recomendado en Sedimentación primaria. | 73 |
| Tabla N° 28: Parámetros para balance de tratamiento secundario. | 74 |
| Tabla N° 29: Valores referenciales para reactores de mezcla completa. | 76 |
| Tabla N° 30: Valores típicos de los coeficientes cinéticos para procesos de lodos activados. | 77 |
| Tabla N° 31: Comparación de parámetros finales y LMP. | 83 |
| Tabla N° 32: Comparación entre los parámetros de reúso y del agua tratada. | 84 |
| Tabla N° 33: Caudales mínimos, medios y máximos pronosticados en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L. | 87 |
| Tabla N° 34: Resultados para el diseño del canal de entrada. | 88 |
| Tabla N° 35: Parámetros técnicos para el diseño de rejas gruesas. | 89 |
| Tabla N° 36: Dimensiones de las rejas de desbaste grueso. | 90 |
| Tabla N° 37: Dimensiones de las rejas de desbaste fino. | 91 |
| Tabla N° 38: Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasas. | 91 |
| Tabla N° 39: Dimensiones recomendadas para trampas de grasa según caudal de diseño. | 92 |
| Tabla N° 40: Dimensiones típicas de medidores Parshall. | 95 |

| | |
|---|-----|
| Tabla N° 41: Dimensiones finales del canal de Parshall propuesto. | 96 |
| Tabla N° 42: Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria. | 96 |
| Tabla N° 43: Dimensiones del sedimentador primario | 98 |
| Tabla N° 44: Parámetros del reactor aerobio propuesto. | 98 |
| Tabla N° 45: Dimensiones de reactor aerobio propuesto. | 99 |
| Tabla N° 46: Dimensiones de sedimentador secundario | 100 |
| Tabla N° 47: Dimensiones de cámara de contacto. | 104 |
| Tabla N° 48: Método Guerchet para la instalación del sistema de tratamiento de efluentes en el centro de beneficio avícola. | 107 |
| Tabla N° 49: Impactos y disposición final de residuos generados en la planta de tratamiento de efluentes. | 108 |
| Tabla N° 50: Inversión en trabajos preliminares para Planta de Tratamiento | 110 |
| Tabla N° 51: Inversión en obras de concreto para planta de tratamiento. | 111 |
| Tabla N° 52: Costos de inversión de equipos y máquinas. | 112 |
| Tabla N° 53: Accesorios para el tratamiento de aguas residuales. | 113 |
| Tabla N° 54: Inversiones intangibles para la planta de tratamiento. | 113 |
| Tabla N° 55: Capital de trabajo. | 114 |
| Tabla N° 56: Inversión total para la planta de tratamiento. | 114 |
| Tabla N° 57: Sueldos de trabajadores de la planta. | 115 |
| Tabla N° 58: Tipos de sanciones y multas. | 116 |
| Tabla N° 59: Pérdidas monetarias por pago de multas. | 117 |
| Tabla N° 60: Costos anuales por consumo de agua potable sin el sistema de tratamiento. | 118 |
| Tabla N° 61: Costos por consumo de energía. | 119 |
| Tabla N° 62: Costos de energía por m ³ de agua tratada. | 119 |
| Tabla N° 63: Costos por tratamiento. | 120 |
| Tabla N° 64: Análisis Costo- Beneficio. | 121 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura N° 01: Esquema simplificado del proceso de fangos activados. | 27 |
| Figura N° 02: Diagrama de operación típico de un filtro percolador. | 27 |
| Figura N° 03: Diagrama de operación de un reactor anaeróbico. | 28 |
| Figura N° 04: Tipos de tratamiento de aguas residuales industriales. | 30 |
| Figura N° 05: Diagrama de procesos del centro de beneficio avícola Andy S.R.L. | 40 |
| Figura N° 06: Diagrama de operaciones del proceso del centro de beneficio avícola Andy S.R.L. | 42 |
| Figura N° 07: Diagrama del proceso de tratamiento de efluentes propuesto. | 65 |
| Figura N° 08: Diagrama de operaciones del proceso del sistema de tratamiento de efluentes propuesto. | 66 |
| Figura N° 09: Comportamiento trimestral de los efluentes en el proceso de beneficiado. | 67 |
| Figura N° 10: Balance de materia en el desbastado. | 71 |
| Figura N° 11: Balance de materia en el desengrasado. | 72 |
| Figura N° 12: Balance de materia en la sedimentación primaria. | 73 |
| Figura N° 13: Balance de materia en el proceso de lodos activados. | 74 |
| Figura N° 14: Balance de masa en el sistema. | 75 |
| Figura N° 15: Balance de materia en Proceso de desinfección. | 82 |
| Figura N° 16: Software H canales con vista de los datos ingresados para el diseño de canal de entrada. | 88 |
| Figura N° 17: Esquema de un canal de Parshall convencional. | 93 |
| Figura N° 18: Soplador de lóbulos rotativo. | 102 |
| Figura N° 19: Difusores convencionales para lodos activados. | 103 |
| Figura N° 20: Dimensiones referenciales de cámara de contacto. | 105 |
| Figura N° 21: Ubicación de dispensador de Hipoclorito de Sodio. | 105 |

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales de las industrias avícolas presentan elevadas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, grasas, entre otros, las cuales al no ser tratadas antes de su disposición a los cuerpos receptores, producen efectos negativos en el medio ambiente, tales como la disminución de oxígeno, depósitos de fangos, olores desagradables, entre otros. Ante este escenario estos efluentes deben ser tratados antes de ser reutilizados o desechados a la red de alcantarillado, evitando la propagación de olores y enfermedades las cuales afectan la salud e higiene de la población.

Las industrias avícolas necesitan una elevada cantidad de agua para sus procesos los cuales están constituidos de varias etapas como la recepción de aves, matanza y desplume, línea de evisceración, escurrido y empaque. Durante el proceso de matanza, el agua es usada principalmente para el escaldado, lavado antes y después del eviscerado, limpieza y saneamiento de equipos e instalaciones y además para la remoción de plumas y las vísceras desde las áreas de producción; por lo cual se ha reportado que el consumo específico de agua puede estar entre 8 y 15 L/ave sacrificada. En tal sentido, se produce una gran cantidad de aguas residuales, caracterizadas por presentar altas concentraciones de materia orgánica biodegradable, materia coloidal, proteínas y celulosa. (Caldera, 2009).

Uno de los principales problemas de contaminación en el distrito de José Leonardo Ortiz se produce por el colapso continuo de sus redes de alcantarillado generados por los camales; siendo uno de ellos el centro de beneficio avícola Andy S.R.L. cuyo sistema de drenaje está constituido únicamente de rejillas coladoras, las cuales filtran las aguas residuales impidiendo el paso de plumas y vísceras desechadas accidentalmente. Sin embargo estos efluentes salen con una concentración elevada de grasas y residuos generados a lo largo del proceso los cuales son vertidos directamente al desagüe, incumpliendo con las normas peruanas y los límites máximos permisibles de descargas al sistema de alcantarillado (Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM).

El centro de beneficio avícola Andy S.R.L. se dedica diariamente al beneficio de pollos y gallinas, y como resultado de este proceso, la empresa genera un volumen aproximado de 22 874 L/día de aguas residuales las cuales desembocan en el desagüe urbano causando continuos atoros de la red, ocasionando malestar a los pobladores por los fuertes olores generados y repercusiones sobre la higiene y salud pública por ser fuente de enfermedades infectocontagiosas.

Es por esto que la empresa se ve obligada a contratar el servicio de desatoro por parte de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque EPSEL S.A. la cual cada tres veces al mes envía un camión cisterna para la solución a este problema, generando un gasto económico para la empresa.

El principal problema es que el centro de beneficio avícola Andy no realiza ningún tratamiento de sus aguas residuales, por tal motivo el objetivo principal de esta investigación es proponer un sistema de tratamiento para estos efluentes y reutilizar el agua obtenida en algún proceso de limpieza realizado por la empresa, reduciendo el consumo excesivo de agua potable; para esto se formuló como objetivos específicos: evaluar la calidad de los efluentes generados, determinar el tratamiento adecuado para estos efluentes, diseñar el sistema de tratamiento y finalmente realizar un análisis costo- beneficio de la propuesta.

El amplio conocimiento del problema es vital para la presente investigación, ya que según datos de la empresa, el volumen de agua utilizado para el proceso es muy alto, por lo que un sistema de tratamiento de efluentes para la reutilización del agua, reducirá los costos por este servicio, logrando el crecimiento económico de la empresa. Además se detalla las características físico- químicas de los efluentes con las cuales se podrá determinar la calidad de estas aguas analizando si cumplen o no con los límites máximos permisibles del Ministerio del Ambiente, ayudando así a la solución de los diversos problemas presentados por el centro de beneficio avícola Andy S.R.L.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Gutiérrez et al (2012) en su investigación: *Desinfección de aguas residuales de una industria avícola para su reutilización*, realizada en el estado de Zulia, Venezuela, se determinó la eficiencia de un equipo de desinfección con cloro líquido (Hipoclorito de Calcio) existente en una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria avícola, con la finalidad de reutilizar el efluente en la limpieza del área de recepción de aves. Los parámetros fisicoquímicos determinados fueron la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), Nitrógeno (NTK), Fósforo (P), pH, color, turbidez, mientras que los biológicos fueron remoción de Coliformes Totales (CT) y Fecales (CF) a través del método del número más probable por la técnica de fermentación multitubos (NMP/100mL). Se realizó un análisis para tres dosis de cloro en distintos tiempos de retención; la concentración inicial (0,1717 mg/L) es la dosis utilizada actualmente en el equipo de desinfección de la industria avícola, el cual tiene un tiempo de retención teórico de 35 minutos sólo logro remover el 59% de los CF presentes, determinando que esta dosis no es suficiente en el proceso de desinfección para la reutilización de estas aguas. La segunda concentración analizada fue de 0.3 mg/L, con lo que se obtuvo sólo el 71% de la remoción luego de transcurridos 40 minutos de tiempo de contacto. Con la última concentración evaluada fue de 5,5 mg/L, valor que está por encima del punto de quiebre de cloro para estas aguas; con esta se obtuvo remociones para CF de 97,375% a los 30 minutos y 99,999% a los 40 minutos respectivamente. A diferencia de las dosis anteriores, ésta se probó a 50 minutos, arrojando una remoción de 100% de Coliformes totales y fecales.

Trapote, M. y Martínez, B. (2012) en su investigación: *Regeneración y reutilización de las aguas residuales*, realizada en la Estación Regeneradora de Aguas de Prat de Llobregat en Barcelona, afirman que el agua regenerada supone una herramienta más para afrontar la escasez de este recurso. Este tipo de agua surge del aprovechamiento del agua residual que, en lugar de ser devuelta al dominio público hidráulico terrestre o marino es reutilizada. La regeneración consiste en el tratamiento del agua depurada mediante tecnologías avanzadas, de modo que se consigue una calidad mínima, establecida por la legislación vigente para que pueda ser reutilizada en distintos ámbitos. La regeneración se debe plantear como un proceso destinado a obtener un producto de calidad, de modo muy similar al que se adopta en las instalaciones de potabilización de agua de abastecimiento, es decir, los procesos que conforman la regeneración son asimilables a los de potabilización. Estos difieren en la calidad que se exige para cada una de estas aguas. Es evidente que para el caso del agua destinada para el consumo humano, las exigencias sanitarias son más estrictas, pero no se debe olvidar que la

utilización del agua regenerada también implica el cumplimiento de la legislación vigente, que establece los parámetros de calidad exigidos para cada uno de los usos establecidos. El proceso de reutilización permite disponer de un aporte de agua adicional que se traduce en la posibilidad de reservar el agua de mayor calidad para usos más exigentes, como la producción de agua potable.

Salas, G. y Condorhuamán, C (2011), en su investigación: *Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio o matadero de ganado*, hace mención que los residuos líquidos en un centro de beneficio o matadero son efluentes que contienen sangre, rumen, pelos, grasas y proteínas. La generación e vertidos de aguas residuales tienen una carga orgánica, DBO y de nutrientes media- alta (sangre) con un contenido importante de sólidos en suspensión, grasas y aceites, así como vertidos líquidos de la operación de escaldado y lavada de carcazas, limpieza de equipos e instalaciones. En el campo del tratamiento de aguas residuales de mataderos, la flotación por aire disuelto (DAF) se usa, entre otros para la separación de grasas, aceites, y sangre coloidal, en la cuales el DAF ha demostrado ser el sistema de separación de fases más eficiente. Durante todas las experiencias la temperatura del agua varió entre 20 y 22°C. Esta investigación fue realizada en la agropecuaria Esmeralda, cuyo punto de muestreo fue el efluente que ingresa al sistema de tratamiento por aire disuelto (DAF), cuyas características fueron: pH: 7,2; DBO: 9 300 mg/L; DQO: 4 700 mg/L, grasas y aceites: 28 mg/L. La relación aire- sólidos A/S en la diferentes experiencias varió entre 0.0014 y 0,0038. La máxima remoción de DBO es para una recirculación de 100%. La flotación con aire disuelto (DAF) permite reducir la carga contaminante contenida en los efluentes generados en el matadero, reduciendo el DBO en 80%, DQO en 75% y aceites y grasas en 95%, por lo tanto los efluentes que salen del DAF tienen las siguientes características: Los efluentes que contienen sangres salen con una DBO: 1960 mg/L; DQO: 705 mg/L; aceites y grasas: 1,4 mg/L; mientras que los efluentes sin sangre salen con una DBO de 200 mg/L. Finalmente se concluye que los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) permiten reducir la carga contaminante contenida en los efluentes generados en el matadero, reduciendo la DBO en 90%.

Caldera et al (2010) en su investigación: *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria avícola*. Determina que las aguas residuales de mataderos son altamente contaminantes debido a su elevada demanda bioquímica de oxígeno (DBO) provocando un alto impacto ambiental en los cuerpos receptores, ante este escenario, los efluentes de las industrias avícolas deben pasar por un tratamiento el cual se clasifica en tres categorías: primarios, secundarios y terciarios. Esta investigación fue realizada en la industria avícola Zuliana en Venezuela, cuyas aguas residuales se caracterizan por presentar altas concentraciones de materia orgánica biodegradable (DQO: 1815,70 mg/L y DBO: 1357,74 mg/L), materia coloidal y suspendida (SST: 653,33 mg/L) y aceites y grasas (A y G: 502,30 mg/L). También contienen altas concentraciones de nitrógeno y fósforo (NTK: 123,20 mg/L y P: 17,22 mg/L). Por otra parte, presenta alto contenido

de sólidos suspendidos volátiles (SSV: 604,67 mg/L). El comportamiento de estos parámetros en las unidades que integran el sistema de tratamiento de estas aguas: tamiz rotatorio, tanque de separación de A y G, sistema de lodos activados, reactor biológico y sedimentador secundario y cámara de cloración durante los cuatros meses de evaluación fue la disminución progresiva que presentó; para el DQO se logró un valor de salida de la planta de tratamiento de 148,71 mg/L; para el DBO un valor de salida de 18,29 mg/L; para los SST un valor de salida de 32,80 mg/L; para los SSV un valor de salida de 23,07 mg/L; para las grasas A y G su valor de salida fue de 2,40 mg/; para el Nitrógeno total (NTK) y el Fósforo total (P) un valor de salida de 1,88 mg/L y 8,83% mg/L respectivamente; por otra parte los valores de pH se mantuvieron en el rango de 6- 7. Por lo que al término de esta investigación se llegó a concluir que la planta de tratamiento fue eficiente para remover los parámetros DQO, DBO, grasas A y G, NTK, SST y SSV en 89,67; 98,53; 92,55; 97,78; 94,92 y 96,23 % respectivamente. Por último el sistema lodos activados fue la unidad más eficiente del sistema de tratamiento de aguas puesto que removió casi la totalidad de las concentraciones de DQO, DBO, A y G, SST, SSV y NTK.

López M. (2010) en su estudio: *Tratamiento biológico de aguas residuales aplicable a la industria avícola*, muestra la aplicación de diferentes tecnologías de tratamiento biológico de aguas residuales en Centroamérica y el Caribe, a la depuración de desechos líquidos generados por la industria avícola, poniendo de manifiesto la importancia de una adecuada caracterización físico química del agua residual cruda, como requisito previo para elegir el tratamiento idóneo, según cada caso particular. Los flujos de materia orgánica, biodegradable y total, generados durante la actividad de beneficio avícola, así como la carga de sólidos, grasas y aceites, entre otros están referidos a la carga contaminante. Para tales efectos, resulta imprescindible diseñar un sistema de muestreo compuesto en puntos estratégicos del proceso industrial y contar con la participación de un laboratorio de control, que permita establecer los valores que serán utilizados para el diseño del sistema de tratamiento, en los siguientes términos (DBO, DQO, pH, SST, SSV, G y A, N, P, Coliformes fecales y Temperatura). Especial importancia debe prestarse al análisis de Grasas y Aceites, especialmente la fracción suspendida, ya que excesos en este valor ocasionarán problemas importantes en la operación del sistema de tratamiento biológico (inhibición de la actividad biológica, interferencia en la transferencia de oxígeno, generación de natas y espumas flotantes, problemas de olores, acidificación del agua). Cuando su concentración es excesiva, se requerirá su remoción a través de sistemas de flotación con aire presurizado. Esta tecnología, conocida como DAF (siglas en inglés de "flotación por aire disuelto"), es onerosa y requiere de controles operacionales efectivos, por parte del personal operador. Su operación, aunque puede hacerse sin químicos, es mucho más efectiva operando con ellos (ya sea coagulantes o polímeros).

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. EFLUENTES LÍQUIDOS

Según Seoáñez (2013), los efluentes líquidos se definen como aquellas aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

2.2.1.1. Tipos de Efluentes Líquidos:

La clasificación de la contaminación del agua más empleada es la que hace referencia al origen o focos contaminantes de las aguas residuales:

- A) **Aguas negras:** Su origen está en aguas fecales procedentes de usos domésticos o urbanos. Contiene materia en suspensión y disolución: papel, detergentes, residuos, jabones, etc.
- B) **Efluentes industriales:** Su origen es diverso: talleres, químicas, textiles, metálicas, etc. Contienen hidrocarburos, ácidos, etc.
- C) **Aguas con contaminación agrícola y ganadera:** Su origen está en las explotaciones agrarias, ganaderas, forestales, mataderos. Presentan una DBO elevada, calor de refrigeración, materia en suspensión, ácidos, etc.
- D) **Aguas Pluviales:** Es el agua proveniente de lluvia arrastrada por el suelo y la atmosfera. Se caracteriza por ser teóricamente pura, pero puede tener materiales en suspensión arrastrados a través del aire y suelo.

2.2.1.2. Fuentes y Origen:

El origen de los efluentes puede ser muy diverso ya que depende de la fuente que emite el contaminante. Según Miller (2002), los contaminantes de los efluentes provienen de fuentes puntuales y no puntuales. Las fuentes puntuales están ubicadas en lugares específicos fáciles de identificar, regular y controlar, ejemplo de éstas se pueden mencionar las fábricas, minas, pozos petroleros, residencias, entre otras; mientras que fuentes no puntuales no pueden asociarse con ningún lugar de vertido concreto, como ejemplo se citan la escorrentía desde la superficie de terrenos como cultivos, corrales y calles.

2.2.2. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS EFLUENTES

Los parámetros se seleccionarán en función a las actividades antropogénicas, fuentes contaminantes y teniendo en cuenta la clasificación de los recursos hídricos, tal como se muestra en la siguiente tabla N° 01.

Tabla N° 01: Clasificación de parámetros de calidad.

| GRUPOS | PARÁMETROS |
|---|---|
| Parámetros de medición en campo | - pH, Temperatura, conductividad, Oxígeno disuelto. |
| Parámetros determinados en laboratorio | - Físicos: Turbiedad, Sólidos totales y sólidos suspendidos. - Iones principales: (Nitratos, Sulfato, Fosfatos, cianuro WAD y Libre, cloruros, nitritos, dureza total y cálcica, alcalinidad). - Metales: (Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu, Hg y As). |
| Parámetros Biológicos | - Coliformes Totales. - Coliformes Termotolerantes. - Fitoplancton - Parásitos. |
| Parámetros Orgánicos (deberá de las actividades y usos que tenga el cuerpo de agua) | - Aceites y grasas. - Hidrocarburos totales de petróleo. - DBO5 |

Fuente: DIGESA 2007.

La calidad del agua se define en relación con el uso o actividad a la que se quiera dedicar, y por ello no se puede hablar de una buena o mala calidad en abstracto, sino que cada actividad exige una calidad adecuada. Entre los parámetros o indicadores más importantes a medir para determinar la calidad del agua tenemos:

2.2.2.1. Parámetros Físicos

- A) **Temperatura:** La temperatura tiene gran importancia en la microbiología de los efluentes, llegando a tener un grado de control importante sobre la actividad de los distintos microorganismos presentes en el efluente, que en función de la temperatura pueden aumentar su actividad o incluso inhibirse.

- B) Olor:** La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, la importancia del olor radica principalmente en el grado que se produce, así como los efectos tóxicos que pueden producir las sustancias responsables de éste.
- C) Color:** En las aguas residuales industriales el color dependerá de las sustancias y materiales presentes. Las industrias más destacadas en alterar considerablemente el color de las aguas son: papeleras, de curtido, del hierro, los mataderos y las lecherías.
- D) Turbidez:** La turbidez de las aguas residuales está relacionada con la materia coloidal y en suspensión presente en estas, tales como: material orgánico finamente dividido e inorgánico, plancton y microorganismos.
- E) Contenidos en Sólidos:** Son la materia suspendida o disuelta en el agua residual. Se dividen en:
- **Sólidos Totales (ST):** Es el residuo obtenido por evaporación a una temperatura entre 103- 105°C de un determinado volumen de agua a analizar. En este parámetro están incluidos los sólidos suspendidos que es la porción retenida por un filtro de 0,45 µm de tamaño de poro y sólidos disueltos totales que es la porción que pasa a través del filtro.

$$mg\ ST / L = \frac{A - B}{volumen\ de\ muestra\ (L)} \quad (\text{Ecuación N° 01})$$

Dónde:

A= masa de muestra seca más capsula, mg.

B= masa de cápsula, mg.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Son los sólidos no filtrables (quedan sobre el papel filtro). Es una característica importante en el tratamiento de aguas residuales. Se determina por filtración de una muestra bien mezclada a través de un filtro de 24 mm de diámetro con tamaño de poro de 0,2 micras. El filtro se coloca en un crisol y se seca en una estufa a 103- 105°C, al menos durante una hora.

$$mg\ SST / L = \frac{A - B}{volumen\ de\ muestra\ (L)} \quad (\text{Ecuación N° 02})$$

Dónde:

A= masa del filtro y crisol más muestra seca mg.

B= masa del filtro y crisol, mg.

- **Sólidos Disueltos Totales (SDT):** Son los sólidos filtrables (pasan a través del papel filtro). Se determina por filtración de una muestra bien mezclada a través de un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro de 0,2 micras. El filtrado se evapora en una estufa a 103- 105°C, al menos durante una hora hasta peso constante.

$$mg\ SDT / L = \frac{(A - B)}{\text{volumen de muestra (L)}} \quad (\text{Ecuación N° 03})$$

Dónde:

A= masa de muestra seca + cápsula, mg.

B= masa de cápsula, mg.

- **Sólidos Fijos y Volátiles:** Los residuos obtenidos a partir del análisis de ST, SST o SDT se queman a 550°C hasta peso constante. El peso perdido en la ignición con los llamados sólidos volátiles totales.

$$mg\ \text{sólidos volátiles} / L = \frac{(A - B)}{\text{volumen de muestra (L)}} \quad (\text{Ecuación N° 04})$$

$$mg\ \text{sólidos fijos} / L = \frac{(B - C)}{\text{volumen de muestra (L)}} \quad (\text{Ecuación N° 05})$$

Dónde:

A= masa de residuo + crisol antes de ignición, mg.

B= masa de residuo + crisol o filtro después de ignición, mg.

C= masa de cápsula o filtro, mg.

- **Sólidos Sedimentables:** Son los sólidos presentes en una suspensión que sedimentan en un tiempo definido. Este puede incluir material flotante, dependiendo de la técnica. Los sólidos sedimentables se pueden expresar en mL/L o mg/L.

$$mg\ SS / L = mg\ TSS / L - mg\ SNS / L \quad (\text{Ecuación N° 06})$$

Dónde:

SS: Sólidos sedimentables.

SNS: Sólidos No Sedimentables.

2.2.2.2. Parámetro Químicos

- A) **pH:** Un valor inadecuado de pH en las aguas residuales puede afectar el desarrollo de los microorganismos que intervienen en los procesos biológicos; también, el pH debe mantenerse dentro de los límites para garantizar la efectividad de los procesos químicos.
- B) **Nitrógeno:** El nitrógeno presente en el agua residual se encuentra principalmente en la forma de urea y materia proteica. El predominio del nitrógeno en el nitrato indica que el agua residual se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno; sin embargo, los nitratos pueden ser usados por algas y otras plantas, y a su vez usados por animales.
- C) **Fósforo:** Es también esencial para el crecimiento de las algas y otros organismos biológicos. Las formas más frecuentes en que se encuentra el fósforo en soluciones acuosas son ortofosfatos, polifosfatos y fosfato orgánico.
- D) **Materia orgánica:** La materia orgánica requiere para ser oxidada grandes cantidades de oxígeno, por esta razón cuando se descargan aguas residuales con elevada DBO y DQO en el entorno acuático, su estabilización o degradación puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

Se ha desarrollado una serie de ensayos para determinar el contenido orgánico de las aguas residuales. Los métodos de laboratorio que se han utilizado son los siguientes:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Mide la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos aerobios presentes en un agua oxiden la materia orgánica biodegradable. Se mide en mg de O_2/L y puede ser:

DBO Total (DBO_T), que es la que mide el oxígeno necesario para la oxidación total de la materia orgánica biodegradable y la DBO en cinco días (DBO_5), que es la que mide el oxígeno que se consume incubando una muestra de agua a $20^\circ C$, durante 5 días.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Mide la cantidad de oxígeno equivalente a los agentes químicos dicromato o permanganato de potasio, necesarios para la oxidación de la

materia orgánica de un agua, biodegradable y no biodegradable. Se mide en mg de O₂/L. y el análisis demora de 3 a 4 horas.

- **Oxígeno Disuelto (OD):** Mide la cantidad de oxígeno disuelto existente en el agua, es un parámetro esencial para el mantenimiento de la vida acuática. La cantidad de oxígeno que puede contener el agua depende de las condiciones de temperatura, presión y salinidad a las que está sometida.
- **Aceites y Grasas:** Las grasas animales y aceites son ésteres de alcohol o glicerol y ácidos grasos. Los ésteres de ácidos grasos que son líquidos a las temperaturas ordinarias se llaman aceites y los que son sólidos se llaman grasas. Son de los compuestos más estables y no se descomponen fácilmente por bacterias.

2.2.2.3. Parámetros Biológicos

Las aguas residuales urbanas contienen gran número organismos vivos que son los que mantienen la actividad biológica. Los organismos pueden ser bacterias, hongos, algas, protozoos, gusanos, rotíferos, crustáceos y virus. Su número y desarrollo depende de parámetros como pH, temperatura, materia orgánica incorporada, existencia de oxígeno, disponibilidad de alimento y nutrientes, entre otros (Seoáñez, 1998).

- A) **Indicador de Bacterias:** Coliformes totales (CT), Coliformes fecales (CF), Streptococcus fecales (SF), Bacteria Escherichia coli, son las bacterias de mayor presencia en los efluentes. El análisis de conteo de CT, CF y SF puede realizarse en tubos de múltiple fermentación (número más probable, NMP) o por el método de membranas.

Tabla N° 02: Efectos indeseables de los contaminantes a las aguas residuales.

| CONTAMINANTE | EFEECTO |
|---|--|
| Materia orgánica biodegradable | Desoxigenación del agua, olores indeseables. |
| Materia suspendida | Deposición en los lechos, ríos, si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases; transforma la cadena alimenticia. |
| Microorganismos patógenos | Las ARD pueden transformar organismos patógenos. |
| Sustancias que causan turbidez, temperatura, color, olor. | El incremento de temperatura afecta a la vida acuática, el color, olor y turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para uso público. |
| Sustancias o factores que transforman el equilibrio biológico. | Pueden causar crecimiento excesivo de hongos y plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático, causan olores, etc. |

Fuente: Romero (2002). Tratamiento de Aguas Residuales, teoría y principio de diseño.

2.2.3. TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Según Espín (2013), una planta de tratamiento para efluentes de mataderos, requiere ser diseñada para remover los niveles de contaminantes de parámetros como: DBO, DQO, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales, color, microorganismos patógenos, entre otros.

Lo más recomendado es diseñar un sistema de tratamiento que considere un pre tratamiento (rejas o trampa de grasas) un tratamiento primario (físico o químico) y un tratamiento biológico, sin embargo, la solución que cada planta adopte, podrá sufrir variaciones en función de las cargas contaminantes, etc.

A continuación, se describe brevemente los procesos de tratamiento que pueden utilizarse en la industria cárnica:

2.2.3.1. Pre Tratamiento:

Es la primera operación que se someten los residuos líquidos. Consiste en retener los sólidos y grasas que arrastra el agua y que podrían, por su tamaño y características, entorpecer el normal funcionamiento de la planta de tratamiento.

- A) **Desbaste:** Es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño, el objetivo es eliminarlos y evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un

tratamiento previo a cualquier otro. El equipo que se utiliza son rejillas por las que se hace circular el agua a tratar.

- B) **Desaceitado y Desengrasado:** El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores. El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido.

2.2.3.2. Tratamientos Primarios:

Consisten en la remoción de una cantidad importante de sólidos suspendidos, contenidos en el agua residual, mediante procesos físicos o físico-químicos.

- A) **Sedimentación:** Operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación.
- B) **Homogenización:** Requiere de un estanque con aireador, que tenga una capacidad aproximada del 60% del flujo diario, donde caudales, pH y temperaturas son homogenizados, resultando un efluente de características uniformes.
- C) **Filtración:** Es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y de entre 0,15 y 0,3 mm.
- D) **Flotación:** Se utiliza para remover sólidos suspendidos y las grasas remanentes; tienen mayor eficiencia que las rejillas y trampas. La eficiencia se puede aumentar agregando floculantes químicos (aluminio, sales de hierro, etc). El lodo de flotación tiene un alto contenido de proteínas y grasas y puede ser usado para alimento

de animales, después de pasteurizarlo o ser procesada en una planta recuperadora.

- E) Coagulación- Floculación:** Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos, que en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

Tabla N° 03: Características de algunos reactivos coagulantes

| COAGULANTE | DOSIS (mg/L) | pH ÓPTIMO | APLICACIONES |
|--|--------------|-----------|---|
| CaI | 150- 500 | 9- 11 | Eliminación de Coloides (1) |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ | 75- 250 | 4,5- 7 | Eliminación de Coloides (1) |
| FeCl ₃ | 35- 150 | 4- 7 | Eliminación de coloides (2) |
| FeCl ₂ FeSO ₄ – 7H ₂ O | 70- 200 | 4- 7 | |
| Polímero catiónico | 2- 5 | ---- | Eliminación de coloides (3) |
| Polímero aniónico y no iónico | ---- | 0,25- 1,0 | Ayudante de floculación y sedimentación |

Fuente: Rodríguez et al. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales.

En la tabla N° 03, las aplicaciones de los reactivos coagulantes para la eliminación de coloides se refiere a:

- (1) Eliminación de coloides y de fósforo. Agua con baja alcalinidad y alta concentración de fósforo.
- (2) Eliminación de coloides y de fósforo. Agua con alta alcalinidad y baja concentración de fósforo.
- (3) Eliminación de coloides. Ayudante con coagulantes metálicos.

2.2.3.3. Tratamientos Secundarios:

El propósito de un tratamiento biológico es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en los residuos líquidos. Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos,

remanentes y de sólidos orgánicos disueltos, medida como una reducción en la DBO del efluente. Estos tratamientos pueden ser:

- A) **Tratamientos Aeróbicos:** Todos los métodos de tratamiento aeróbico existentes pueden ser aplicados a los efluentes de la industria cárnica: lodos activados, lagunas aireadas, filtros percoladores, biodiscos, etc.

Según Rodríguez A. (2006), la presencia de O_2 hace que este elemento sea el receptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobia.

En las figuras N°01 y N° 02 se muestran los diagramas algunos tratamientos aeróbicos:

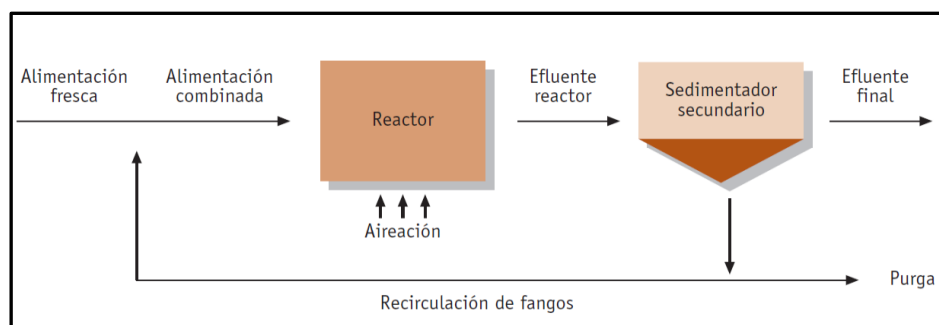


Figura N° 01: Esquema Simplificado del Proceso de fangos activados.
Fuente: Rodríguez et al (2006).

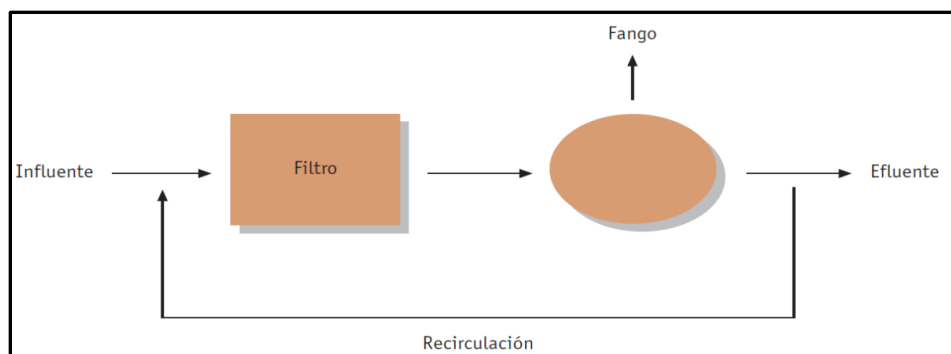


Figura N° 02: Diagrama de operación típico de un filtro percolador.
Fuente: Rodríguez et al (2006).

- B) **Procesos Anaeróbicos:** El tratamiento anaerobio es un proceso biológico ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas residuales. Cuando éstas tienen una alta carga orgánica, se presenta como única alternativa frente al que sería un costoso tratamiento aerobio, debido al suministro de oxígeno. El tratamiento se caracteriza por la producción del denominado biogás tal como se muestra en la figura N° 03.

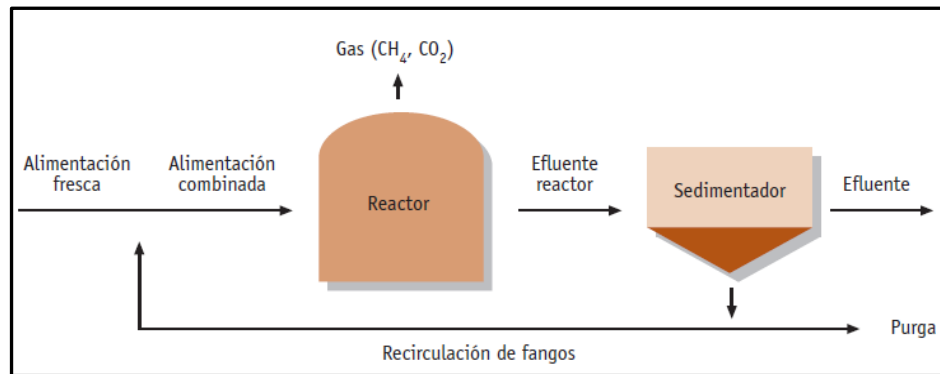


Figura N° 03: Diagrama de operación de un reactor anaeróbico.

Fuente: Rodríguez et al (2006).

2.2.3.4. Tratamientos Terciarios:

- A) **Filtración:** La filtración de arena remueve gran parte de residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.
- B) **Lagunaje:** El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de auto depuración que somete un río o un lago de forma natural.

En la tabla N° 04 se muestran valores de eficiencia de remoción según el sistema de tratamiento escogido.

Tabla N° 04: Eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento de efluentes provenientes de la industria procesadora de carne.

| SISTEMA DE TRATAMIENTO | DENOMINACIÓN COMÚN | DBO % | DQO % | NTK % | SST % | ACEITES Y GRASAS % |
|--------------------------------|------------------------|-------|--------|-------|-------|--------------------|
| Mecánico | Filtración | 5- 15 | 5- 15 | ----- | 25-40 | 5- 10 |
| Mecánico+ Físico | Flotación de aceites | 30-40 | 30- 40 | 5- 15 | 80-85 | >90 |
| Mecánico+ Físico químico | Floculación/ Flotación | 70-80 | 70- 80 | 50-60 | 90-95 | >95 |
| Mecánico+ Físico + Bio | Biológico | 95-99 | >90 | 85-97 | >95 | >95 |
| Mecánico+ Físico químico + Bio | Biológico | 95-99 | >90 | 85-97 | >95 | >95 |

Fuente: Etxebarria J. Tratamiento de vertidos de mataderos.

- C) Desinfección:** La desinfección pretende la destrucción o inactivación de los microorganismos que pueden causarnos enfermedades, dado que el agua es uno de los principales medios por el que se transmiten. La desinfección se hace imprescindible para la protección de la salud pública, si el agua a tratar tiene como finalidad el consumo humano. En el caso de agua residuales industriales, el objetivo puede ser no solo desactivar patógenos, sino cualquier otro organismo vivo.

En la tabla N° 05: se muestra las cargas contaminantes que pueden ser removidas con los diferentes tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla N° 05: Niveles de remoción de las aguas residuales.

| NIVEL | REMOCIÓN |
|------------|--|
| Preliminar | Sólidos suspendidos gruesos y arena. |
| Primario | Sólidos suspendidos sedimentales. DBO suspendida (materia orgánica componente de los sólidos suspendidos sedimentables) |
| Secundario | DBO suspendida (materia orgánica suspendida fina, no removida en el tratamiento primario). DBO soluble (materia orgánica en la forma de sólidos disueltos). |
| Terciarios | Nutrientes, Metales pesados, Organismos patógenos, Compuestos no biodegradables, Sólidos inorgánicos disueltos, Sólidos suspendidos remanentes. |

Fuente: Seoáñez (2002).

A continuación la figura N° 04 muestra el proceso del tratamiento por las cuales deben ser sometidas las aguas residuales industriales.

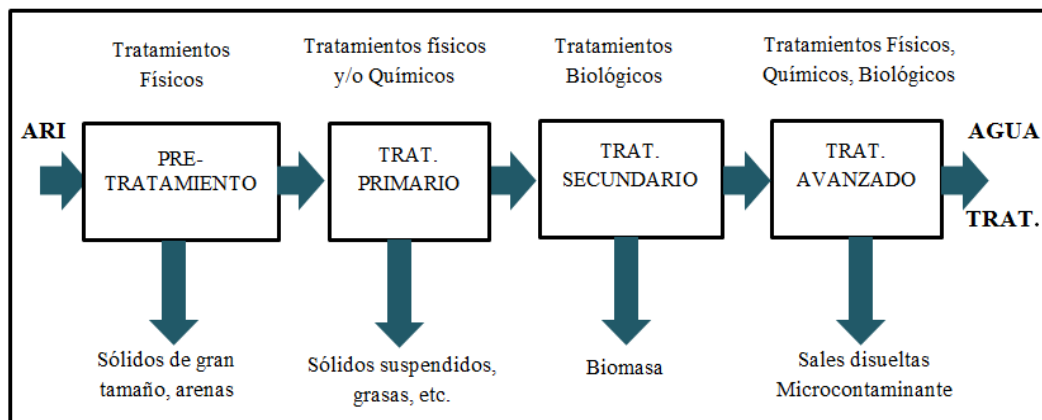


Figura N° 04: Tipos de tratamiento de aguas residuales industriales.

Fuente: BUREAU VERITAS (2008).

2.2.4. MARCO LEGAL.

2.2.4.1. Reglamento Sanitario para el acopio y beneficio de aves para consumo.

El Ministerio de Agricultura (MINAG) y el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) mediante la Ley Marco de Sanidad Agraria (Ley N° 27322), aprueban a través de la publicación oficial de Normas Legales del diario “El Peruano” (2003) el reglamento sanitario para el acopio y beneficio de aves, el cual tiene por objetivo, normar los procesos de acopio y beneficio de las aves para consumo humano, comprendiendo las condiciones técnicas y los medio empleados para tales fines, sin incluir la etapa de expendio al mayorista o minorista de aves beneficiadas, con la finalidad de preservar el estado sanitario, calidad de las carnes y consecuente disminuir de los problemas de salud pública.

A) Normas del Beneficio de Aves:

- Las personas que intervengan en el beneficio de las aves deberán lavarse cuidadosa y obligatoriamente las manos con jabón bactericida, escobilla para uñas y agua potable antes de iniciar el trabajo, después de hacer uso de los servicios higiénicos o de manipular materia contaminantes y cuando fuere necesario. El beneficio se iniciara con la vestimenta apropiada y en buenas condiciones.
- Las aves serán sensibilizadas o aturdidas con medios propios.
- El degüello, sangrado, escaldado y desplume se hará con el ave suspendida de las patas, el agua del escaldado estará sujeta a renovación.
- En la operación de desplume, las plumas deberán ser conducidas a la zona de subproductos, o de desechos evitando la acumulación de las mismas en el área de beneficio.
- La evisceración se efectuará a continuación del sangrado, desplumado y evitando que la descarga de vísceras y menudencia, contenidos en la cavidad abdominal genere mayor contaminación.

- El lavado exterior de las carcasas se hará por aspersión utilizando agua potable, durante toda la etapa de evisceración, e interiormente una vez culminada.

B) Instalaciones Mínimas del Centro de Beneficio:

- **Agua Potable:** Deberán contar con las instalaciones necesarias o sistemas de aprovisionamiento suficiente para disponer de agua potable con el caudal adecuado a fin de garantizar el beneficio adecuado de las aves.
- **Desagües:** Deberán contar con sistemas colectores que garanticen el flujo de las aguas servidas y con canaletas de buena pendiente, contar con tratamiento primario de sólidos suspendidos y con lechos de secado, el efluente resultante solo será evacuado al colector público o industrial previo tratamiento con previo cumplimiento de las normas del sector correspondiente.
- **Zona de lavado de vehículos:** Un sistema de vehículos y equipo de transporte, dentro o fuera del centro, propio o de terceros, debe estar conectado a un sistema de drenaje, recolección y tratamiento residuos líquidos y sólidos, que asegure su correcta disposición y eliminación (trampas para sólidos).
- **Zona de abastecimiento:**
 - a) Zona de Espera: La que deberá contar con un adecuado sistema de ventilación.
 - b) Plataforma para la descarga de las aves: Área de construcción que permita adecuada higienización, piso con gradiente no mayor de 2%.
 - c) Área para el lavado de jabas y vehículos de transporte de aves, así como la desinfección de los mismos. (Ambiente con agua y desagüe).

2.2.4.2. Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) mediante la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338), establece que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión

técnica favorable de las autoridades ambientales y de salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles. La norma establece lo siguiente:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

A) Criterios Generales para Aguas de uso Industrial: Se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como:

- Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos o complementarios.
- Generación de energía y
- Minería

Para el uso industrial, se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).

B) Criterios Generales para la Descarga de Efluentes:

- **Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua.**
 - Se deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor.
 - La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca: La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.
 - Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas,

mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas.

- Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas.
- Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.
- Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.
- Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Entidad Ambiental de Control.

Por lo tanto se dispone los siguientes parámetros tal como se muestra en la tabla N° 06.

Tabla N° 06: Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de la actividad agroindustrial tales como planta de camales y plantas de beneficio.

| PARÁMETRO | UNIDAD | LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES |
|-------------------------------------|--------|-----------------------------|
| pH | Unidad | 6,00- 9,00 |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | mg/L | 300 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L | 250 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 500 |
| Fósforo Total | mg/L | 40 |
| Nitrógeno Total | mg/L | 50 |
| Temperatura | °C | <35 |

Fuente: MINAM 2010.

**2.2.4.3. Reglamento de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas:
Título II de la Resolución Jefatural N° 224- 2013- ANA.**

Autorización de Reúso de Aguas Residuales Tratadas.

Artículo 12°.- Reúso de Aguas Residuales Tratadas.

- 12.1. El titular de un derecho de uso de agua está facultado para reutilizar las aguas residuales que genere siempre que se trate del mismo fin para el cual le fue otorgado dicho derecho. En este caso carece de objeto tramitar un pronunciamiento expreso de la Autoridad Nacional del Agua.
- 12.2. Para actividades distintas se requiere autorización de reúso de aguas residuales tratadas.
- 12.3. Se podrá autorizar el reúso de aguas residuales tratadas a persona distinta del titular del sistema de tratamiento, para lo cual se deberá presentar la conformidad de éste y la factibilidad de interconexión de la infraestructura para el reúso.

Artículo 13°.- Condiciones para autorizar el reúso de aguas residuales tratadas.

La Autoridad Nacional del Agua podrá autorizar el reúso de aguas residuales tratadas únicamente cuando:

- a. Las aguas residuales sean sometidas a un tratamiento previo que permita el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos por la autoridad sectorial competente, cuando corresponda.
- b. Se cuente con la aprobación del instrumento de gestión ambiental del reúso de aguas residuales tratadas. Cuando el solicitante es persona distinta al titular del sistema de tratamiento de aguas residuales bastará con presentar la certificación ambiental otorgada al titular del sistema de tratamiento.
- c. No se ponga en peligro la salud humana, el normal desarrollo de la flora y fauna o se afecte a otros usos.

- d. Se cuente con el derecho de uso de agua correspondiente para el desarrollo de la actividad generadora de aguas residuales a reutilizar.

Artículo 14°.- Criterio para evaluar la calidad del agua para reúso.

De conformidad con el artículo 150° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, las solicitudes de autorización de reúso de aguas residuales tratadas serán evaluadas tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente a la actividad a la cual se destinará el reúso del agua o, en su defecto, las guías correspondientes de la Organización Mundial de la Salud.

Artículo 15°.- Reúso de aguas residuales tratadas a través de infraestructura hidráulica de riego.

Para el reúso de aguas residuales tratadas a través de infraestructura hidráulica de riego, la solicitud de autorización deberá ser acompañada, además de los requisitos señalados en el artículo 20° numeral 20.3 del presente reglamento, de la opinión favorable del operador a cargo de dicha infraestructura hidráulica, considerando el reúso de la totalidad del volumen de aguas residuales tratadas.

Artículo 16°.- Control de la calidad de agua para reúso.

El administrado deberá realizar el control de la calidad del agua para reúso, conforme a lo establecido en la respectiva resolución de otorgamiento, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 152° del Reglamento de la Ley.

III. RESULTADOS

3.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY S.R.L.

3.1.1. LA EMPRESA

El centro de acopio y beneficio avícola Andy S.R.L. con número de RUC: 20539166191 se encuentra ubicado en la calle San Marcos N° 499, Pj Nuevo San Lorenzo, distrito de José Leonardo Ortiz en Chiclayo (ver Anexo N° 01) y desde el año 2003 se dedica al beneficiado de aves, comercializándolas a los principales mercados de la ciudad.

Andy S.R.L. tiene una infraestructura adecuada para este tipo de comercio, contando con un almacén, dentro del cual se encuentran las aves que diariamente son procesadas y las que son para venta directa (sin beneficiar), todas adquiridas en el mercado avícola en la ciudad de Lima; para esto la empresa cuenta con cinco camiones de los cuales tres se encargan de repartir el producto final a sus principales clientes, mientras que los otros dos realizan un viaje cada dos días a la capital transportando la materia prima hacia la empresa.

Por razones de calidad e higiene del producto, toda la infraestructura en el área de beneficiado está cubierta con mayólica blanca, la cual hace fácil la limpieza continua de la zona de trabajo, evitando así la contaminación de la carne y menudencia procesada. En el área de desplumado, si se trata de pollos, el proceso se realiza de forma manual razón por lo cual el personal cuenta con sus implementos de seguridad, principalmente guantes de protección debido a que los pollos provienen del área de escaldado en donde son sumergidos en agua caliente para el fácil desquite de las plumas; mientras que para el desplume de gallinas se trabaja con una máquina centrífuga, la cual cuenta con un sistema de chorro de agua permitiendo que las plumas no queden adheridas a la pared de la máquina, estas aguas fluyen hacia el sistema de drenaje de la empresa para luego desembocar en la red de alcantarillado urbano. El agua que se utiliza en todo el proceso viene directamente de la red de agua potable, por lo que surge ahí la necesidad de tratar las aguas residuales de la empresa y reutilizarlas en la limpieza de áreas de trabajo y lavado de los vehículos de carga.

3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Se debe tener un claro conocimiento del proceso de producción para determinar cómo se originan las aguas residuales del beneficiado de aves y cuáles son los contaminantes que se generan a lo largo de este proceso.

3.1.2.1. Proceso de producción

Andy S.R.L. procesa a diario aproximadamente 1700 aves de las cuales 700 son pollos y 1000 son gallinas; éstas son beneficiadas en un lapso de 8 horas diarias entre la 12:00 am y 8:00 am. El proceso de beneficiado (ver Anexo N° 02) que realiza la empresa se constituye de la siguiente manera:

- A) **Recepción y Pesado:** Las aves son transportadas en jabas hasta el patio de descarga en donde son pesadas en una balanza para luego ser trasladadas hacia almacén en donde permanecerán a la espera de ingresar al proceso de sacrificado.
- B) **Aturdido y Sacrificio:** En este proceso las aves son adormecidas con ayuda de una descarga eléctrica a través de un cuchillo conectado a un electrodo, luego son degolladas y colgadas para escurrir la sangre en un tanque la cual será almacenada y comercializada posteriormente.
- C) **Escaldado:** Las aves desangradas pasan a los tres estanques de escaldado los cuales tienen un volumen de 450 L cada uno, aquí pollos y gallinas son bañados en agua caliente a una temperatura que oscila entre los 50 a 60°C por un tiempo de 2 minutos. Esta operación hace que el desplume de las aves se realice de forma rápida.
- D) **Desplumado:** En este proceso, los pollos son desplumados manualmente por los operarios de esta área, mientras que las gallinas son desplumadas en una máquina centrifuga circular con un chorro continuo de agua, el agua residual que se genera en esta máquina desemboca directamente en el drenaje de la empresa.
- E) **Lavado 1:** El lavado es realizado en los estanques de limpieza con agua potable directa de la red, aquí se eliminan las plumas que aún quedaron adheridas a las aves, las cuales pudieran contaminar la carne en el proceso de eviscerado.

- F) **Eviscerado:** Se procede a cortar el abdomen de las aves y luego realizar la extracción completa de las vísceras cuidadosamente sin afectar a la menudencia. Las vísceras son almacenadas en estanques para su posteriormente se comercialización.
- G) **Lavado 2:** Se procede a lavar las sangre y la grasa producto del eviscerado. El agua residual generada en este proceso va hacia el drenaje del centro de beneficio.
- H) **Enfriado:** En este proceso las aves beneficiadas son colocadas en los estanques con agua (a temperatura ambiente), para poder así mantener su volumen y estado de fresca.

Empacado y pesado: Finalmente se coloca las aves beneficiadas en cubetas plásticas o jabas las cuales tienen una capacidad para 27 pollos o 25 gallinas cada una. Luego cada cubeta es pesada y transportada a los principales centros de ventas de la ciudad (ver anexo N° 02).

3.1.2.2. Análisis para el proceso de producción

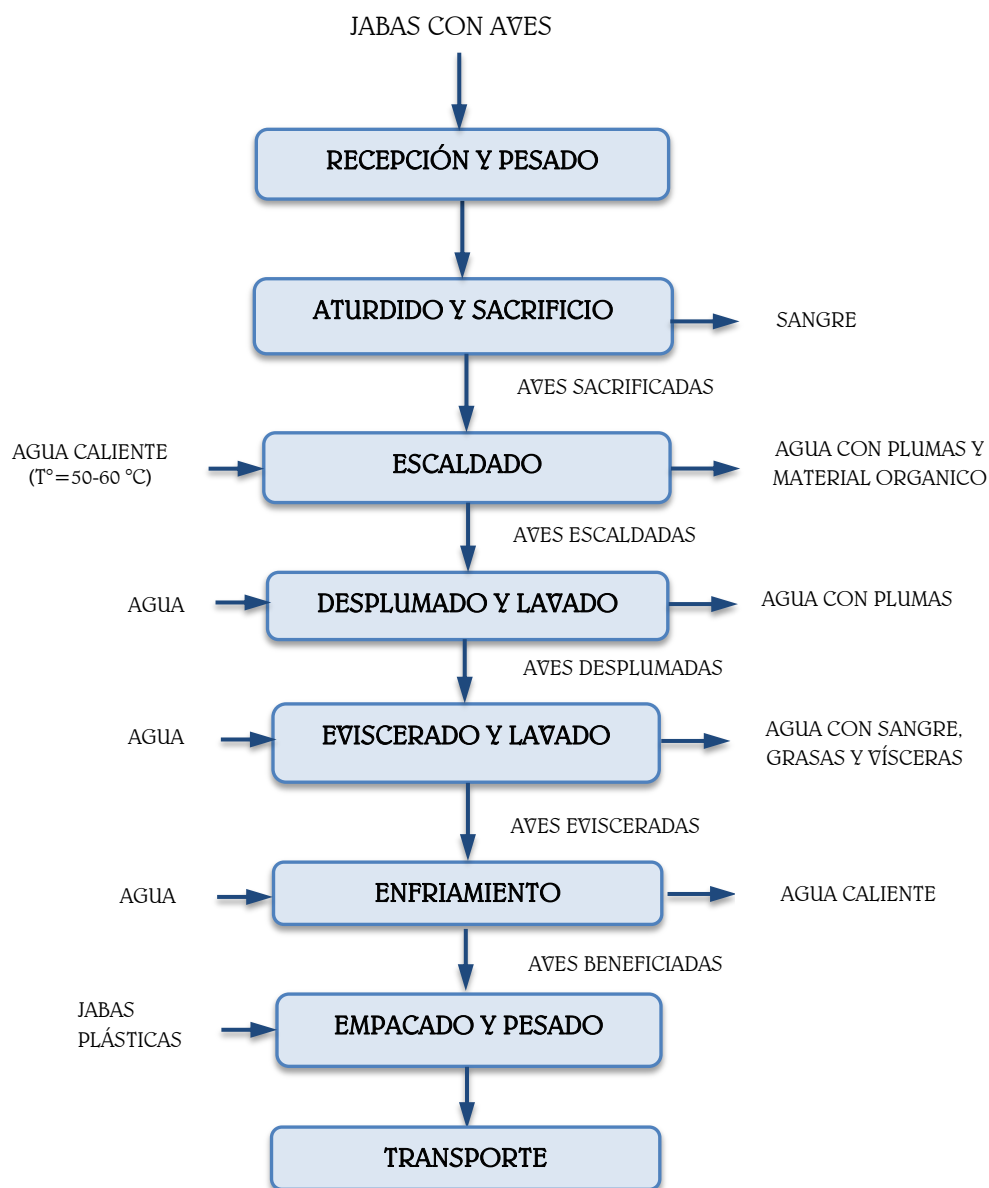


Figura N° 05: Diagrama de Proceso del Centro de Beneficio Avícola Andy S.R.L.
Elaboración: Propia

La figura N° 05 muestra las etapas del proceso de beneficiado de aves de la empresa, las cuales se realizan en forma continua. A partir del proceso de desplume se hace un control minucioso de higiene tanto a las aves procesadas como a los operarios (uso de implementos de higiene y protección), esto para evitar la contaminación de la carne, la cual tienen como fin el consumo

humano. Además se muestran los insumos y los diferentes residuos generados a lo largo de dicho proceso (aguas residuales y materia orgánica), el cual inicia con la recepción de las aves hasta el respectivo empacado y pesado de las jabs para su posterior comercialización.

Se puede observar que en las diferentes etapas del proceso el uso de agua es indispensable; el porcentaje estimado de la distribución de agua, estimada por la empresa Andy S.R.L., a lo largo del proceso, se muestra en la tabla N° 07.

Tabla N° 07: Distribución del agua en el proceso de beneficio.

| DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVÍCOLA | |
|---|----------------|
| SECCIÓN | PORCENTAJE (%) |
| Escaldado | 12,0 |
| Desplumado | 8,0 |
| Evisceración | 50,0 |
| Enfriado | 14,0 |
| Limpieza | 16,0 |
| Total | 100 |

Fuente: Andy S.R.L.

Según el centro de beneficio avícola en el proceso de escaldado el agua se calienta en las pailas o tanques en donde las aves sacrificadas son introducidas por un tiempo de 2- 3 minutos dependiendo del tipo de ave (pollo o gallina), lo cual facilita el desplumado el cual se realiza de forma manual para los pollos y para las gallinas en una peladora por lo que el agua utilizada en este proceso representa el 8,0 %. En el proceso de evisceración se utiliza la mayor cantidad de agua debido a que se lava toda la sangre y la grasa de las aves, además de la limpieza de la menudencia. En el enfriamiento las aves ya evisceradas son colocadas en tanques con agua para mantener su volumen y estado de frescura antes de ser colocadas en las cubetas de capacidad para 25 aves procesadas.

Finalmente en la higienización el agua es usada para el lavado del área del proceso de beneficiado, cubetas, jabs de pollos y almacén del cual se debe retirar el material fecal generado por las aves.

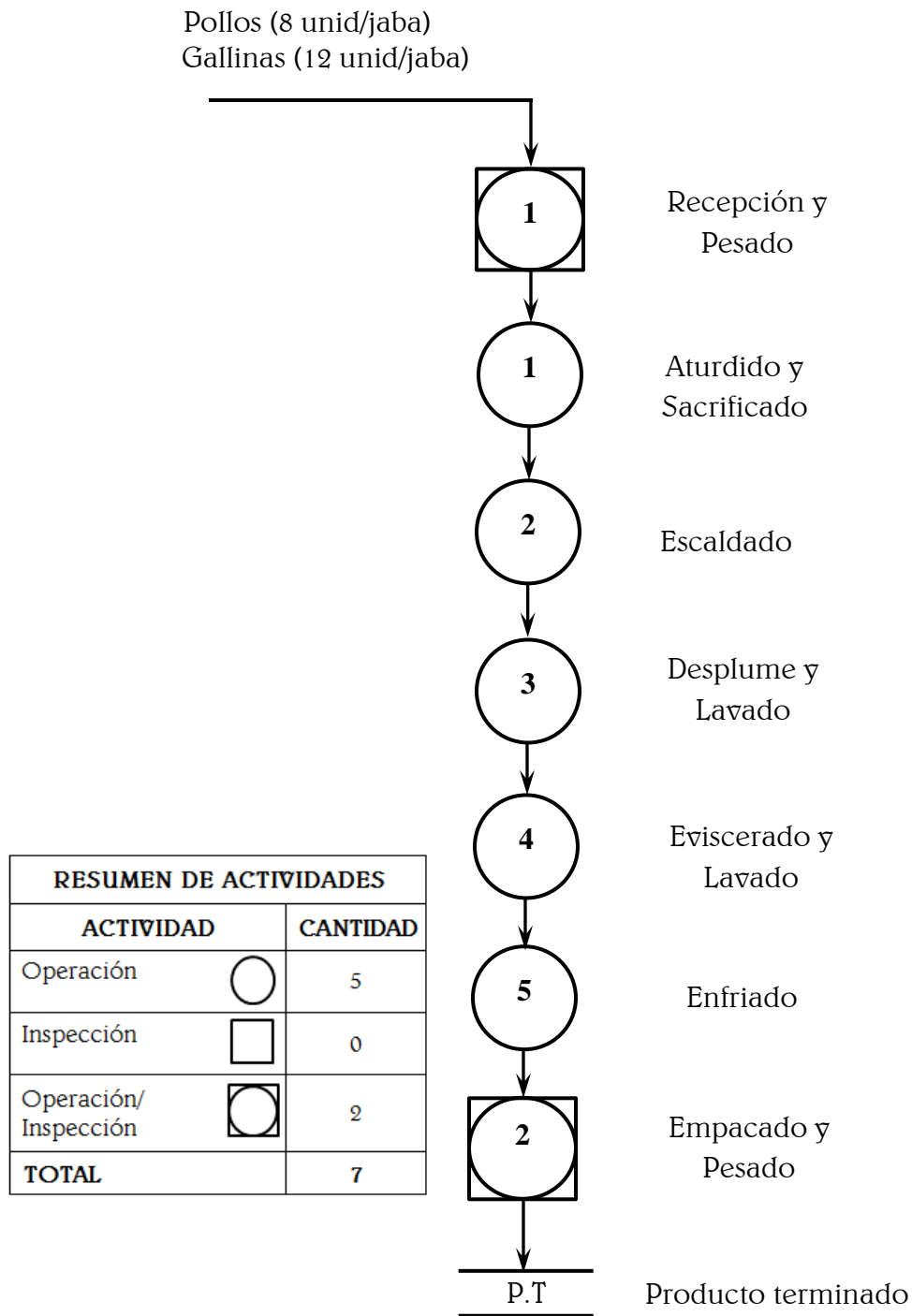


Figura N° 06: Diagrama de operaciones del proceso del Centro de Beneficio Avícola
Elaboración: Propia

La figura N° 06 muestra el diagrama de operaciones del proceso de beneficiado, este diagrama resume las operaciones del proceso para un mejor análisis del recorrido de las actividades; se ha determinado que existen 7 actividades, de las cuales 5 son

operaciones (Aturdido y sacrificado, escaldado, desplumado, eviscerado y enfriado) y 2 actividades combinadas que incluyen una inspección dentro de una operación las cuales son recepción - pesado y Empacado- pesado.

Según datos del centro de beneficio, el consumo diario de agua por cada ave beneficiada es de 13,46 L/ave y la cantidad de aves beneficiadas actualmente son de 1700 aves/día (ver Anexo N° 03), por lo tanto se llega a generar 22 874 L/día de agua residual actualmente, dividiéndose para cada proceso las cantidades mostradas en la tabla N° 08.

Tabla N° 08: Volumen de agua residual generada en el proceso de beneficio

| SECCIÓN | % | VOLUMEN ACTUAL GENERADO AL DÍA |
|--------------|------|--------------------------------|
| Escaldado | 12,0 | 2 744,88 L |
| Desplumado | 8,0 | 1 829,92 L |
| Evisceración | 50,0 | 11 437,00 L |
| Enfriado | 14,0 | 3 202,36 L |
| Limpieza | 16,0 | 3 659,84 L |
| TOTAL | | 22 874 L |

Fuente: Andy S.R.L.

El proceso que genera mayor volumen de aguas residuales es el corte y eviscerado debido a que en este proceso la cantidad de materia orgánica es elevada, pues una vez, realizado el corte, se debe procurar mantener en un buen estado higiénico la carne.

Las vísceras e intestinos desechados contienen gran cantidad de aceites, grasas y materia orgánica, por lo que el área de eviscerado debe estar en constante limpieza para evitar la contaminación de carne y órganos comercializables (menudencia).

Los efluentes generados en este proceso son los que mayor carga contaminante presentan, y su disposición al sistema de drenaje interior genera atoros y colapsos por lo que se necesita de un operario para la limpieza de las rejillas coladoras las cuales además impiden el paso de las plumas que llegan del agua residual producida en los procesos de escaldado y desplume.

3.1.3. RESIDUOS GENERADOS EN EL PROCESO.

Además de los efluentes, en el proceso de beneficiado se generan residuos sólidos y semisólidos como plumas, grasas, vísceras, sangre y excreta los cuales contribuyen a la contaminación de estas aguas y a la emisión de olores originando inconformidad por parte de la población cercana a las instalaciones.

Según Caldera Y. (2009), estos residuos se han definido como desechos orgánicos biodegradables con contenido de humedad (entre 85 a 90 %) y otros químicos, producto de añadirlos en los alimentos de las aves, con propósitos nutricionales y farmacéuticos. La carga contaminante, presente en estos residuos, se muestra en la tabla N° 09:

Tabla N° 09: Porcentaje de carga contaminante en los residuos producidos en centros de beneficio.

| RESIDUOS | ST (%) | SV (%) | NTK (%) | Proteínas (%) | Lípidos (%) |
|--------------------------|--------|--------|---------|---------------|-------------|
| Aves muertas | 37 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. |
| Material de cama | 52-81 | 61-65 | 3,2-5,7 | N.R. | N.R. |
| Excretas | 20-47 | 60-76 | 4,6-6,7 | N.R. | 1,5-2,1 |
| Plumas | 24,3 | 96,7 | 15 | 91 | 1-10 |
| Sangre | 22 | 91 | 7,6 | 98 | 2 |
| Cabezas, patas, despojos | 39 | 95 | 5,3 | 32 | 54 |

Fuente: Caldera Y. (2009)

N.R.: No Reportado. ST: Sólidos Totales. SV: Sólidos Volátiles. NTK: Nitrógeno Total.

3.1.3.1. Residuos del proceso de beneficiado:

Algunos residuos sólidos generados en el beneficiado avícola denominados subproductos, no se consideran un problema debido a que generalmente son utilizados en plantas recuperadoras. El aprovechamiento de estos subproductos ofrece un gran interés puesto que tiene una importancia económica y sanitaria, destacándose su utilidad en el área alimenticia animal, agrícola entre otras. La fabricación de harinas a partir de subproductos es la manera más empleada para aprovecharlos en los cuales destacan, la sangre, plumas y algunos residuos gruesos (ver anexo N° 04).

- A) **Sangre:** El aprovechamiento de ésta depende de su origen y de las condiciones higiénicas de su obtención y almacenamiento, en algunos casos se destina a la fabricación de harinas para la alimentación animal o fertilizantes. Andy S.R.L. comercializa el total de este residuo, lo cual es vendido en conjunto con otros residuos generados.
- B) **Plumas:** En estado natural su contenido proteico es casi nulo, sin embargo, cuando las plumas limpias se hidrolizan a elevada presión se aprovechan como harina o como complemento proteico de las harinas de carne. Tienen alto contenido proteico entre 84- 87%. Actualmente Andy S.R.L. no comercializa este residuo.
- C) **Visceras:** Después de un adecuado acondicionamiento, se pueden utilizar para la alimentación humana, sin embargo la empresa no cuenta con un sistema que permita su utilización para este fin, por lo que almacena este residuo en tanques para su posterior comercialización, la cual es destinada como alimento de otros animales (porcinos).
- D) **Excretas:** Las excretas generalmente se utilizan como fertilizantes orgánicos y como ingredientes de las dietas para animales de granja. Las gallinazas y pollinazas son residuos ricos en nitrógeno y minerales, lo que utilizados racional y eficientemente sirven como fuente de nutrientes para animales y plantas, sin embargo este residuo generado en el almacén de aves vivas no es comercializado por la empresa por lo que es desechado en tanques de residuos sólidos.

3.1.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EFLUENTES DEL CENTRO DE BENEFICIO AVICOLA ANDY S.R.L.

El centro de beneficio avícola Andy S.R.L., consume agua potable, la cual llega directamente de la red pública y ésta luego de usarse en el proceso de beneficiado, se convierte en efluentes con alta concentración de materia orgánica por lo que se debe conocer el estado de los indicadores antes de realizarse el tratamiento adecuado. La tabla N° 10 muestra el volumen de efluentes generados en el centro de beneficio.

Tabla N° 10: Volumen (m³) de agua residual generada en el 2014.

| AÑO | MESES | N° DE AVES PROCESADAS | | AGUA RESIDUAL GENERADA (m ³) |
|------|-----------|-----------------------|--------|--|
| | | GALLINAS | POLLOS | |
| 2014 | Enero | 30 000 | 21 000 | 686,23 |
| | Febrero | 28 000 | 19 600 | 640,48 |
| | Marzo | 30 000 | 21 000 | 686,23 |
| | Abril | 30 000 | 21 000 | 686,23 |
| | Mayo | 31 080 | 21 780 | 711,26 |
| | Junio | 30 000 | 21 000 | 686,23 |
| | Julio | 31 080 | 21 780 | 711,26 |
| | Agosto | 31 000 | 21 700 | 709,10 |
| | Setiembre | 30 000 | 21 000 | 686,23 |
| | Octubre | 31 000 | 21 700 | 709,10 |
| | Noviembre | 30 000 | 21 000 | 686,23 |
| | Diciembre | 31 150 | 21 850 | 713,14 |

Fuente: Andy S.R.L. (2014)

3.1.4.1. Muestreo:

La toma de muestras de los efluentes de una planta de beneficio avícola es una labor realizada con el objetivo de conocer la composición de dichas aguas, por lo que es necesario que las muestras sean verdaderamente representativas de la composición del agua que se toman para que dicho resultado sea confiable.

A) Consideraciones Generales para el muestreo, conservación y envío de muestras al laboratorio. (DIGESA 2007)

- Los frascos requeridos deben ser de polietileno (preferencia primer uso) o vidrio, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación.
- Las muestras requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis de laboratorio.

- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.
- Llenar los registros de cada muestra recolectada (ficha de muestreo) e identifique cada frasco (etiquetado).

Se realizó un muestreo simple, debido a que la muestra de agua residual fue tomada en un punto determinado (en el punto de la salida de los efluentes hacia la red de alcantarillado) tal como se muestra en el anexo N° 05 y en el anexo N° 11- plano N° 01. El fin de este muestreo es identificar cuáles son las características de los efluentes y poder tener un conocimiento de la cantidad de materia orgánica presente en estas aguas (Aceites y Grasas, DBO, DQO, SST, Coliformes totales), obteniendo así información que ayude a conocer cuál será el tratamiento adecuado para tratar estos efluentes.

Para determinar las características de los efluentes generados en el centro de beneficio, se tomó una muestra directamente del sistema de drenaje, la cual fue llevada en un frasco de polietileno esterilizado de 1000 ml al laboratorio de control de calidad de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque (EPSEL S.A) para realizar el análisis de DBO, DQO, Sólidos suspendidos, pH y Coliformes totales.

Debido a que el centro de beneficio se ubica dentro del distrito de José Leonardo Ortiz fue necesario mantener la muestra a una temperatura adecuada, dado por el grado de delicadez que representa hacer el análisis de los parámetros DBO y DQO.

Posteriormente se tomó otra muestra en el mismo punto, la cual fue llevada al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias en donde se realizó el análisis de Aceites y Grasas respectivamente.

3.1.4.2. Características de los Efluentes:

Los resultados obtenidos en los análisis realizados (ver Anexos N° 06 y N° 07) a los efluentes generados en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L., se muestran en la tabla N° 11.

Tabla N° 11: Parámetros de los efluentes del centro de beneficio avícola Andy S.R.L.

| PARÁMETROS FÍSICOS- QUÍMICOS | | | |
|------------------------------|-----------|--|-----------------------------------|
| Parámetro | Unidad | Valores encontrados en los efluentes del centro de beneficio avícola Andy S.R.L. | Límites Máximos Permisibles (LMP) |
| pH | Unidad | 6,62 | 6,00- 9,00 |
| DBO ₅ | mg/L | 2150,00 | 300,00 |
| DQO | mg/L | 2902,00 | 500,00 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | ---- | 300,00 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 219,51 | ----- |
| Sólidos Sedimentables | mg/L | 35,00 | ----- |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100ml | 2,80E+06 | ----- |

Elaboración: Propia

La tabla N° 11, muestra la comparación de los parámetros físicos químicos encontrados en los efluentes del centro de beneficio avícola con los valores máximos permisibles para descargas a sistemas de alcantarillado.

Por lo tanto se observa lo siguiente:

- El parámetro pH de los efluentes del centro de beneficio avícola tienen un valor de 6,62 unidades, por lo tanto se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles los cuales señalan que el pH de los efluentes para que sean descargados a los cuerpos receptores debe estar entre 6,00 y 9,00 unidades.
- Los valores de los parámetros de DBO₅ y DQO obtenidos en el análisis de los efluentes del centro de beneficio son de 2 150 mg/L y 2 902 mg/L respectivamente, por lo tanto se encuentran fuera de los Límites Máximos Permisibles, los cuales señalan que estos valores no deben sobrepasar los 300 mg/L y 500 mg/L para los parámetros de DBO₅ y DQO. Con esto se comprueba que la elevada presencia de estos parámetros es una principal característica de las aguas residuales de industrias avícolas, debido a que provocan una serie de reacciones negativas en las disposiciones finales.

- El parámetro de aceites y grasas tienen un valor de 219,51 mg/L, aunque no se registran límites máximos permisibles, es necesaria su eliminación de los efluentes ya que son los principales causantes de obstrucciones en las redes de alcantarillado y evitar posibles daños en el sistema de tratamiento.
- En cuanto al parámetro de los sólidos sedimentables, su valor obtenido en los análisis es de 35 mg/L, al igual que los aceites y grasas deben ser eliminados de los efluentes mediante un tratamiento previo.
- Por último los coliformes totales confirman su presencia en los efluentes a través del análisis realizado con un valor de $2,80E+06$ NMP/100ml, por lo tanto es de suma importancia su eliminación o reducción ya que el agua obtenida será reutilizada en la limpieza de algunas áreas de trabajo en el centro de beneficio.

Finalmente se concluye que, los efluentes generados en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L. deben pasar por un tratamiento para reducir la carga orgánica y contaminante de su estructura, por lo que será necesario identificar qué tipo sistema se deberá implementar para reducir la contaminación de estas aguas.

3.2. SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO ADECUADO PARA LOS EFLUENTES GENERADOS EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVICOLA ANDY S.R.L.

Los resultados de los análisis muestran que existe una gran contaminación debido a la disposición de los efluentes generados en los cuerpos receptores, esto generado por la presencia elevada de aceites y grasas, DBO, DQO, Coliformes totales y Sólidos sedimentables, los cuales se encuentran fuera de los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de la actividad agroindustrial tales como planta de camales y plantas de beneficio.

Como solución a este problema se propone la construcción de un sistema de tratamiento de aguas, para lo cual se deberá identificar qué tipo de tratamiento será el adecuado de acuerdo a las características físico- químicas de estos efluentes; además con la ayuda de fuente bibliográfica se deberá conocer que tipos de sistemas se utilizan para este tipo de aguas residuales.

Debido a que el centro de beneficio no cuenta con ningún sistema para sus aguas residuales, salvo las rejillas o trampas de sólidos, las cuales no tienen un diseño tecnificado, es necesario conocer las etapas del sistema propuesto a través de las cuales estos efluentes serán tratados.

3.2.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR.

Todo sistema de tratamiento de aguas residuales debe tener un pre tratamiento o tratamiento preliminar, el cual comprende una serie de tratamientos físicos que pretenden separar, del agua residual, aquellos sólidos más groseros que, posteriormente pueden acarrear complicaciones mecánicas en el sistema, ya sea por tratarse de sólidos de gran volumen o arenas pesadas de baja granulometría que sedimentan en canales y conducciones. (Trapote y Martínez 2012).

3.2.1.1. Rejas de Desbaste:

Las rejas de desbaste o cribas deben utilizarse en toda planta de tratamiento, aun en las más simples.

Esta operación física tiene como objetivo eliminar los sólidos gruesos y sedimentables por retención, separando así cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión que arrastra el agua residual del beneficiado (plumas, grasas, restos de vísceras, entre otros). Con este tratamiento se garantiza el buen funcionamiento y eficiencia de las unidades posteriores del sistema, evitando así perjuicios a los equipos.

3.2.1.2. Trampa de Grasas:

Cuando en una industria agroalimentaria se generan cantidades apreciables de grasas o aceites, y estas aparecen en el agua residual, se hace necesario un tratamiento de separación que, en principio, es similar al de la flotación, sirviendo por tanto el sistema lo mismo para separar materiales sólidos de difícil sedimentación o filtración, como para las grasas y aceites.

Debido a que las aguas residuales avícolas presentan elevadas concentraciones de grasas, es necesario separar estos contaminantes de los efluentes, ya que incrementan la DBO en un 20 y 30 % de las contenidas en las aguas residuales.

3.2.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

Tomando como base la caracterización típica de las aguas residuales de las industrias avícolas, se requieren un eficiente tratamiento primario que permita: acondicionar químicamente el desecho para estabilizar el pH y remover los excesos de sólidos, particularmente en suspensión y sedimentables. (López 2010).

3.2.2.1. Sedimentación primaria o Decantación:

Consiste en la separación por acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor al del agua. La sedimentación primaria tiene por finalidad la reducción de los sólidos en suspensión sedimentables presentes en los efluentes, se coloca después del pretratamiento y antes de un proceso biológico. La eficiencia de remoción del proceso de sedimentación puede estimarse de acuerdo con la tabla N° 12.

Tabla N° 12: Porcentaje de remoción recomendado

| PERIODO DE RETENCIÓN NOMINAL (HORAS) | DBO 100 a 200 mg/L | | DBO 200 a 300 mg/l | |
|--------------------------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | DBO (%) | SST (%) | DBO (%) | SST (%) |
| 1,5 | 30 | 50 | 32 | 56 |
| 2,0 | 33 | 53 | 36 | 60 |
| 3,0 | 37 | 58 | 40 | 64 |
| 4,0 | 40 | 60 | 42 | 66 |

Fuente: Norma Técnica OS.090.

3.2.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Debido a la variedad de procesos biológicos que pueden ser aplicados durante el tratamiento secundario de efluentes en las industrias avícolas, es necesario hacer un estudio de las ventajas y desventajas de cada uno para luego, a través del uso de factores ponderados, seleccionar el adecuado para el sistema propuesto.

3.2.3.1. Lagunas de Estabilización:

Las lagunas de estabilización son grandes estanques de retención, generalmente con diques de tierra usados para contener las aguas residuales mientras se produce la sedimentación o degradación biológica; se suelen clasificar según su naturaleza del proceso biológico que en ellas se lleva a cabo en: anaerobias, aerobias, facultativas y de maduración. A continuación en la tabla N° 13 se muestra las ventajas y desventajas del uso de este sistema de tratamiento:

Tabla N° 13: Ventajas y desventajas del tratamiento por Lagunas de Estabilización

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Eficiencia de remoción: DBO 70-90%, DQO 60-80%, N 10-15%.- No requiere personal cualificado para su mantenimiento.- Tiempo de retención de 3 a 6 días.- Bajos costes de energía. | <ul style="list-style-type: none">- Requiere de grandes extensiones de terreno.- Puede despedir olores indeseables.- Se necesita del sol y de temperaturas constantes.- Insensibles a las variaciones de carga.- Complejidad en la extracción de lodos y su eliminación. |

Fuente: Tchobanoglous (2003).

3.2.3.2. Lodos Activados:

El proceso consiste en introducir el agua en un reactor donde se mantiene en suspensión una masa activa de microorganismos, capaz de estabilizar la materia orgánica por vía aerobia. Después de haber removido la materia orgánica presente en el agua residual, ésta es llevada a un sedimentador en el cual se lleva a cabo la separación de la biomasa desde el líquido, una parte de las células sedimentadas es recirculada para mantener la concentración deseada de organismos en el reactor.

El ambiente aerobio se consigue mediante el uso de difusores o aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido en estado de mezcla completa. A continuación en la tabla N° 14 se muestra las ventajas y desventajas del uso de lodos activados en el tratamiento de efluentes.

Tabla N° 14: Ventajas y desventajas del tratamiento por Lodos Activados.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Remoción de cargas contaminantes de 80 % hasta 95%. - Efluentes tratados, generalmente aptos para su vertido. - Menor requerimiento de terreno. - Lodos parcialmente estabilizados. | <ul style="list-style-type: none"> - Presentan elevados costes energéticos asociados a la aireación. |

Fuente: Tchobanoglous (2003).

3.2.3.3. Sistemas Biológicos rotativos de contacto (RBC- Biodiscos):

Consiste en una serie de discos circulares de plástico, situados sobre un eje central perpendicular corta distancia uno del otro. Los discos están parcialmente sumergidos en el efluente y giran lentamente en el seno de la misma. De esta manera, los microorganismos responsables del tratamiento se adhieren a la superficie del disco hasta formar una película biológica, que se pone en contacto, de forma alternativa, con la materia orgánica y con la atmosfera, permitiendo la transferencia de oxígeno. Los sólidos desprendidos de los discos pueden ser transportados a un sedimentador primario. Algunas ventajas y desventajas son mostradas a continuación en la tabla N° 15.

Tabla N° 15: Ventajas y desventajas del tratamiento por Sistemas Biológicos Rotativos de Contacto (RBC) o Biodiscos.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Efluente tratado, generalmente aptos para su vertido. - Eficacia del tratamiento como en el caso de lodos activados. - Área mínima. - Bajo consumo de energía. - Tiempo de residencia bajos. | <ul style="list-style-type: none"> - Inversión inicial es alta. - Lodos inestables. - Mayor capacitación para operadores. - No soporta variaciones de carga, cuando esta es muy contaminante. |

Fuente: Tchobanoglous (2003).

3.2.3.4. Filtros Percoladores:

Los filtros percoladores consisten en un lecho formado por un medio sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos, que degradan la materia orgánica, y a través del cual percola el agua residual. El medio filtrante suele estar formado por piedras o diferentes materiales plásticos. En las capas externas la degradación es por vía aerobia, mientras que cerca de la superficie del medio filtrante se crea un ambiente anaerobio por el espesor de la película. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla N° 16.

Tabla N° 16: Ventajas y desventajas del tratamiento por Filtros Percoladores

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Son más simples, el costo de operación y mantenimiento son bajos, producen poco lodo.- Fácil operación.- Bajo o nulo costo energético.- Cantidades medianas de terreno. | <ul style="list-style-type: none">- Remueven menos DBO (menos de 85%, en comparación con 90% de los lodos activados).- Hasta 2 días de retención de agua residual. |

Fuente: Tchobanoglous (2003).

3.2.3.5. Reactores Anaeróbicos:

Consisten en un tanque cerrado con un agitador donde tiene una entrada para el agua residual a tratar y dos salidas, una para el biogás generado y otra para la salida del efluente. Este efluente se lleva a un decantador donde es recirculada la biomasa de la parte inferior del decantador al reactor, para evitar la pérdida de la misma. Los principales problemas que presentan radican en la necesidad de recircular los lodos del decantador y de una buena sedimentación de los mismos. Sus ventajas y desventajas se muestran en la tabla N° 17.

Tabla N° 17: Ventajas y desventajas del tratamiento con Reactores Anaeróbicos.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Baja demanda energética. - Compacto y bajo coste. - Eficiencia de remoción: DBO: 65-80%, DQO: 60-80%, SS: 60-70%. - Soporta variaciones en el caudal y carga orgánica del afluente. - Operación no compleja. - Cantidades medianas de terreno. | <ul style="list-style-type: none"> - No elimina patógenos. - Necesidad de energía eléctrica. - Altos tiempos de retención de 30 a 60 días. - Grandes cantidades de terreno. - Generación de mediana cantidad de lodos. |

Fuente: Tchobanoglous (2003).

3.2.4. USO DE FACTORES PONDERADOS PARA LA SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO:

Luego de conocer algunas ventajas y desventajas de los diversos sistemas que se podrían implementar en el tratamiento secundario de las aguas residuales avícolas, las cuales ayudarán a determinar el sistema de tratamiento adecuado, se utilizó el Método de Factores Ponderados, para lo cual se consideró los siguientes factores:

3.2.4.1. Análisis de factores ponderados:

- A) Eficiencia de remoción:** Es el porcentaje de remoción de las cargas contaminantes de DBO, DQO y SST de las aguas residuales. Para determinar este factor se analizó la eficiencia de remoción cada proceso biológico descrito en el punto 3.2.3. La tabla N° 18 muestra los porcentajes de remoción de carga contaminante de los procesos evaluados:

Tabla N° 18: Porcentaje de remoción de cada tratamiento evaluado

| Tipo de Tratamiento | % de Remoción | | | Fuente |
|-------------------------------|---------------|-------|-------|----------------------|
| | DBO | DQO | SST | |
| Lagunas de Estabilización | 70-90 | 60-80 | - | Tchobanoglous (2003) |
| Lodos Activados | 80-95 | 80-95 | 80-90 | Tchobanoglous (2003) |
| Sistemas Biológicos Rotativos | 80-90 | 75-85 | 80-90 | CENTA (2006) |
| Filtros Percoladores | 50-90 | - | 70-90 | Norma Peruana OS 090 |
| Reactores Anaeróbicos | 80-90 | 80-90 | 90-95 | Tchobanoglous (2003) |

Elaboración: Propia

- B) **Costos de operación y mantenimiento:** El objetivo de analizar este factor es determinar la factibilidad de cada tratamiento evaluado basándose en costos. Los costos que se consideraron para este análisis son los costos de operación y mantenimiento, los cuales incluye el costo de mano de obra, costo de energía eléctrica, materiales y herramientas.
- C) **Calidad del agua tratada:** Junto a la eficiencia de remoción es uno de los factores más importantes al momento de seleccionar el tratamiento adecuado para tratar efluentes, pues determina si el agua tratada puede ser o no reutilizada por la empresa que cuenta con un sistema de tratamiento.

La calidad del agua tratada está relacionada directamente relacionada con la eficiencia de remoción pues el tratamiento seleccionada debe tener la capacidad de eliminar la mayor carga contaminante de los efluentes.

- D) **Área mínima:** Se refiere al área requerida para la instalación del sistema de tratamiento, es un factor importante pues permite conocer si es factible la instalación dentro del centro de beneficio, conocer si cuenta con área disponible y determinar que tratamiento evaluado cumple con los requerimientos según la cantidad de terreno con la que cuenta la empresa.

Se conoce que el centro de beneficio cuenta con un área disponible de 960 m², por lo que se debe analizar que tratamiento es el que más se adecua a este.

- E) **Consumo de energía:** Existe una cierta cantidad de sistemas que requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, por lo tanto este factor es determinante pues permite evaluar los costos por el uso de este insumo en cada tratamiento evaluado lo cual permitirá seleccionar el adecuado para esta investigación.

Entre los tratamientos que pueden incurrir mayor consumo de energía tenemos: lodos activados y los sistemas biológicos rotativos.

- F) **Mano de obra:** Los tratamientos de efluentes requieren en su operación personal calificado, el cual se traduce en un costo de mano de obra. Este factor permitió comparar de acuerdo a la complejidad de funcionamiento, la cantidad de personal que puede laborar plantas de tratamiento las cuales cuenten con algún tipo de tratamiento secundario evaluado anteriormente.

Cuanto más compleja es la operación y más grande es la planta de tratamiento, mayor personal se requerirá.

- G) Tiempo de retención:** Este factor nos permitió comparar, entre los tratamientos evaluados, el tiempo de retención de los efluentes en sus operaciones.

Esto debido a que cuanto mayor sea el tiempo de retención en un tratamiento se pueden llegar a generar olores desagradables en el sistema de tratamiento lo cual afecta el desenvolvimiento del personal encargado. Algunos tratamientos con un elevado tiempo de retención podemos mencionar a las lagunas de estabilización.

- H) Generación de lodos:** Este factor determina que tratamiento evaluado genera una mayor cantidad de residuos sólidos, pues a través de esto se puede evaluar si posteriormente estos residuos podrán pasar a un tratamiento para su reutilización o eliminación. Entre los tratamientos que menos generan son el tratamiento por lodos activados, ya que gran parte de estos residuos son aprovechados a través de la recirculación hacia una digestión aerobia.

3.2.4.2. Comparación de factores:

Luego de haber analizado cada factor, se procedió a asignarle una letra a cada uno, lo cual permitirá una fácil interpretación en la matriz de comparación de factores y elegir de acuerdo a la mayor puntuación, que factores son los más importantes para la selección del tratamiento de efluentes:

| | |
|---|-------------------------|
| A= Eficiencia de remoción. | E= Consumo de energía |
| B= Costos de operación y mantenimiento. | F= Mano de obra. |
| C= Calidad del agua tratada. | G= Tiempo de retención. |
| D= Área mínima. | H= Generación de lodos. |

En la tabla N° 19 se muestra la comparación de los factores estudiados, la cual permitió obtener las ponderaciones respectivas, y en base a su importancia relativa, poder efectuar la selección del tratamiento secundario:

Tabla N° 19: Análisis entre factores ponderados.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | Conteo | Ponderado (%) |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|---------------|
| A | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 16,67 |
| B | 1 | | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 14,29 |
| C | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 16,67 |
| D | 1 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 11,90 |
| E | 1 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 | 4 | 9,52 |
| F | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 4 | 9,52 |
| G | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | 1 | 6 | 14,29 |
| H | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | 3 | 7,14 |
| TOTAL | | | | | | | | | 42 | 100 |

Elaboración: Propia

Para el análisis se aplicó el criterio de relación, el cual determina que factores son lo más relevantes de acuerdo a la conexión que existe entre estos, dando el valor de 1 si hay relación entre factores y el valor de 0 si no hay relación alguna.

Por lo tanto la tabla N° 19 indica que los factores más importantes a tener en cuenta para la elección del tratamiento son: Eficiencia de remoción y calidad del agua tratada, pues ambos obtuvieron el mayor porcentaje en el análisis.

Se procede luego a otorgar, según criterio, una calificación a cada factor, teniendo en cuenta que la mayor calificación se le dará al factor que guarde una mayor relación con las características de cada tratamiento evaluado; a mayor relación entre factor y tratamiento mayor será la calificación otorgada. Para esto, la calificación estará en el rango de 20 a 100 puntos, según la importancia de cada factor tal como se muestra en la tabla N° 20:

Tabla N° 20: Rango de calificación de factores

| ESCALA | PUNTAJE |
|-----------|---------|
| Excelente | 100 |
| Muy buena | 80 |
| Buena | 60 |
| Regular | 40 |
| Mala | 20 |

Fuente: Propia.

A partir del puntaje mostrado en la tabla N° 20 se procede a dar la calificación respectiva a los factores ponderados para cada uno de los tratamientos evaluados que se podrían utilizar en esta investigación.

En la tabla N° 21 se muestra la calificación y el puntaje que obtiene cada factor con relación a cada tratamiento evaluado:

Tabla N° 21: Calificación de los factores para cada tratamiento analizado en la investigación

| Tratamientos | | Lagunas de estabilización | | Lodos activados | | Biodiscos | | Filtros percoladores | | Reactores anaeróbicos | |
|--------------|---------------|---------------------------|---------|-----------------|---------|--------------|---------|----------------------|---------|-----------------------|---------|
| Factor | Ponderado (%) | Calif. | Puntaje | Calif. | Puntaje | Calif. | Puntaje | Calif. | Puntaje | Calif. | Puntaje |
| A | 16,67 % | 20 | 3,33 | 100 | 16,67 | 80 | 13,34 | 40 | 6,67 | 80 | 13,34 |
| B | 14,29 % | 100 | 14,29 | 20 | 2,86 | 40 | 5,72 | 40 | 5,72 | 60 | 8,57 |
| C | 16,67 % | 40 | 6,67 | 100 | 16,67 | 100 | 16,67 | 60 | 10,00 | 60 | 10,00 |
| D | 11,90 % | 40 | 4,76 | 100 | 11,90 | 80 | 9,52 | 60 | 7,14 | 100 | 11,90 |
| E | 9,52 % | 100 | 9,52 | 20 | 1,90 | 40 | 3,81 | 100 | 9,52 | 60 | 5,71 |
| F | 9,52 % | 20 | 1,90 | 60 | 5,71 | 60 | 5,71 | 60 | 5,71 | 80 | 7,62 |
| G | 14,29 % | 40 | 5,72 | 100 | 14,29 | 80 | 11,43 | 60 | 8,57 | 40 | 5,72 |
| H | 7,14 % | 20 | 1,43 | 60 | 4,28 | 60 | 4,28 | 80 | 5,71 | 60 | 4,28 |
| TOTAL | | 47,62 | | 74,29 | | 70,48 | | 59,04 | | 67,14 | |

Fuente:

Propia

Resultado:

Tal como muestra la tabla N° 21, el tratamiento secundario adecuado para tratar los efluentes generados en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L. es el tratamiento por Lodos Activados, debido a que presenta un mayor puntaje de calificación frente a los demás tratamientos evaluados.

El puntaje final, obtenido por este tratamiento, fue calculado a partir de la suma de los puntajes de cada factor en cada tratamiento estudiado y a su vez estos fueron determinados multiplicando el porcentaje ponderado por la calificación dada según criterio tomada de la tabla N° 20.

Tal como se mencionó anteriormente la eficiencia de remoción y calidad del agua tratada fueron los factores más relevantes para determinar el tipo de tratamiento, en este caso tratamiento por lodos activados:

- **Eficiencia de remoción:** El sistema por lodos activados tiene una mayor eficiencia de remoción frente a otros tratamientos evaluados, pues son capaces de remover entre 80-95 % la carga contaminante (DBO, DQO).
- **Calidad del agua tratada:** Según la eficiencia de remoción determinará la calidad del efluente tratado por lo que al tener una mayor eficiencia de remoción, los lodos activados, podrán generar aguas con baja presencia de carga contaminante, lo cual ayuda al objetivo de esta investigación la cual es la reutilización.

3.2.5. TRATAMIENTO TERCIARIO.

El tratamiento de los efluentes generados en el centro de beneficio finalizará con un tratamiento terciario, pues el agua tratada será reutilizada en el proceso de limpieza. Debido a la mezcla existente entre los efluentes con la excreta de aves y otros residuos, no es suficiente culminar con un tratamiento secundario pues el agua tratada tiene presencia de microorganismos causantes de enfermedades como la bacteria *Escherichia Coli*.

Por eso es necesario eliminar estos microorganismos con procesos eficientes y de bajo costo, entre los cuales se encuentran la desinfección.

3.2.5.1. Desinfección:

Es el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como objetivo garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico.

La desinfección es un proceso selectivo: no destruye todos los organismos presentes en el agua y no siempre elimina todos los organismos patógenos; por ello es indispensable desplegar los esfuerzos necesarios para que los procesos de tratamiento previos sean efectivos y eficientes.

3.2.5.2. Factores que influyen en la desinfección:

- A) **Los microorganismos presentes y su comportamiento:** El número de microorganismos presentes en el agua no afecta el proceso de desinfección. Ello quiere decir que para matar una gran cantidad de microorganismos se requiere la misma concentración y tiempo de contacto del desinfectante que para eliminar una cantidad pequeña, siempre y cuando la temperatura y el pH del agua sean los mismos.
- B) **La naturaleza y concentración del agente desinfectante:** Desinfectantes como el cloro y derivados pueden formar en el agua una serie de especies químicas cloradas, de diferente eficiencia desinfectante.

Por otro lado, la concentración del desinfectante determinará el tiempo de contacto necesario para destruir todos los microorganismos presentes en el agua.

- C) **La temperatura del agua:** Por lo general, la temperatura favorece el proceso de desinfección; sin embargo es necesario tener en cuenta que la solubilidad de los agentes desinfectantes, por ejemplo los de estado gaseoso, es inversamente proporcional a la temperatura.

3.2.5.3. Selección del Desinfectante:

Para la selección del desinfectante el Instituto del Agua y Medio Ambiente menciona que el agente ideal debe tener las siguientes propiedades:

- Activo con todos los microorganismos.
- Acción rápida.

- Efectivo en presencia de materia orgánica, sólidos suspendidos y otros constituyentes en la muestra.
- No tóxico, soluble, no inflamable y no explosivo.
- Compatible con varios materiales/ superficies.
- Estable o persistente para el periodo de exposición propuesto.
- Proveer un residual.
- Fácil de generar/adquirir y aplicar.
- Económico.

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), el cloro es, sin duda alguna, el agente más importante que existe para un proceso de desinfección, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, incluyendo su fácil dosificación y costo conveniente, sin embargo, presenta algunas desventajas como:

- Es muy corrosivo.
- Puede producir sabor desagradable en el agua, incluso en concentraciones que no significan riesgo para el consumidor.
- Su manejo y almacenamiento requiere ciertas normas de seguridad, para evitar riesgos en la salud de los operadores.

Es importante saber que el cloro, en condiciones normales de presión y temperatura, se encuentra como un gas verde, dos veces y media más pesado que el aire, lo que es una desventaja para su adquisición y manipulación, sin embargo existe una cierta cantidad de derivados cuya eficiencia de desinfección es idéntica a la del cloro, siendo los más utilizados los que se describen a continuación:

- A) Hipoclorito de Calcio: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$:** Se encuentra en forma de polvo, y puede mantenerse estable por un periodo de un año si las condiciones de almacenamiento son adecuadas. Es un agente potente oxidante, por esta razón debe almacenarse en un lugar aislado, seguro, fresco y seco, pues en contacto con materiales combustibles puede ocasionar incendios.
- B) Hipoclorito de Sodio: NaClO :** Es un líquido de color amarillento, con un promedio de 15% de cloro activo. En el Perú, el Hipoclorito de Sodio contiene de 1 a 10% y se comercializa en depósitos de plástico o botellas de vidrio. Al igual que el Hipoclorito de Calcio, su estabilidad depende de las condiciones de almacenamiento, en especial, de su contacto con la luz. Por ser una solución, su estabilidad es menor y puede llegar hasta los tres meses.

C) **Dióxido de Cloro (ClO_2):** Es producto de la reacción entre una solución de ácido clorhídrico sobre una solución acuosa de clorito de sodio. Su uso permite una rápida eliminación de bacterias en un rango de pH superior al del cloro, lo que lo hace particularmente recomendable para aguas alcalinas, donde su velocidad de desinfección es superior a la del cloro.

Es un gas muy oxidante y no puede ser transportado en estado líquido como el hipoclorito, pues debido a su peligro explosivo debe ser fabricado en el punto de uso.

Para la selección del agente adecuado para el proceso de desinfección propuesto en esta investigación, se analizó las ventajas y desventajas de cada agente, tal como se muestra en la tabla N° 22:

Tabla N° 22: Comparación de los desinfectantes

| Agente desinfectante | Ventajas | Desventajas |
|--|--|--|
| Hipoclorito de Calcio: $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ | <ul style="list-style-type: none"> - Muy eficaz cuando se usa correctamente. - Fácil de transportar y almacenar. - Presenta más estabilidad que el hipoclorito de sodio. - No deja productos insolubles indeseables. | <ul style="list-style-type: none"> - Baja solubilidad. - Puede causar obstrucciones. - Puede producir incendio si se almacena con otros materiales combustibles. |
| Hipoclorito de Sodio: NaClO | <ul style="list-style-type: none"> - Alta eficiencia microbicida. - Toxicidad baja. - Acción potente y rápida. - Bajo costo. - Fácil manipulación y transporte. | <ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad inmediata. - Corrosivo. - Puede causar dermatitis. |
| Dióxido de Cloro: ClO_2 | <ul style="list-style-type: none"> - Su aplicación no causa deterioro del sabor ni olor. - Posee propiedades bactericidas, esporicidas y destructoras de virus. - No se afecta por cambios del pH. - No reacciona con la mayoría de compuestos orgánicos | <ul style="list-style-type: none"> - Requiere un alto costo inicial. - No puede ser almacenado, tiene que generarse en el sitio de uso. - Tiene carácter explosivo. |

Elaboración: Propia.

Debido a su alta eficiencia microbicida, costos bajos y no presenta ningún riesgo en cuanto a su manipulación y almacenamiento, tal como se muestra en la tabla N° 22, el Hipoclorito de Sodio es el agente desinfectante que se seleccionó para el proceso de desinfección en el sistema de tratamiento propuesto, resaltando que es un agente de fácil adquisición pues en comparación con otros agentes, no se necesita previa preparación como en el caso del hipoclorito de Calcio.

3.2.5.4. Cinética de la Desinfección: la Ley de Chick:

Finalmente para determinar la dosis optima de Hipoclorito de Sodio se utilizó la ecuación N° 07, ecuación de desinfección, en donde el parámetro Ct se deriva de la ley de Chick de la cual se deduce la ley de Watson, K es la constante de la desinfección, C la concentración del desinfectante (mg/L) y n el coeficiente de disolución, el cual expresa la eficiencia bactericida del desinfectante.

$$C = \left(\frac{K}{t}\right)^{\frac{1}{n}} \rightarrow K = C^n * t \quad \text{(Ecuación N° 07)}$$

La dosis de Hipoclorito de Sodio se determinó en base a la investigación de “Desinfección de aguas residuales de una industria avícola para su reutilización”, la cual estudia el factor de comportamiento de los microorganismos analizando tres dosis de desinfectante para distintos tiempos de contacto, cuyos resultados se muestran en la tabla N° 23:

Tabla N° 23: Tiempo para una remoción de microorganismos al 99 %

| Dosis (mg/L) | Tiempo (min) |
|--------------|--------------|
| 0,171 | 62,22 |
| 0,30 | 68,42 |
| 5,5 | 39,96 |

Fuente: Gutiérrez et al. 2012

La tabla N° 23 determina que para remover el 99 % de microorganismos con una dosis de 0,171 mg/L se necesita un tiempo de contacto de 62,22 minutos; para una dosis de 0,30 mg/L de desinfectante se requiere un tiempo de 68,42 minutos y para una dosis de 5,5 mg/L un tiempo de contacto de 39,96 minutos, siendo esta, la dosis adecuada para eliminar los microorganismos con un tiempo de contacto menor a los anteriores.

3.2.6. DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO.

Por lo tanto, después de haber descrito de forma detallada cada uno de los procesos propuestos para el sistema de tratamiento de aguas residuales, a continuación en la figura N° 07 se muestra el proceso general del sistema de tratamiento que se propone en el centro de acopio y beneficio avícola Andy S.R.L.

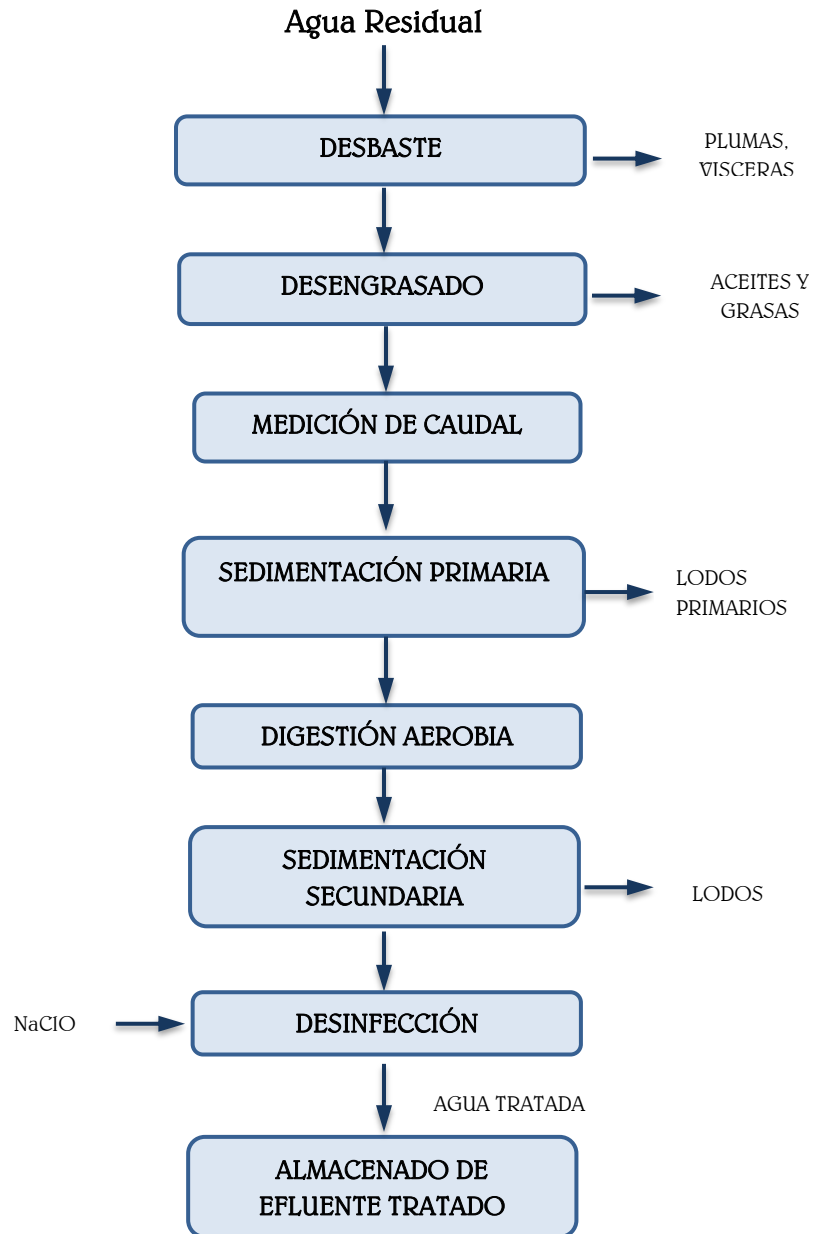


Figura N° 07: Diagrama del Proceso de Tratamiento de Efluentes Propuesto.
Elaboración: Propia.

3.2.7. DIAGRAMA DE OPERACIONES.

En el diagrama de operaciones se especifica que el efluente antes de entrar a la sedimentación primaria se realizará la medición del caudal el cual servirá para determinar la cantidad de agua residual que entra al tratamiento primario; finalmente se realizará un control para verificar la calidad del agua la cual será reutilizada en el proceso de limpieza.

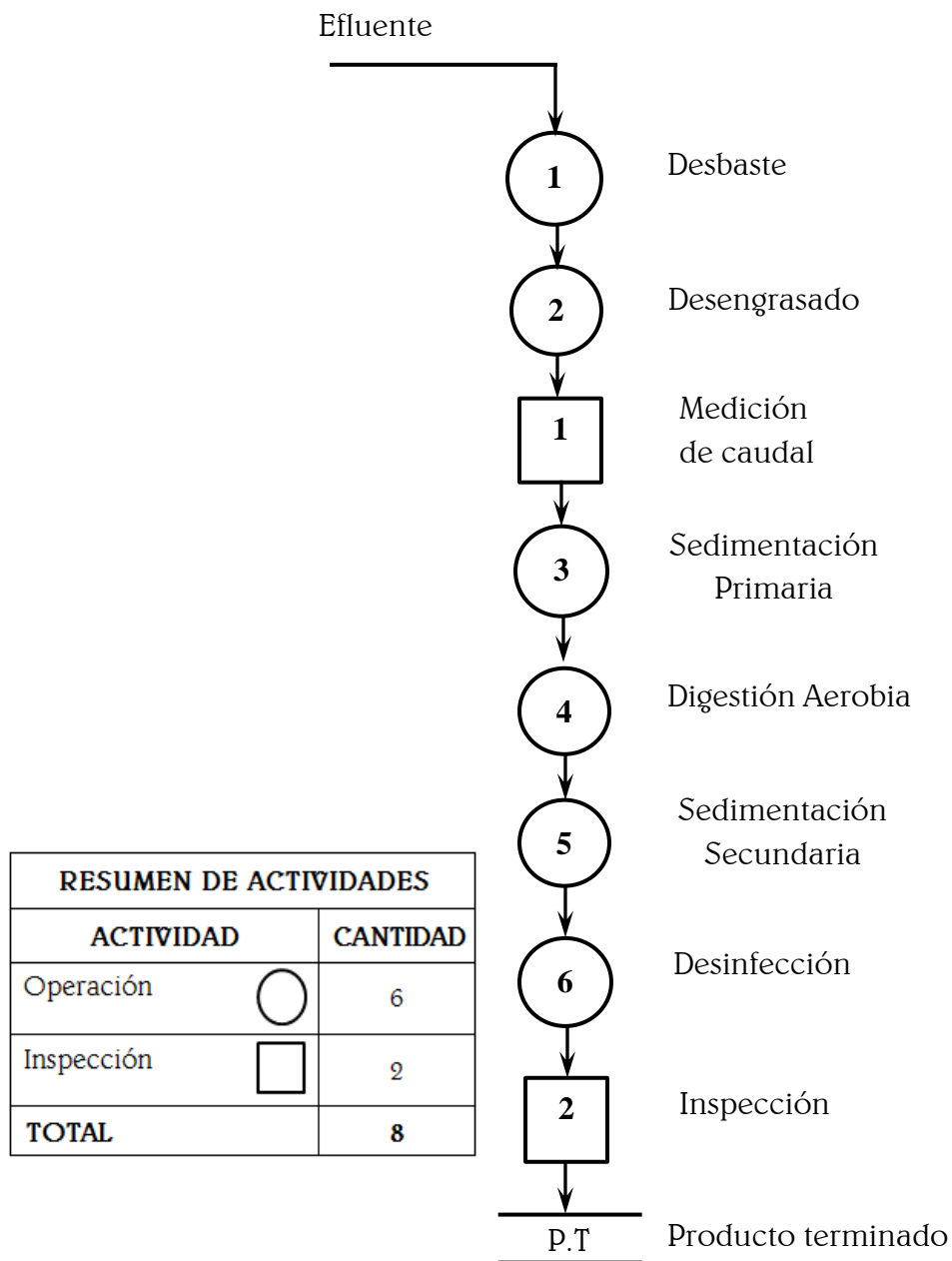


Figura N° 08: Diagrama de operaciones del proceso del sistema de tratamiento de efluentes propuesto.

Elaboración: Propia

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROPUESTO.

3.3.1. PRONÓSTICO DE EFLUENTES.

Para el diseño de las etapas del sistema de tratamiento, primero se realizó el pronóstico trimestral del volumen de las aguas residuales para los próximos seis años, incluyendo el año actual del desarrollo de la investigación (2015- 2020), la cual se calculó en función al comportamiento de la data histórica del centro de beneficio utilizando el software Excel.

A continuación en la figura N° 09 se muestra el comportamiento de la demanda actual de los efluentes generados en el proceso de beneficiado avícola.

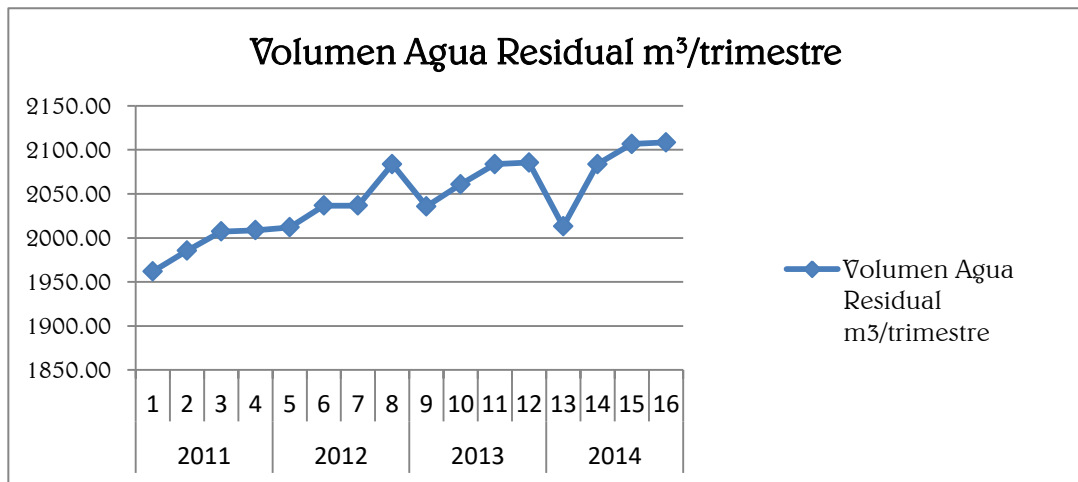


Figura N° 09: Comportamiento trimestral de los Efluentes en el proceso de beneficiado. (2011- 2014).

Fuente: Andy S.R.L.

Así mismo para realizar el pronóstico se utilizó la data histórica de la empresa mostrada en la tabla N° 24, la cual se muestra los volúmenes mensuales generados de agua residual en el proceso de beneficiado entre los años 2011- 2014.

Tabla N° 24: Agua residual generada en los años 2011- 2014

| Años | Meses | Agua Residual generada (m³) | Total Trimestral (m³) | Años | Meses | Agua Residual generada (m³) | Total Trimestral (m³) |
|------|-----------|-----------------------------|-----------------------|------|-----------|-----------------------------|-----------------------|
| 2011 | Enero | 675,73 | 1 961,81 | 2013 | Enero | 709,10 | 2 035,82 |
| | Febrero | 610,34 | | | Febrero | 640,48 | |
| | Marzo | 675,73 | | | Marzo | 686,23 | |
| | Abril | 653,94 | 1 985,49 | | Abril | 686,23 | 2 060,84 |
| | Mayo | 677,62 | | | Mayo | 688,38 | |
| | Junio | 653,94 | | | Junio | 686,23 | |
| | Julio | 677,62 | 2 007,29 | | Julio | 688,38 | 2 083,72 |
| | Agosto | 675,73 | | | Agosto | 709,10 | |
| | Setiembre | 653,94 | | | Setiembre | 686,23 | |
| | Octubre | 675,73 | 2 008,64 | | Octubre | 686,23 | 2 085,60 |
| | Noviembre | 653,94 | | | Noviembre | 686,23 | |
| | Diciembre | 678,96 | | | Diciembre | 713,14 | |
| 2012 | Enero | 678,16 | 2 011,87 | 2014 | Enero | 686,23 | 2 012,94 |
| | Febrero | 655,55 | | | Febrero | 640,48 | |
| | Marzo | 678,16 | | | Marzo | 686,23 | |
| | Abril | 678,16 | 2 036,62 | | Abril | 686,23 | 2 083,72 |
| | Mayo | 680,31 | | | Mayo | 711,26 | |
| | Junio | 678,16 | | | Junio | 686,23 | |
| | Julio | 702,91 | 2 036,62 | | Julio | 711,26 | 2 106,59 |
| | Agosto | 655,55 | | | Agosto | 709,10 | |
| | Setiembre | 678,16 | | | Setiembre | 686,23 | |
| | Octubre | 700,76 | 2 083,72 | | Octubre | 709,10 | 2 108,48 |
| | Noviembre | 678,16 | | | Noviembre | 686,23 | |
| | Diciembre | 704,80 | | | Diciembre | 713,14 | |

Fuente: Andy S.R.L.

Para realizar el pronóstico, primero se observó el comportamiento de la data histórica (ver figura N° 09), la cual muestra un comportamiento variable y una tendencia creciente con relación al tiempo; es por esto que el método utilizado para este pronóstico fue el de suavización exponencial doble, el cual presentó un porcentaje de error del 2%.

En la tabla N° 25 se muestra el pronóstico para los próximos cinco años, la cual fue calculada con los datos mostrados en la tabla N° 24.

Tabla N° 25: Pronóstico de las cantidades de efluente para los años 2015- 2020 (m³)

| AÑOS | Trimestres | Agua Residual generada por trimestres (m³) | Total Anual (m³) |
|-------------|-------------------|--|------------------------------------|
| 2015 | 1er | 2 118,02 | 8 559,19 |
| | 2do | 2 132,47 | |
| | 3er | 2 147,02 | |
| | 4to | 2 161,67 | |
| 2016 | 1er | 2 176,42 | 8 795,19 |
| | 2do | 2 191,27 | |
| | 3er | 2 206,22 | |
| | 4to | 2 221,28 | |
| 2017 | 1er | 2 236,43 | 9 037,71 |
| | 2do | 2 251,69 | |
| | 3er | 2 267,06 | |
| | 4to | 2 282,52 | |
| 2018 | 1er | 2 298,10 | 9 286,91 |
| | 2do | 2 313,78 | |
| | 3er | 2 329,57 | |
| | 4to | 2 345,46 | |
| 2019 | 1er | 2 361,47 | 9 542,98 |
| | 2do | 2 377,58 | |
| | 3er | 2 393,80 | |
| | 4to | 2 410,13 | |
| 2020 | 1er | 2 426,58 | 9 806,11 |
| | 2do | 2 443,14 | |
| | 3er | 2 459,81 | |
| | 4to | 2 476,59 | |

Elaboración: Propia.

La tabla N° 25 muestra que existe un aumento anual de agua residual generada, pues para el primer año de proyección indica que el volumen generado será de 8 559,19 m³, mientras que para el año 2020 el volumen alcanzará los 9 806,11 m³ de efluentes que se generarán en el centro de

beneficio, demostrando que existe un aumento del 3% anual de agua residual.

3.3.2. BALANCE DE MATERIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

Una vez calculada la proyección de agua residual se procederá a realizar el balance de materia de cada etapa en el sistema tratamiento para poder determinar la disminución de los parámetros de los efluentes del centro de beneficio.

En la realización del balance de materiales es de importancia considerar datos como el flujo volumétrico del agua residual así como también los porcentajes de remoción de cada operación a lo largo del sistema de tratamiento; estos datos se muestran a continuación:

- Flujo volumétrico proyectado tal como se mostró en la tabla N° 25 (Proyección de las cantidades de efluentes para el año 2020); sabiendo que la empresa labora los 365 días del año, entonces: $9\,806,11\text{ m}^3$ entre los 365 días equivale a $26,866\text{ m}^3/\text{día}$ y que serán base para el balance de materia.
- Los porcentajes de remoción de acuerdo a las especificaciones técnicas citadas en la Norma Peruana OS.090 así como en referencias bibliográficas.

3.3.2.1. Balance en el Desbaste:

Para el balance en el desbaste se tomaron las siguientes consideraciones mostradas en la tabla N° 26:

Tabla N° 26: Cálculo de material cribado

| Abertura (mm) | Cantidad (litros de material cribado L/m ³ de agua residual) |
|---------------|---|
| 20 | 0,038 |
| 25 | 0,023 |
| 35 | 0,012 |
| 40 | 0,009 |

Fuente: Norma Peruana OS.090.

Según la Norma Peruana OS.090, el espaciamiento entre barras estará entre 20 y 40 mm, las cuales según recomendación, para este caso serán tomadas como desbaste grueso y desbaste fino respectivamente.

De acuerdo a estas especificaciones el balance en el desbastado quedará tal como se muestra en la figura N° 10:

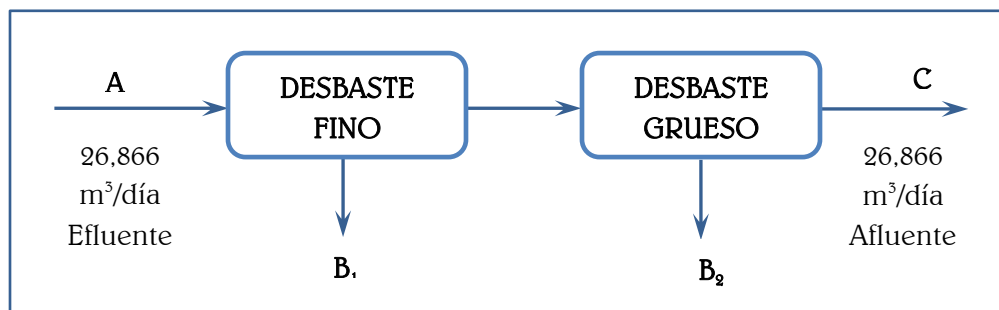


Figura N° 10: Balance de materia en el Desbastado.

Elaboración: Propia

- Flujo de agua residual a tratar:

$$A = 26,866 \text{ m}^3/\text{día}.$$

A) Volumen de residuos removidos en Desbaste Grueso:

$$B_1 = \frac{0,009 \text{ L de material cribado}}{1 \text{ m}^3 \text{ de AR}} \times \frac{26,866 \text{ m}^3 \text{ de AR}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$B_1 = 2,42 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{día de sólidos removidos}.$$

B) Volumen de residuos removidos en Desbaste Fino:

$$B_2 = \frac{0,038 \text{ L de material cribado}}{1 \text{ m}^3 \text{ de AR}} \times \frac{26,866 \text{ m}^3 \text{ de AR}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}}$$

$$B_2 = 1,02 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{día de sólidos removidos}.$$

3.3.2.2. Balance en el Desengrasado:

Para el balance en el desengrasado se tomaron en cuenta los resultados obtenidos en el análisis físico- químico que se realizaron a los efluentes del centro de beneficio, los cuales se muestran en la tabla N° 11 (Parámetros de los Efluentes del centro de beneficio avícola Andy), incluyendo el valor típico para los SST presentes en aguas residuales avícolas determinado en la investigación "Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola", la cual señala que los SST presentes en esta agua se encuentran entre 443,67 y 653,33 mg/L, en plantas de beneficiado, cuyo promedio será de 544,67 mg/L.

DBO= 2 150,00 mg/L
 DQO= 2 902,00 mg/L
 SST= 544,67 mg/L
 Aceites y Grasas (A y G)= 219,51 mg/L

Según Romero (2008), los porcentajes de remoción en el desengrasado son: DBO (28%), DQO (18%), SST (15%) y Aceites y grasas (12%).

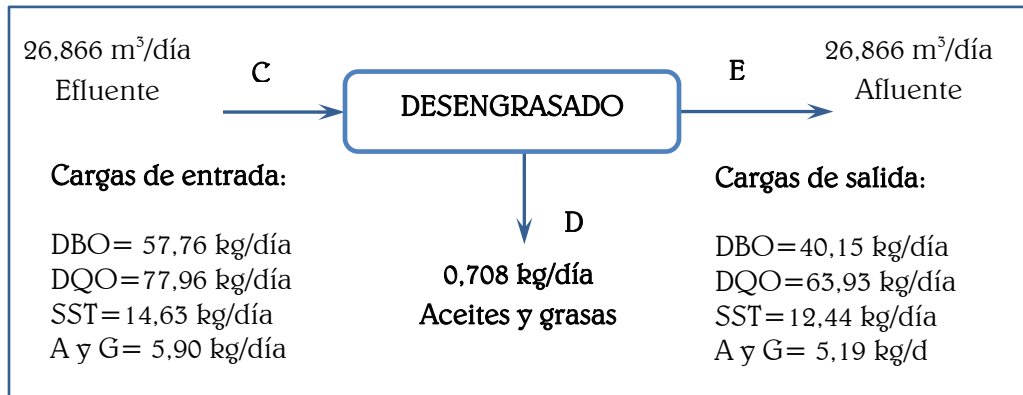


Figura N° 11: Balance de materia en el Desengrasado.

Elaboración: Propia

$$D = \left(\frac{26,866 \text{ m}^3 \text{ de agua residual}}{\text{día}} \times \frac{219,51 \text{ mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) \times (0,12)$$

$$D = 0,708 \text{ kg/día}$$

“D” es la cantidad de aceite y grasa que será removido en la operación de desengrasado.

3.3.2.3. Balance de Sedimentación Primaria:

Los porcentajes de remoción según la norma peruana OS.090, están dados por el tiempo de retención en el sedimentador primario; según esta norma se recomienda un periodo de 2 horas basado en el caudal máximo diario de diseño. En la tabla N° 27 se muestran los porcentajes de remoción según el tiempo de retención de efluentes:

Tabla N° 27: Porcentaje de remoción recomendado en sedimentación primaria

| PERIODO DE RETENCION NOMINAL (HORAS) | DBO (%) | SST (%) |
|--------------------------------------|---------|---------|
| 1,5 | 32 | 56 |
| 2,0 | 36 | 60 |
| 3,0 | 40 | 64 |
| 4,0 | 42 | 66 |

Fuente: Norma OS.090

Porcentajes de Remoción en sedimentación primaria:

- DBO= 36%
- DQO= 36 %
- SST= 60 %
- Aceites y Grasas= 20%
- Coliformes (CF)= 40%

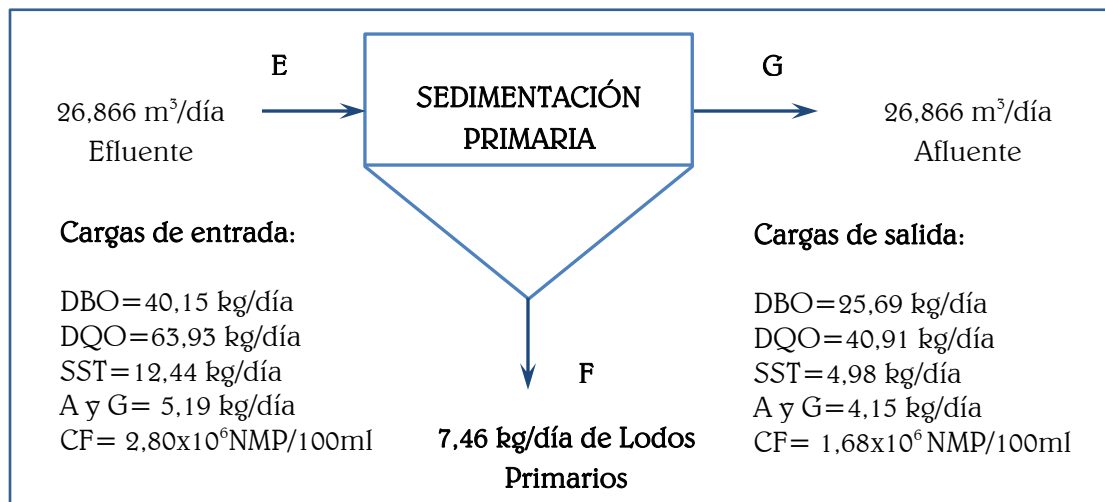


Figura N° 12: Balance de materia en Sedimentación Primaria.

Elaboración: Propia

Siendo el porcentaje de remoción de lodos primarios de 60%, entonces:

$$F = 12,44 \text{ kg/día} \times 0,6$$

$$F = 7,46 \text{ kg/día}$$

“F” es la cantidad de lodos removidos la sedimentación primaria.

3.3.2.4. Balance en el Tratamiento Secundario (Lodos Activados):

Para el balance de materia en el proceso de lodos activados se tomarán las cargas obtenidas del proceso de sedimentación primaria y los porcentajes de remoción de lodos activados mostrados anteriormente en la tabla N° 18 y en algunas fuente bibliográficas.

En la tabla N° 28 se muestran los parámetros iniciales con los cuales se procederá a efectuar el balance de materia para el sistema por lodos activados:

Tabla N° 28: Parámetros para balance de tratamiento secundario.

| Parámetros | Cargas de masa | Concentraciones | % de Remoción |
|---------------|----------------|------------------------------|---------------|
| DBO | 25,69 kg/día | 990,64 mg/L | 95 |
| DQO | 40,91 kg/día | 1523,13 mg/L | 90 |
| SST | 4,98 kg/día | 185,36 mg/L | 85 |
| A y G | 4,15 kg/día | 154,76 mg/L | 96 |
| Coliformes T. | --- | $1,68 \times 10^6$ NMP/100mL | 90 |

Fuente: Propia.

En la figura N° 13 se muestra el diseño general del tratamiento secundario por lodos activados el cual consta de un reactor biológico y un tanque de sedimentación secundaria:

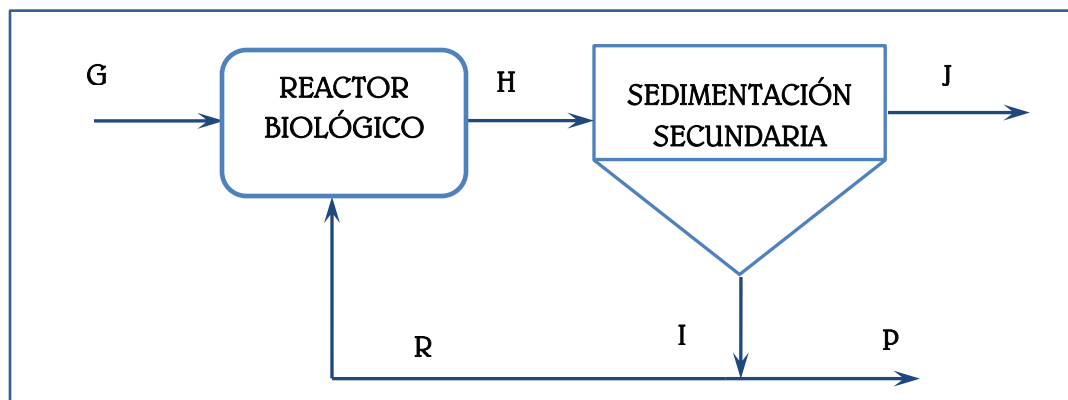


Figura N° 13: Balance de materia en Proceso de Lodos Activados.

Elaboración: Propia

Los cálculos detallados en el balance de materia se realizarán en base al valor de los SST y no a los SSV, que estrictamente es el

valor de los SS que intervienen en la asimilación y degradación de la materia orgánica (masa biológica activa). Este criterio se basa en que el valor de SST es más sencilla y de rápida determinación para el operario.

El modelo de reactor a utilizar en el tratamiento es de mezcla completa con recirculación, y debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El contenido del reactor está mezclado completamente. Por lo tanto la concentración en el reactor (X, S) es igual a la concentración en el efluente del reactor.
- La concentración de la biomasa en el afluente (X_0) es despreciable.
- Estado estacionario, $dX/dt = 0$; $dS/dt = 0$
- Volumen del reactor es constante.

A) **Balance de materia para la producción de biomasa:** Se emplea el volumen del reactor y del sedimentador marcado con la línea verde discontinua mostrada en la figura N° 14:

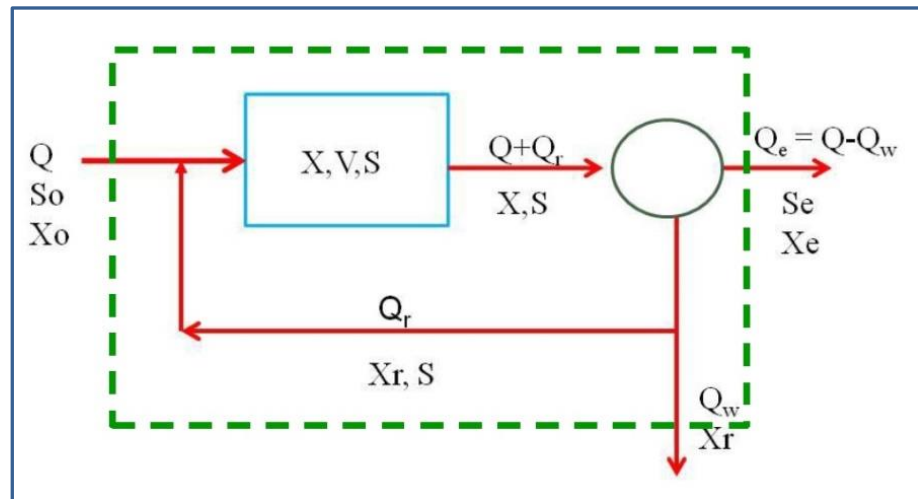


Figura N° 14: Balance de masa en el sistema.

Dónde:

- Q = Caudal de entrada, $m^3/día$.
- S_0 = Sustrato de entrada, mg/L de DBO.
- X_0 = Biomasa de entrada, mg/L de SST.
- X = Concentración en el reactor o en licor mezclado, mg/L de SST.
- V = Volumen del reactor, m^3 .
- S = Sustrato en el reactor, mg/L de DBO.

- Q_r = Caudal de recirculación, m^3 .
- $Q+Q_r$ = Caudal de entrada + caudal de recirculación, m^3 .
- $Q_e = Q - Q_w$ = Caudal de salida, m^3 .
- Q_w = Caudal de lodos excedentes o purga, m^3 .
- S_e = Sustrato de salida, mg/L de DBO.
- X_e = Biomasa de salida, mg/L de SST.
- X_r = Biomasa de lodos excedentes o en purga, mg/L SST

La ecuación N° 08 es la ecuación de producción de biomasa:

$$\text{Biomasa afluyente} + \text{Producción de biomasa} = \text{Biomasa efluente} + \text{Biomasa en lodos} \quad (\text{Ecuación N° 08})$$

$$Q X_0 + \nabla dX/dt = (Q - Q_w) X_e + Q_w X_w$$

Según los datos obtenidos en el sedimentador primario se conoce las concentraciones de entrada al sistema de lodos activados (ver tabla N° 28):

- Caudal de entrada (Q) = 26,866 m^3 /día
- Biomasa de entrada (X_0) = 185,36 mg/L = 0,1853 kg/m^3
- Sustrato de entrada (S_0) = 990,64 mg/L = 0,9906 kg/m^3

A.1. Cálculo del sustrato en el reactor (S): Para esto se tomaron valores referenciales mostrados en la norma peruana OS.090 (ver tabla N° 29) y los valores de coeficientes cinéticos para procesos de lodos activados (ver tabla N° 30).

Tabla N° 29: Valores referenciales para reactores de mezcla completa.

| Valores | Intervalos | Recomendado |
|--|------------|-------------|
| Edad del lodo (θ_c) en días | 5-15 | 10 |
| Concentración de SSTA (X). (kg/m^3) | 3,0- 6,0 | 3,5 |
| Tiempo de retención (θ) en horas | 3- 5 | 4 |
| Carga de la masa ($kg\ DBO_5/ kg\ SSTA\ x\ día$) | 0,20- 0,60 | 0,50 |
| Tasa de recirculación (%) | 25 – 100 | 60 |

Fuente: Norma peruana OS.090

Tabla N° 30: Valores típicos de los coeficientes cinéticos para procesos de lodos activados.

| Valores típicos | | | |
|-----------------|-------------------------------------|---------------|--------|
| Coeficientes | Unidades para SST | Rangos | Típico |
| Y | kg SST/ kg DBO ₅ | 0,5 – 0,7 | 0,6 |
| K _d | d ⁻¹ | 0,025 – 0,075 | 0,06 |
| K _s | Kg DBO ₅ /m ³ | 25 – 100 | 60 |

Fuente: Metcalf y Eddy (1991).

En el tratamiento por lodos activados la fracción del lodo procedente del sedimentador secundario vuelve al reactor, $\theta_c > \theta$, entonces:

$$X = \frac{\theta_c}{\theta} Y \left(\frac{S_0 - S}{1 + K_d * \theta_c} \right) \quad \text{(Ecuación N° 09)}$$

$$V = \frac{\theta_c Q_0 Y}{X} \left(\frac{S_0 - S}{1 + K_d * \theta_c} \right) \quad \text{(Ecuación N° 10)}$$

Si el tiempo de retención θ es igual a 4 horas (ver tabla 29) y se sabe que la empresa trabaja 8 h/día entonces el tiempo de retención en días: $\theta = 0,5$ día.

Reemplazando en la ecuación N° 09 los datos de las tablas N° 29 y 30, se despeja "S", obteniendo:

$$3,5 \frac{kg}{m^3} SST = \frac{10 d}{0,5 d} \times \left(0,6 \frac{kg SST}{kg DBO_5} \right) \times \left(\frac{0,9906 \frac{kg}{m^3} DBO_5 - S}{1 + (0,06 d^{-1}) * (10d)} \right)$$

$$S = 0,5239 \frac{kg}{m^3} \text{ de } DBO_5$$

"S" es el sustrato obtenido en el tanque reactor equivalente a 0,5239 Kg/m³ de DBO₅.

A.2. Cálculo del volumen del reactor (V): El volumen del tanque reactor, reemplazando S en ecuación N° 10, será:

$$V = \frac{10d * 26,866 \frac{m^3}{d} \times \left(0,6 \frac{kg SST}{kg DBO_5} \right)}{3,5 \frac{kg}{m^3} SST} \times \left(\frac{0,9906 \frac{kg}{m^3} - 0,5239 \frac{kg}{m^3} DBO_5}{1 + (0,06 d^{-1}) \times (10días)} \right)$$

$$V = 13,43 m^3$$

“V” es el volumen del tanque reactor en el cual se dará la reacción aerobia de los efluentes.

A.3. Cálculo de la masa del lodo residual o purga ($Q_w * X_w$): Este cálculo se realizó a partir de la ecuación del tiempo de retención celular o conocido también como edad del lodo:

$$\theta_c = \frac{V * X}{Q_w * X_w} \quad \text{(Ecuación N° 11)}$$

Dónde despejando $Q_w * X_w$, se obtiene:

$$Q_w * X_w = \frac{V * X}{\theta_c}$$

$$Q_w * X_w = \frac{13,43 \text{ m}^3 \times 3,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ SST}}{10 \text{ días}}$$

$$Q_w * X_w = 4,70 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \text{ SST}$$

“ $Q_w * X_w$ ” viene a ser la masa del lodo residual o purga.

A.4. Cálculo del volumen del lodo residual (Q_w): Conociendo la densidad relativa del lodo residual el cual es 1030 kg/m³, entonces:

$$\text{Volumen del lodo} = \frac{\text{masa del lodo}}{\text{densidad del lodo}} \quad \text{(Ecuación N° 12)}$$

$$\text{Volumen del lodo} = \frac{4,70 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$Q_w = \text{Volumen del lodo} = 4,56 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

“ Q_w ” es el volumen del lodo residual o purga generado en el tratamiento secundario.

A.5. Cálculo de la producción de biomasa diaria: Reemplazando en la ecuación de balance de masa (ecuación N° 08), teniendo en cuenta que las consideraciones iniciales de concentración de la biomasa en el afluente (X_0) y en el efluente (X_e) son despreciables, se obtiene:

$$Q X_0 + V \frac{dX}{dt} = (Q - Q_w) X_e + Q_w X_w$$

$$V \frac{dX}{dt} = Q_w X_w$$

$$V \frac{dX}{dt} = 4,70 \frac{kg}{día} SST$$

Es la biomasa que se genera en el reactor en el tiempo que dura la reacción aerobia.

B) Balance de materia para el sustrato: Se emplea el volumen de control de la cuba de aireación (reactor) y el sedimentador.

La ecuación N° 13 es la ecuación de producción de sustrato:

$$\text{Sustrato en afluente} - \text{Sustrato consumido} = \text{Sustrato en efluente} + \text{Sustrato en lodos} \quad (\text{Ecuación N° 13})$$

$$Q S_0 - V \frac{dS}{dt} = (Q - Q_w) S_e + Q_w S_w$$

Si todas las reacciones ocurren en el reactor, el sustrato que se produce contiene la misma concentración que el sustrato en el sedimentador y el efluente, es decir $S_e = S_w = S = 0,5239 \text{ kg/m}^3 \text{ DBO}_5$, entonces reemplazamos en la ecuación N° 13, si tenemos que:

- $Q * S_0 = (26,866 \text{ m}^3/\text{día} * 0,9906 \text{ kg/m}^3 \text{ DBO}_5) = 26,6134 \text{ kg/día DBO}_5$
- $(Q - Q_w) = (26,866 \text{ m}^3/\text{día} - 4,56 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{día}) = 26,861 \text{ m}^3/\text{día}$
- $S = S_e = S_w = 0,5239 \text{ kg/m}^3 \text{ DBO}_5$
- $(Q_w * S_w) = (4,56 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{día} * 0,5239 \text{ kg/m}^3 \text{ DBO}_5) = 2,3889 \times 10^{-3} \text{ kg/día DBO}_5$

Entonces se despeja $V \frac{dS}{dt}$:

$$\left(26,6134 \frac{kg}{día} \text{ DBO}_5\right) - V \frac{dS}{dt} = \left(26,861 \frac{m^3}{día}\right) * 0,5239 \frac{kg}{m^3} \text{ DBO}_5 + 2,3889 \times 10^{-3} \frac{kg}{día} \text{ DBO}_5$$

$$\left(26,6134 \frac{kg}{día} \text{ DBO}_5\right) - V \frac{dS}{dt} = 14,074 \frac{kg}{día} \text{ DBO}_5$$

$$V \frac{dS}{dt} = 12,539 \frac{kg}{día} \text{ DBO}_5$$

Es el sustrato que se genera en el tratamiento por lodos activados en el tiempo que dura la reacción aerobia.

- C) **Requerimientos de Oxígeno:** La cantidad de oxígeno demandada o requerida para la oxidación bioquímica, sería la que se necesita para la oxidación del material orgánico menos la que se requiere en las células o lodos de desecho producidos en el sistema.

La cantidad de aire que se suministra debe ser suficiente para:

- Satisfacer la DBO a removerla.
- Satisfacer la demanda de oxígeno de los organismos en fase endógena.
- Efectuar un mezclado y mantener los sólidos en suspensión.
- Mantener una cantidad de oxígeno disuelto de 1 a 2 ppm.

El oxígeno requerido está dado por la siguiente ecuación:

$$O_2 \text{ Requerido} = Q_0 * (S_0 - S) - 1,42(P_X) \quad \text{(Ecuación N° 14)}$$

Conociendo el valor de P_X , que viene a ser la masa de lodos residual o purga " $Q_w * X_w$ " calculado en el punto A.3 a partir de la ecuación N° 11, se obtiene:

$$O_2 \text{ Requerido} = 26,866 \frac{m^3}{\text{día}} \times \left(0,466 \frac{kg}{m^3} DBO_5 \right) - 1,42 \left(4,70 \frac{kg}{\text{día}} SST \right)$$

$$O_2 \text{ Requerido} = 5,842 \frac{kg O_2}{\text{día}}$$

Viene a ser la cantidad de oxígeno requerida para que se lleve a cabo la reacción aerobia en el tanque reactor.

- D) **Parámetros finales de tratamiento secundario:** En la figura N° 13 se mostró el diseño del balance de materia, donde:

- G: Es el efluente de entrada igual a 26,866 m³/día.
- I: Es el caudal de lodo que sale del sedimentador, $I=4,56 \times 10^{-3}$ m³/día.
- H: Es el caudal de entrada (G) más el caudal de recirculación (R), entonces $H=G+R$.
- R: Es el caudal de lodo recirculado. Es el 60% (porcentaje de remoción, ver tabla N° 27) del caudal de lodo sedimentado (I); $R=2,736 \times 10^{-3}$ m³/día.

- P: es la purga del sistema y es el caudal de lodo residual obtenido del porcentaje de remoción, $P = 1,824 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{día}$.
- J: Es el efluente de salida del sistema. Sabiendo que la purga (P) tiene un porcentaje de humedad de 90%, el cual es la cantidad de agua que se pierde en el sistema, entonces el efluente de salida es:

$$J = G - (P \times 0,90) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 15)$$

$$J = 26,866 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} - \left(1,824 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 0,90 \right)$$

$$J = 26,864 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por último los parámetros finales del proceso de tratamiento de lodos activados, calculados con los porcentajes de remoción mostrados en la tabla N° 28, son los siguientes:

- DBO= 49,54 mg/L
- DQO= 123,85 mg/L
- SST= 27,78 mg/L
- Aceites y Grasas= 6,18 mg/L
- Coliformes= $1,68 \times 10^5$ NMP/100ml

Es necesario mencionar también que, los lodos generados tanto en la sedimentación primaria (lodos primarios) como en la sedimentación secundaria (purga), serán llevados por una empresa la cual se encargará del tratamiento y su disposición final.

3.3.2.5. Balance en el Proceso de Desinfección:

Para balance en el tratamiento terciario (figura N° 15), se tomó como dato principal la presencia de coliformes en el agua residual proveniente de tratamiento secundario (Lodos Activados).

El porcentaje de remoción de coliformes es del 99% con un periodo de retención de 40 minutos, y una dosis de Hipoclorito de Sodio (NaClO) de 5,5 mg/L; estos datos típicos y fueron determinados de la investigación “Desinfección de agua residuales de un industria avícola para su reutilización” en la cual realizan una serie de pruebas de laboratorio para determinar la dosis y el tiempo de contacto entre el agua y el desinfectante

basándose en las ecuaciones de desinfección de la Ley de Chick y Watson.

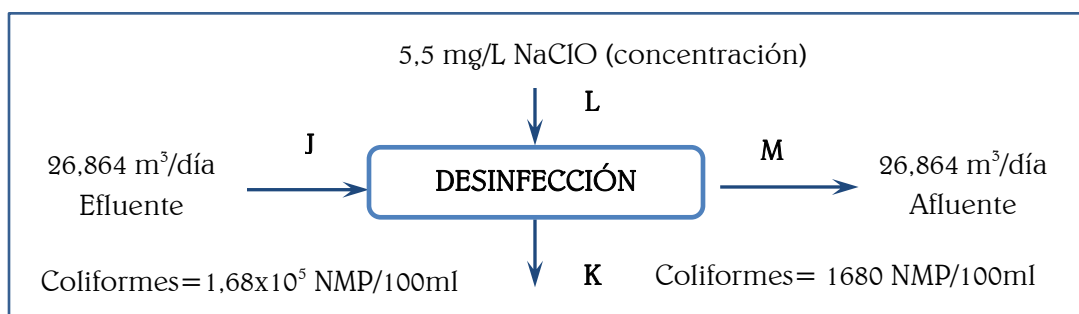


Figura N° 15: Balance de materia en Proceso de Desinfección.

Elaboración: Propia

Dónde:

$$J = 26,864 \frac{m^3}{día} \times 1000L$$

$$J = 26864 \frac{L}{día}$$

A) Cálculo de la masa total de NaClO al día:

$$Total\ de\ NaClO \left(\frac{kg}{día} \right) = J \times L \left(\frac{1kg}{10^6\ mg} \right)$$

$$Total\ de\ NaClO \left(\frac{kg}{día} \right) = 26864 \frac{L}{día} \times 5,5 \frac{mg}{L} NaClO \times \frac{1kg}{10^6mg}$$

$$Total\ de\ NaClO = 0,15 \frac{kg}{día}$$

B) Cálculo del Volumen diario de NaClO: Se recomienda, por su fácil aplicación, utilizar Hipoclorito de Sodio en forma de solución, conocida también como lejía, la cual contiene un 5% ppm de NaClO. Por lo tanto el volumen diario de lejía que será aplicada, sabiendo que ppm = % * 10 000 y 1 ppm = 1mg/L, será:

$$50\ 000\ mg/L\ de\ NaClO = \frac{150\ 000\ mg\ de\ NaClO/día}{V\ (L)}$$

$$V = 3\ L/día$$

El volumen diario de lejía a utilizar en el sistema de tratamiento será de 3L /día.

C) **Cálculo de Coliformes eliminados en la desinfección:**

$$K = (1,68 \times 10^5 \text{ NMP}/100\text{ml}) - (1,68 \times 10^5 \text{ NMP}/100\text{ml} * 0,99)$$

$$K = 1680 \text{ NMP}/100\text{ml}$$

Por lo tanto en el proceso de desinfección se elimina el 99% de coliformes presentes en las aguas provenientes del tratamiento por lodos activados, quedando solo un total de coliformes en el afluente M de 1680 NMP/100ml.

3.3.3. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FINALES DEL BALANCE DE MATERIA CON LMP Y CRITERIOS DE REÚSO.

En la tabla N° 31 se muestra el resumen comparativo de los parámetros finales obtenidos después del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto en la planta de beneficio avícola Andy S.R.L., con los Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de la actividad agroindustrial tales como planta de canales y plantas de beneficio.

Tabla N° 31: Comparación de parámetros finales y LMP

| Parámetro | Unidad | Parámetros de efluentes del centro de beneficio avícola Andy S.R.L.. | Parámetros de efluentes tratados en el sistema propuesto | LMP para descarga de efluentes líquidos (MINAM 2009) |
|-----------------------------|-----------|--|--|--|
| pH | Unidad | 6,62 | 6,62 | 6,0- 9,0 |
| DBO ₅ | mg/L | 2150,00 | 49,54 | 250 |
| DQO | mg/L | 2902,00 | 123,85 | 500 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 544,67 | 27,78 | 300 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 219,51 | 6,18 | ---- |
| Sólidos Sedimentables | ml/L/h | 35,00 | 35,00 | ---- |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100ml | 2,80E+06 | 1680 | ---- |

Fuente: Propia.

Con esta comparación se determinó que los parámetros de los efluentes después de pasar por el sistema de tratamiento se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (MINAM) tal como se muestra en la tabla N° 31. Luego se realizó la comparación con los parámetros referentes para

la reutilización del agua tratada según el reglamento de autorización para el vertimiento y reúso de aguas residuales (Ver pág. 37- Artículo 14), en la cual establece que el reúso de aguas residuales tratadas será evaluado tomándose en cuenta los valores que establezca el sector correspondiente; para este caso las aguas tratadas se reutilizarán en la limpieza del área de trabajo del centro de beneficio.

3.3.3.1. Reutilización de aguas residuales.

En el Perú, a través del proyecto SWITCH (Manejo Sostenible para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana) realizado en la ciudad de Lima en el año 2007, se muestra que las aguas tratadas en las diversas plantas de tratamiento de la capital se reutilizan para riego en la agricultura y en áreas verdes de parques zonales y metropolitanos, lo cual en la actualidad se viene desarrollando (ver anexo N° 08).

Para las industrias de alimentos el agua debe estar libre de cualquier materia que pudiera degradar la calidad o integridad del producto alimenticio, por lo consecuente, la calidad empleada debe ser de nivel potable, salvo en aquellos casos en donde el agua no entra en contacto directo con el producto como es el caso de tareas de enfriamiento, limpieza de pisos, lavado de vehículos y veredas, entre otras, cuyos parámetros para este tipo de reutilización se muestran en la tabla N° 32, en donde se realiza la comparación con los parámetros finales de los efluentes tratados con el sistema propuesto.

Tabla N° 32: Comparación entre los parámetros de reúso y del agua tratada

| Parámetro | Unidad | (*) Parámetros para reúso urbano restringido (Riego y limpieza) | Parámetros de efluentes tratados en el sistema propuesto |
|------------------------------------|------------|---|--|
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 25 – 2500 | ---- |
| Coliformes Totales | NMP/100 mL | 3 – 2500 | 1860 |
| DBO | mg/L | 15 – 60 | 49,54 |
| pH | unidad | 4,5 – 9,0 | 6,62 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 5 – 90 | 27,78 |
| Turbiedad | UNT | 5 | ---- |

(*) Fuente: J. Romero, 2009.

Según Romero (2009) los parámetros para reúso urbano (riego y limpieza) deben encontrarse en los siguientes límites: para coliformes totales de 3 a 2500 NMP/100 mL; la DBO debe estar entre 15 a 60 mg/L, el pH entre 4,5 y 9,0; los sólidos suspendidos totales entre 5 a 90 mg/L, por lo tanto comparando con los parámetros obtenidos en los efluentes tratados en el sistema propuesto, esto se encuentran dentro de los límites, por lo que son aptos para la reutilización en la limpieza en el centro de beneficio.

3.3.4. INDICADORES DE RENDIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE PLANTA

3.3.4.1. Utilización:

Es la que se relaciona con la máxima producción teórica de efluente tratado, tal como se muestra en la ecuación N°16:

$$Utilización = \frac{Producción\ Real}{Capacidad\ Proyectada} \times 100 \quad (\text{Ecuación N° 16})$$

- A) **La producción real:** Se representa por la producción del último año, el cual se calculó teniendo en cuenta que el centro de beneficio trabaja 8 horas diarias:

$$P_{Real} = 8\,311,73 \frac{m^3}{año} \times \frac{1\ año}{12\ meses} \times \frac{1\ mes}{30\ días} \times \frac{1\ día}{8\ horas} = 2,89\ m^3/hora$$

- B) **La capacidad proyectada:** Se representa por la producción del último año proyectado el cual es 2020 (ver tabla N° 25).

$$C_p = 9\,806,11 \frac{m^3}{año} \times \frac{1\ año}{12\ meses} \times \frac{1\ mes}{30\ días} \times \frac{1\ día}{8\ horas} = 3,40\ m^3/hora$$

Por lo tanto reemplazando en la ecuación N° 16:

$$Utilización = \frac{2,89\ m^3/hora}{3,40\ m^3/hora} \times 100$$

$$Utilización = 85,2\%$$

El cual es la máxima producción teórica del sistema de tratamiento de efluentes propuesto.

3.3.4.2. Eficiencia:

Está relacionada con el volumen de efluentes tratados después del balance entre el volumen de los efluentes sin tratar:

$$Eficiencia = \frac{Efluentes\ tratados}{Efluentes\ sin\ tratar} \times 100 \quad (\text{Ecuación N° 17})$$

El caudal de los efluentes tratados que se obtienen en el balance de materia es:

$$Efluentes\ tratados = 26,864 \frac{m^3}{día} \times \frac{1\ día}{8\ horas} = 3,32\ m^3/hora$$

El caudal de efluentes, sin tratar, que ingresa al sistema de tratamiento es:

$$Efluentes\ sin\ tratar = 26,866 \frac{m^3}{día} \times \frac{1\ día}{8\ horas} = 3,39\ m^3/hora$$

Reemplazando en la fórmula N° 11:

$$Eficiencia = \frac{3,32\ m^3/hora}{3,39\ m^3/hora} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 97\ \%$$

Si el caudal que entra al sistema de tratamiento (efluentes sin tratar) es de 3,39 m³/hora y el caudal de salida (efluentes tratados) es de 3,32 m³/hora, la eficiencia de tratamiento del sistema será del 97 %.

3.3.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Para el diseño y dimensionamiento de los equipos del tratamiento propuesto se necesitaron datos como el volumen total del último año proyectado (ver tabla N° 25) y el número de horas diarias de trabajo en el centro de beneficio (8 horas).

3.3.5.1. Diseño del Tratamiento Preliminar.

Es necesaria la instalación de un canal de entrada hacia el tratamiento el cual estará conformado por las rejillas de desbaste grueso y fino. Para el diseño del canal de entrada se utilizó el software Hcanales y algunas especificaciones de acuerdo a la norma peruana OS.090:

- A) **Canal de entrada:** El diseño se realizará en base al caudal máximo horario según la norma, el cual se calculó tomando como dato principal el volumen de efluentes del año 2020 (9 806,11 m³/año).

Tabla N° 33: Caudales mínimos, medios y máximos pronosticados en la centro de beneficio avícola Andy S.R.L.

| Caudales proyectados en el Centro de Beneficio | | | | |
|--|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Caudales | m ³ /mes | m ³ /día | m ³ /h | m ³ /s |
| Caudal mínimo | 808,86 | 26,96 | 3,37 | 0,000936 |
| Caudal promedio | 817,18 | 27,24 | 3,41 | 0,000947 |
| Caudal máximo | 825,53 | 27,52 | 3,44 | 0,001 |

Fuente: Andy S.R.L.

El canal de conducción propuesto es a cielo abierto y sección rectangular del mismo ancho del canal instalado actualmente en el centro de beneficio avícola.

Los datos digitados en el software H canales para el diseño son los siguientes:

- Caudal máximo horario: 0,001 m³/s.
- Coeficiente de rugosidad de Manning (Concreto): 0,016.
- Ancho de solera: 0,30 m (ancho del canal de acuerdo a los sólidos que se puedan generar en el paso por las rejillas de desbaste).

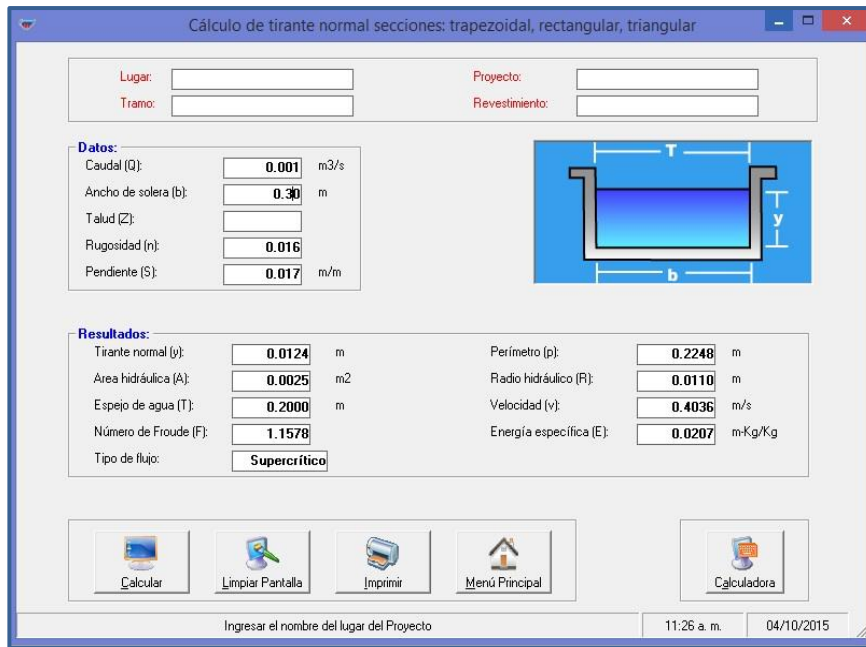


Figura N° 16: Software H canales con vista de los datos ingresados para el diseño del canal de entrada.

Las dimensiones del canal de entrada que nos arroja el software se muestran en la tabla N° 34, además la altura del canal será igual a la instalada en la planta (0,30 m) y la longitud del canal está relacionada con la distancia que tendrá la planta de tratamiento y la planta de beneficiado por lo que se propone una distancia de 10 metros para evitar que el personal del proceso de beneficiado tenga contacto cercano con la PTAR.

Tabla N° 34: Resultados para el diseño del canal de entrada

| Dimensiones del canal de entrada | |
|----------------------------------|-----------------------|
| Ancho del canal | 0,30 m |
| Altura de canal | 0,30 m |
| Tirante normal | 0,0124 m |
| Área Hidráulica | 0,0025 m ² |
| Espejo de agua | 0,20 m |
| Perímetro | 0,2248 m |
| Radio hidráulico | 0,0110 m |
| Velocidad | 0,4036 m/s |

Elaboración: Propia.

- B) Rejas de desbaste:** Para el diseño de las rejas de desbaste grueso y fino se tomaron como referencia las especificaciones técnicas de la norma peruana OS. 090 (ver tabla N° 35) y las ecuaciones de diseño, ambas se muestran a continuación:

Tabla N° 35: Parámetros técnicos para el diseño de rejas gruesas.

| PARÁMETROS DE DISEÑO | UNIDAD | RANGO | RECOMENDADO | |
|--------------------------------|--------|-----------|-------------|-------|
| | | | Gruesos | Finos |
| Espaciamiento entre barras (s) | mm | 20 – 50 | 40 | 20 |
| Espesor de las barras (a) | mm | 5 – 15 | 12 | 12 |
| Velocidad de aproximación | m/s | 0,3 – 0,6 | 0,45 | 0,5 |
| Ángulo de inclinación | grados | 45 – 60 | 45 | 45 |

Fuente: Norma técnica OS.090.

B.1. Cálculo de área libre entre barras (A_L):

$$A_L(m^2) = \frac{Q_{m\acute{a}x.}}{V_{R.L.}} \quad \text{(Ecuación N° 18)}$$

Dónde:

$Q_{m\acute{a}x.}$ = Caudal máximo horario (m^3/s)

$V_{R.L.}$ = Velocidad de rejilla limpia (m/s)

B.2. Tirante del flujo en el canal (h):

$$h(m) = \frac{A_L}{b} \quad \text{(Ecuación N° 19)}$$

Dónde:

A_L = Área libre entre barras (m^2)

b = Ancho del canal de entrada (m).

B.3. Altura de las rejas (H):

$$H(m) = h \times \sin(\alpha) \quad \text{(Ecuación N° 20)}$$

Dónde:

h = Tirante del flujo en el canal (m).

α = Ángulo de inclinación de las rejas.

B.4. Número de barras que conforman las rejillas (N°):

$$N^{\circ} = \frac{b - s}{s + a} \quad \text{(Ecuación N° 21)}$$

Dónde:

b= Ancho de canal de entrada (m).

s= Espaciamiento entre barras (m).

a= Diámetro de barras (m).

Las ecuaciones N° 18, 19, 20 y 21 servirán tanto para el cálculo de las dimensiones de las rejillas de desbaste gruesas y finas.

A continuación en la tabla N° 36, se muestra los resultados del dimensionamiento de las rejillas de desbaste gruesas usando las ecuaciones mostradas anteriormente:

Tabla N° 36: Dimensiones de las rejillas de desbaste grueso.

| Resultados de la aplicación de las ecuaciones de diseño | |
|---|---------------------|
| Cálculos | Resultados |
| <p><i>Cálculo de área libre (A_L):</i></p> $A_L = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$ | 0,02 m ² |
| <p><i>Tirante del flujo en el canal (h):</i></p> $h = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,30 \text{ m}}$ | 0,067 m |
| <p><i>Altura de las rejillas (H):</i></p> $H = 0,067 * \text{sen} (45^{\circ})$ | 0,05 m |
| <p><i>Número de barras (N°):</i></p> $N^{\circ} = \frac{0,30 \text{ m} - 0,040 \text{ m}}{0,040 \text{ m} + 0,012 \text{ m}}$ | 5 unidades |

Fuente: Propia

Mientras que en la tabla N° 37 se muestra los resultados del dimensionamiento de las rejillas de desbaste fino:

Tabla N° 37: Dimensiones de las rejas de desbaste fino.

| Resultados de la aplicación de las ecuaciones de diseño | |
|---|---------------------|
| Cálculos | Resultados |
| <p><i>Cálculo de área libre (A_L):</i></p> $A_L = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$ | 0,02 m ² |
| <p><i>Tirante del flujo en el canal (h):</i></p> $h = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,30 \text{ m}}$ | 0,067 m |
| <p><i>Altura de las rejas (H):</i></p> $H = 0,067 * \text{sen} (45^\circ)$ | 0,05 m |
| <p><i>Número de barras (N°):</i></p> $N^\circ = \frac{0,30 \text{ m} - 0,020 \text{ m}}{0,020 \text{ m} + 0,012 \text{ m}}$ | 9 unidades |

Fuente: Propia

- C) **Trampa de grasas:** Debido a la presencia de grasas producto del proceso de eviscerado, es necesario la instalación de una trampa de grasa, la cual para su diseño, se tomará en cuenta las siguientes especificaciones técnicas tal como se muestra en la tabla N° 38:

Tabla N° 38: Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasas.

| PARÁMETRO | RANGO O VALOR |
|--|---------------|
| Relación largo/ancho. | 2:1 – 3:2 |
| Profundidad del líquido (m). | ≥ 0,80 |
| Altura de la entrada del agua por debajo del nivel del líquido (m). | 0,15 |
| Diferencia entre la tubería de ventilación para la salida del techo (m). | ≥ 0,05 |
| Altura desde la entrada de la tubería de salida y fondo del tanque (m). | 0,075 – 0,15 |
| Distancia entre el nivel del líquido y el techo (m). | ≥ 0,30 |
| Tiempo de retención (min). | 20 – 30 |

Fuente: CEPIS 2003.

Lozano-Rivas W. en su investigación sobre “Tratamiento de aguas residuales” propone los siguientes criterios de diseño basándose en los caudales de entrada y en las especificaciones técnicas mostradas en la tabla anterior, estos criterios se muestran en la tabla N° 39:

Tabla N° 39: Dimensiones recomendadas para trampas de grasa según caudal de diseño

| Rango de caudales (L/s) | Volumen de trampa de grasa (m ³) | Dimensiones estimadas (m) | | |
|-------------------------|--|---------------------------|-----------|-----------|
| | | Profundidad (H) | Ancho (A) | Largo (L) |
| < 1 | 1,80 | 1,5 | 1,00 | 1,20 |
| | | 1,0 | 1,00 | 1,80 |
| 1 a 2 | 3,60 | 1,5 | 1,10 | 2,20 |
| 2 a 3 | 5,40 | 2,0 | 1,13 | 2,40 |
| 3 a 4 | 7,20 | 2,0 | 1,45 | 2,50 |
| 4 a 5 | 8,10 | 2,0 | 1,50 | 2,70 |
| 5 | 9,12 | 2,0 | 1,60 | 2,85 |

Fuente: Lozano-Rivas W. 2012.

Sabiendo que el caudal máximo pronosticado es 0,001 m³/s o 1 L/s (ver tabla N° 33) entonces las dimensiones para el diseño trampa de grasas propuesto son las seleccionadas en la tabla N° 39. En el anexo N° 11, plano N° 02 se muestra el modelo de trampa de grasas que se propone al centro de beneficio avícola.

3.3.5.2. Diseño de medidor de caudal.

El medidor de caudal que se diseñará consiste en un canal Parshall el cual está formado por tres partes principales, la garganta (W) o tramo angosto del canal, la entrada o parte convergente y la salida o parte divergente.

La figura N° 17 muestra un modelo de canal de Parshall, el cual fue establecido dentro de las especificaciones técnicas para canales Parshall industriales, asimismo se indica los parámetros los cuales están señalados con nomenclaturas, que posteriormente serán descritas.

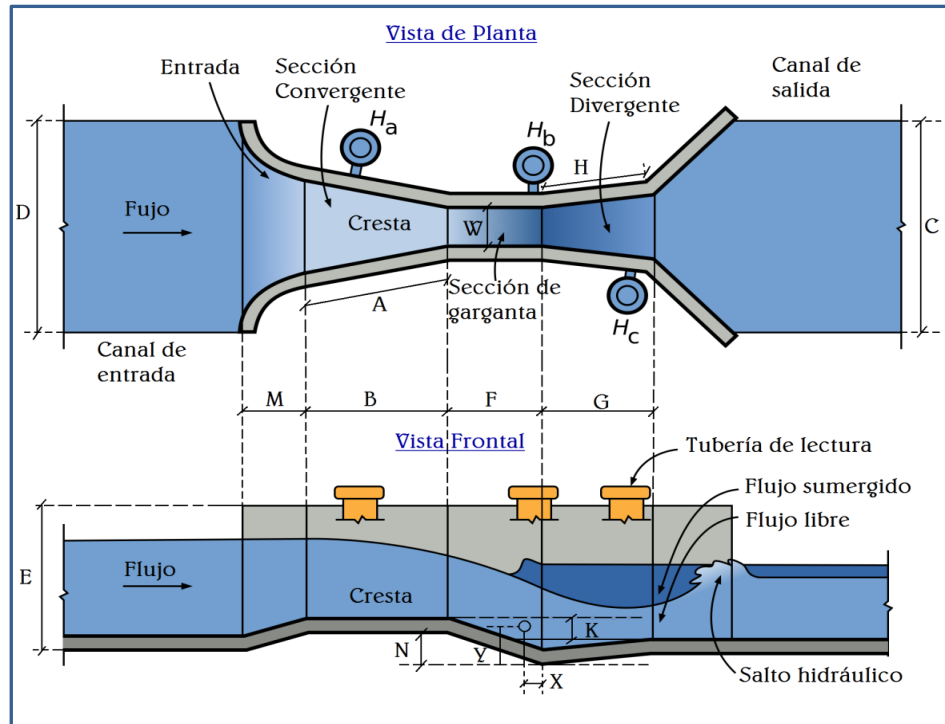


Figura N° 17: Esquema de un canal de Parshall convencional.

Fuente: Pedroza E. 2001.

La imagen muestra el esquema de un canal Parshall convencional detallado desde una vista de planta y una vista frontal, el flujo entra por la sección convergente en la cual se le realiza la primera medición de altura del líquido (H_a), luego pasa por la garganta del canal (W) en la cual fluye a través del desnivel " K " (ver vista frontal) en donde se le realiza una segunda medición de altura (H_b), producto de este desnivel el flujo realiza un salto hidráulico para finalmente realizar una tercera medición (H_c) y fluir hacia la sección divergente y canal de salida. La importancia del canal de Parshall radica en la medición del comportamiento del caudal que entrará al sistema de tratamiento, este comportamiento puede estar representado por la altura o velocidad del líquido pasante.

Las partes que tiene al medidor Parshall se describen a continuación:

Nomenclaturas de las partes del canal:

W: Ancho de la garganta.

A: Longitud de las paredes de la sección convergente.

B: Longitud de la sección convergente

C: Ancho de la salida.

D: Ancho de la entrada de la sección convergente.
E: Profundidad total.
F: Longitud de la garganta.
G: Longitud de la sección divergente.
H: Longitud de las paredes de la sección divergente.
K: Diferencia de elevación entre la salida y la cresta.
M: Longitud de la transición de entrada.
N: Profundidad de la cubeta.
X: Abscisa del punto de medición Hb.
Y: Ordenada del punto de medición.

Para el diseño del canal Parshall del sistema propuesto se hará uso de la tabla de medidas estándar para canales Parshall (tabla N° 40), en el cual se procedió a ubicar en la sección de capacidad, el rango en el cual se ubica el flujo máximo.

Tabla N° 40: Dimensiones típicas de medidores Parshall

| Dimensiones Típicas de Canales Parshall (cm) | | | | | | | | | | | | | Capacidad (L/s) | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-----------------|-------|-------|
| W | A | 2A/3 | B | C | D | E | F | G | K | N | X | Y | Min. | Máx. | |
| 1" | 2,5 | 36,3 | 24,2 | 35,6 | 9,3 | 16,8 | 22,9 | 7,6 | 20,3 | 1,9 | 2,9 | - | - | - | - |
| 3" | 7,6 | 46,6 | 31,1 | 45,7 | 17,8 | 25,9 | 38,1 | 15,2 | 30,5 | 2,5 | 5,7 | 0,176 | 1,547 | 0,85 | 53,8 |
| 6" | 15,2 | 62,3 | 41,5 | 61,0 | 39,1 | 40,3 | 61,0 | 30,5 | 61,0 | 7,6 | 11,4 | 0,381 | 1,580 | 1,42 | 110,4 |
| 9" | 22,9 | 88,1 | 58,7 | 86,4 | 38,1 | 57,5 | 76,2 | 30,5 | 45,7 | 7,6 | 11,4 | 0,535 | 1,530 | 2,55 | 251,9 |
| 1 ft | 30,5 | 137,1 | 91,4 | 134,4 | 61,0 | 84,5 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 0,690 | 1,522 | 3,11 | 455,6 |
| 1,5 ft | 45,7 | 144,8 | 96,5 | 142,0 | 76,2 | 102,6 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 1,054 | 1,538 | 4,25 | 696,2 |
| 2 ft | 61,0 | 152,3 | 101,5 | 149,3 | 91,5 | 120,7 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 1,426 | 1,550 | 11,89 | 936,7 |
| 3 ft | 91,5 | 167,5 | 111,7 | 164,2 | 122,0 | 157,2 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 2,182 | 1,566 | 17,26 | 1 426 |
| 4 ft | 122,0 | 182,8 | 121,9 | 179,2 | 152,5 | 193,8 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 2,935 | 1,578 | 36,79 | 1 922 |
| 5 ft | 152,5 | 198,0 | 132,0 | 194,1 | 183,0 | 230,3 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 3,728 | 1,587 | 45,30 | 2 422 |
| 6 ft | 183,0 | 213,3 | 142,4 | 209,1 | 213,5 | 266,7 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 4,515 | 1,595 | 73,60 | 2 929 |
| 7 ft | 213,5 | 228,6 | 152,4 | 224,0 | 244,0 | 303,0 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 5,306 | 1,601 | 84,95 | 3 440 |
| 8 ft | 244,0 | 244,0 | 162,7 | 239,0 | 274,5 | 340,0 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 | 6,101 | 1,606 | 99,10 | 3 950 |
| 10 ft | 305,0 | 274,5 | 183,0 | 260,8 | 366,0 | 475,9 | 122,0 | 91,5 | 183,0 | 15,3 | 34,3 | - | - | 220,0 | 5 660 |

Fuente: Azevedo y Acosta, 1976.

Sabiendo que el caudal máximo es de 1 L/s, entonces el rango en donde se ubica este caudal está entre 0,85 L/s y 53,8 L/s , por lo que se procedió a seleccionar las dimensiones del canal Parshall para el sistema de tratamiento propuesto, dimensiones que se muestran a continuación en la tabla N° 41:

Tabla N° 41: Dimensiones finales de Canal de Parshall propuesto.

| Dimensiones del Canal Parshall (cm) | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|-------|
| W | A | 2A/3 | B | C | D | E | F | G | K | N | A | N |
| 3" | 46,6 | 31,1 | 45,7 | 17,8 | 25,9 | 38,1 | 15,2 | 30,5 | 2,5 | 5,7 | 0,176 | 1,547 |

Fuente: Azevedo y Acosta, 1976.

3.3.5.3. Diseño del tratamiento primario.

El sedimentador primario que se propone tendrá forma circular y las dimensiones están regidas en base a algunos criterios de diseño para tanques de sedimentación primaria mostrados en la tabla N°42.

Tabla N° 42: Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

| Parámetros | Intervalo | Típico |
|--|-----------|--------|
| Sedimentación primaria seguida de tratamiento secundario | | |
| Tiempo de retención, en h | 1,5 – 2,5 | 2 |
| Carga superficial, en m ³ /m ² *día | | |
| - A caudal mínimo | 5 – 10 | 7 |
| - A caudal medio | 30 – 50 | 40 |
| - A caudal punta | 80 – 120 | 100 |
| Carga sobre vertedero, m ³ /m* día | 125 – 500 | 250 |
| Sedimentación primaria con adición de Iodo activado en exceso | | |
| Tiempo de retención, en h | 2,5 – 6,5 | 4 |
| Carga superficial, en m ³ /m ² *día | | |
| - A caudal mínimo | 3 – 9 | 5 |
| - A caudal medio | 24 – 32 | 28 |
| - A caudal punta | 48 – 70 | 60 |
| Carga sobre vertedero, m ³ /m* día | 125 – 500 | 250 |

Fuente: Metcalf y Eddy (1991).

Los cálculos de las dimensiones se muestran a continuación:

Si se conoce que la sedimentación primaria irá precedida de un tratamiento por lodos activados se seleccionó los datos típicos

mostrados en la tabla N° 42 para este tipo de sedimentadores, además se sabe que el caudal total $Q = 27,52 \text{ m}^3/\text{día}$ (tabla N° 33) y el tiempo de retención $t = 2 \text{ horas}$

a) **Volumen del tanque (V):**

$$V = \text{Caudal diario (h)} \times \text{tiempo de retención(h)} \quad \text{(Ecuación N° 22)}$$

$$V = 27,52 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 2 \text{ h} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}}$$

$$V = 6,88 \text{ m}^3$$

b) **Área Superficial (A):**

$$A = \frac{\text{Caudal diario}}{\text{Carga superficial}} \quad \text{(Ecuación N° 23)}$$

$$A = \frac{27,52 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{7,0 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}}$$

$$A = 3,93 \text{ m}^2$$

c) **Diámetro del Sedimentador (D):**

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{(Ecuación N° 24)}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3,931 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 2,24 \text{ m}$$

d) **Altura del sedimentador (H):**

Se calculó la altura a partir de la ecuación del volumen:

$$V = \pi r^2 * H \quad \text{(Ecuación N° 25)}$$

$$6,88 \text{ m}^3 = \pi (1,12)^2 \times H$$

$$H = 1,80 \text{ m}$$

Finalmente las dimensiones para diseño del sedimentador primario se muestran en la tabla N° 43:

Tabla N° 43: Dimensiones de sedimentador primario

| DIMENSIONES | DATOS |
|----------------------|---------------------|
| Volumen (V) | 6,88 m ³ |
| Área Superficial (A) | 3,93 m ² |
| Diámetro (D) | 2,24 m |
| Altura (H) | 1,80 m |

Elaboración: Propia

3.3.5.4. Diseño del tratamiento secundario.

Primero se procedió a calcular las dimensiones del tanque de aireación o reactor biológico, se debe señalar también que algunos parámetros fueron hallados en el apartado 3.3.2.4 (Balance de materia en tratamiento secundario).

- A) **Diseño del reactor aerobio:** El diseño del reactor biológico propuesto será de forma rectangular debido a que se necesitan suministradores de oxígeno, por lo que, en un reactor de forma rectangular será fácil la instalación de estos inyectores de aire.

Tabla N° 44: Parámetros del reactor aerobio propuesto.

| Parámetros para reactor biológico | |
|---|----------------------|
| Edad de lodo, en días | 10 |
| Coefficiente de crecimiento bacteriano | 0,6 |
| Concentración de SS inicial, en kg/m ³ | 0,1853 |
| Concentración de SSTA, en kg/m ³ | 3,5 |
| Coefficiente de eliminación de bacterias, d ⁻¹ | 0,06 |
| Tiempo de retención, en horas | 4 |
| Volumen del reactor | 13,43 m ³ |

Elaboración: Propia

Los parámetros edad de lodo, tiempo de retención y concentración de SSLM en el reactor son valores recomendados por la norma peruana OS.090, mientras que el cálculo del volumen se hizo a partir de la ecuación N° 10 del apartado 3.3.2.4. Con este volumen se procede a diseñar las dimensiones de altura, largo y ancho del reactor aerobio propuesto las cuales

fueron distribuidas de la siguiente manera: si la relación largo-ancho es: 1,3:1, entonces las dimensiones del reactor se muestra en la tabla N° 45:

Tabla N° 45: Dimensiones del reactor aerobio propuesto.

| DIMENSIONES | DATOS |
|-------------|---------------------|
| Largo (L) | 2,75 m |
| Ancho (a) | 2,13 m |
| Altura (H) | 2,30 m |
| Área (A) | 5,85 m ² |

Elaboración: Propia

Para tener una visión de las dimensiones, éstas se muestran en el anexo N° 11- plano N° 04.

B) Diseño del sedimentador secundario: Los cálculos de las dimensiones se muestran a continuación y el diseño en el anexo N° 11- plano N° 05. Se usaron las ecuaciones N° 22, 23, 24 y 25:

a) **Caudal máximo diario (Q):**

$$Q = 27,52 \text{ m}^3/\text{día}$$

b) **Tiempo de retención (t):** 4 horas (Ver tabla N° 42).

c) **Volumen del tanque sedimentador secundario (V):**

$$V = \text{Caudal diario (h)} \times \text{tiempo de retención (h)}$$

$$V = 27,52 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 4 \text{ h} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}}$$

$$V = 13,80 \text{ m}^3$$

d) **Área Superficial (A):**

$$A = \frac{\text{Caudal diario}}{\text{Carga superficial}}$$

$$A = \frac{27,52 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{5,0 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}}$$

$$A = 5,504 \text{ m}^2$$

e) **Diámetro del Sedimentador secundario (D):**

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 5,504 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$D = 2,70 \text{ m}$$

f) **Altura del sedimentador secundario (H):**

Se calculó la altura a partir de la ecuación del volumen:

$$V = \pi r^2 * H$$

$$13,80 \text{ m}^3 = \pi (1,35)^2 \times H$$

$$H = 2,40 \text{ m}$$

Por lo tanto las dimensiones del sedimentador secundarios se muestran en la tabla N° 46:

Tabla N° 46: Dimensiones del sedimentador secundario.

| DIMENSIONES | DATOS |
|----------------------|----------------------|
| Volumen (V) | 13,80 m ³ |
| Área Superficial (A) | 5,504 m ² |
| Diámetro (D) | 2,70 m |
| Altura (H) | 2,40 m |

Elaboración: Propia

C) Tanque de almacenamiento de lodos: El sistema requiere un tanque para almacenar tanto los lodos generados en el sedimentador primario como en el secundario, estos lodos se almacenarán por una semana, tiempo dispuesto por la empresa encargada de llevarlos para su posterior tratamiento o disposición.

Se sabe que en el tratamiento primario se generan 7,46 kg/día de lodos y en el tratamiento secundario unos 4,70 kg/día, siendo un total de 12,16 kg/día. Entonces sabiendo que la densidad de los

Iodos es de 1030 kg/m^3 , el volumen diario generado es de $0,0118 \text{ m}^3$ o su equivalente en 11,8 litros por día, siendo una cantidad a la semana de 82,6 litros.

Considerando un margen del 20% del volumen del tanque, superior al real, se procede a realizar el diseño correspondiente:

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = \text{Volumen real} \times 1,2$$

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = 86,2 \text{ L} \times 1,2$$

$$\text{Volumen del tanque de lodos} = 103,44 \text{ L.}$$

Siendo las dimensiones: 0,50 m de alto, 0,60 de largo y 0,40 de ancho.

3.3.5.5. Selección del equipo de aireación.

Los sistemas de suministro de aire se seleccionan en función de los requerimientos de oxígeno.

Los equipos de aireación pretenden suministrar el oxígeno requerido para la estabilización en sistemas aerobios, sabiendo que el requerimiento de oxígeno, para el reactor aerobio, calculado a partir de la ecuación N° 08 es:

$$O_2 \text{ Requerido} = 5,842 \frac{\text{kg}O_2}{\text{día}}$$

Entonces se procedió a calcular la cantidad de aire que debe ser suministrada en el reactor:

Sabiendo que la densidad del aire a condiciones normales es de $1,21 \text{ kg/m}^3$, y el porcentaje de oxígeno es 21% entonces:

$$\text{Cantidad de Aire necesario} = \frac{\text{Oxígeno requerido}}{\text{densidad de aire} \times 0,21} \text{ (Ecuación N° 26)}$$

$$\text{Cantidad de Aire necesario} = \frac{5,842 \text{ kg}O_2/\text{día}}{1,21 \text{ kg/m}^3 \times 0,21}$$

$$\text{Cantidad de Aire necesario} = 22,9 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

22,9 m³/día es el volumen de aire necesario que se necesita inyectar en el reactor biológico para llevar a cabo la reacción aerobia de lodos activados.

Para este proyecto, el equipo de aireación propuesto, es un soplador de lóbulos rotativo de desplazamiento positivo (ver figura N° 18).

Estos sopladores se basan en la compresión externa, de modo que el aire es comprimido por la contrapresión del sistema, ofrecen la ventaja de que sus costos iniciales de inversión de capital son bajos pero tienen una eficiencia limitada, sus características y medidas están mostradas en el anexo N° 09.



Figura N° 18: Soplador de lóbulos rotativo.

Fuente: REPICKY

- A) **Aireación por difusión (Difusores):** Consiste en la inyección de aire por debajo de la superficie del líquido, está conformado por dispositivos de aireación típicamente en forma de disco, tubo o placa, llamados difusores, los cuales transfieren aire en forma de burbujas finas. El oxígeno contenido en estas burbujas se diluye en el agua, ayudando a los microorganismos en la descomposición de los contaminantes orgánicos.

Para tratamiento de aguas en sistemas con lodos activados se recomienda el uso de difusores porosos o de membrana, pues cuentan con membranas perforadas de plástico flexible, fabricados en material cerámico, lo que hace ventajosa su duración con respecto a los difusores mecánicos. En la figura N° 19 se puede apreciar un difusor convencional utilizado en tratamiento por lodos activados y en el anexo N° 11- plano N° 04 la ubicación en el reactor:



Figura N° 19: Difusores convencionales para lodos activados
Fuente: REPICKY

3.3.5.6. Diseño del Tratamiento Terciario

Finalmente, para garantizar la calidad del agua regenerada a reutilizar, se pasa a realizar el diseño del tratamiento por cloración. Las características a tener en cuenta para la elección de un buen mecanismo de desinfección son:

- **Eficiencia:** Debe ser capaz de desinfectar en la medida que se necesita (una menor eficiencia en la desinfección no sería aceptable).
- **Asequible económicamente:** No es viable la utilización la utilización de un método excesivamente caro de desinfección.
- **Disponibilidad:** El suministro y almacenamiento deben estar garantizados.
- **Ausencia de Subproductos:** No debe dejar en el agua características no deseadas (olores por ejemplo).

El diseño propuesto para este mecanismo de desinfección debe constar de dos partes principales: la cámara de cloración (serpentín) y el dispensador de Hipoclorito de Sodio.

- A) **Diseño de cámara de contacto:** Esta cámara tiene por finalidad promover el tiempo de contacto necesario para permitir la acción bactericida del Hipoclorito de Sodio con un máximo de eficiencia, para esto debe poseer en su interior separaciones de concreto (baffles) los cuales favorecen a la mezcla a través de un movimiento en forma de serpentín y aumentar así el tiempo de contacto entre el Hipoclorito de Sodio y el agua.

Las dimensiones propuestas para la cámara de contacto de acuerdo al tiempo de retención y la dosis de Hipoclorito de Sodio especificados en el apartado 3.3.2.5 (Balance en el proceso de desinfección por cloración) son las siguientes:

La relación largo- ancho de canal (ancho entre baffles) es de 12:1, la cual permite alcanzar el máximo rendimiento hidráulico (ver figura N° 20). Las dimensiones propuestas para la cámara de desinfección se muestran en la tabla N° 47:

Tabla N° 47: Dimensiones de la cámara de contacto.

| DIMENSIONES | DATOS |
|-------------------------|------------|
| Largo (L) | 6,00 m |
| Ancho entre baffles (A) | 0,50 m |
| Ancho de cámara (Ac) | 3,00 m |
| Velocidad (v) | 2,00 m/min |
| Altura (H) | 1,00 m |
| PARÁMETRO | DATOS |
| Dosis de NaClO | 5,5 mg/L |
| Tiempo de contacto | 40 min |

Elaboración: Propia

Estas dimensiones fueron calculadas a partir de la referencia científica sobre desinfección de aguas residuales avícolas.

El diseño de la cámara de contacto se muestra en la figura N° 20, señalando el espesor de las paredes y de los baffles, los cuales serán de concreto.

El número de baffles está relacionado con el largo de la cámara dividiendo entre el ancho del canal por lo que se deberá tener en cuenta los espesores de los baffles al momento de su construcción.

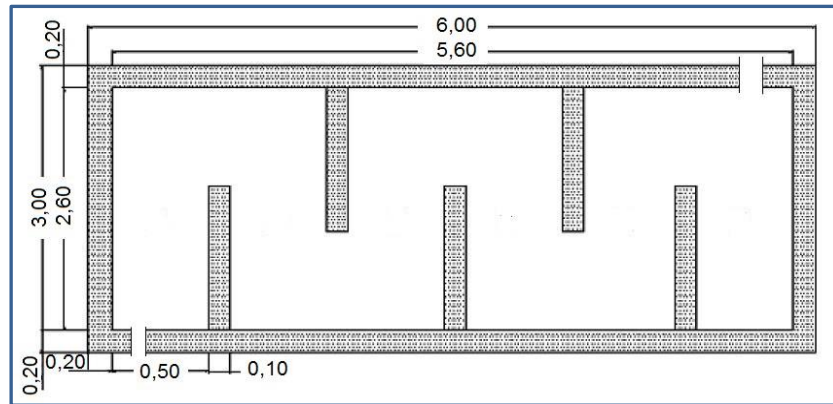


Figura N° 20: Dimensiones referenciales de cámara de contacto.

Fuente: Gutiérrez et al. 2012.

- B) Dispensador de Hipoclorito de Sodio (NaClO):** El diseño del dispensador del desinfectante propuesto para este caso será un tanque de plástico elevado circular de 200 L con una válvula de salida que dispensa Hipoclorito de Sodio en la superficie del agua a través de una tubería tipo difusor tal como se muestra en la figura N° 21:

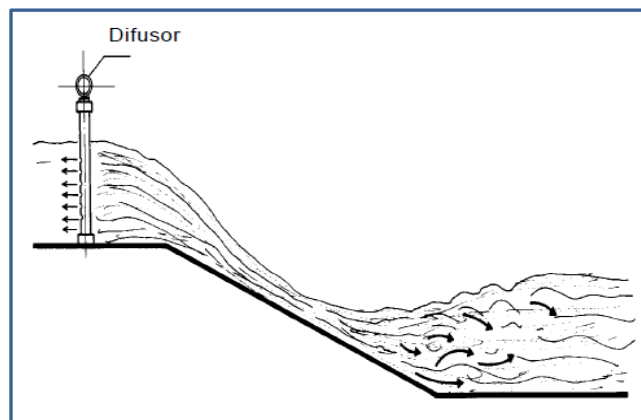


Figura N° 21: Ubicación de dispensador de Hipoclorito de Sodio.

Fuente: CEPIS 2004.

Normalmente los dispensadores están diseñados para tiempo de contacto de 20 a 30 minutos y deben estar ubicados en la entrada de la cámara de contacto seguido de un resalto hidráulico para facilitar la mezcla tal como se mostró en la figura N° 21.

Tanto la cámara de contacto como el dispensador se muestran en el anexo N°11 – plano N° 06.

3.3.6. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA. METODO GUERCHET

Con las dimensiones calculadas de todos los equipos de tratamiento se halló, a partir de tres superficies principales, el área total que ocupará toda la planta de tratamiento, para esto se hará uso del método Guerchet ayudando a determinar de manera general las áreas principales para los equipos de tratamiento de efluentes propuesto:

- **Superficie estática (S_s):** Esta es la superficie productiva, es decir el área que ocupan físicamente los equipos, maquinas e instalaciones.

$$S_s = A \times L \quad \text{(Ecuación N° 27)}$$

- **Superficie de gravitación (S_g):** Es la superficie utilizada por los operarios que laboran en la planta de tratamiento. Esta superficie se obtiene multiplicando la superficie estática por el número de lados (N) de cada equipo utilizado.

$$S_g = S_s \times N \quad \text{(Ecuación N° 28)}$$

- **Superficie de evolución (S_e):** Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y paso de los caudales.

$$S_e = k \times (S_s + S_g) \quad \text{(Ecuación N° 29)}$$

Donde “k” es una constante propia del proceso determinada a partir de la altura promedio de los elementos que se desplazan entre el doble de la altura promedio de los elementos que permanecen fijos.

- **Superficie total (S_t):** Es la suma de las tres superficies antes mencionadas teniendo en cuenta todos los puestos involucrados en la planta de tratamiento.

$$S_t = S_s + S_g + S_e \quad \text{(Ecuación N° 30)}$$

Tabla N° 48: Método de Guerchet para la instalación del sistema de tratamiento de efluentes en el centro de beneficio avícola.

| Elemento | Equipo | Unidades (n) | Dimensiones | | | N (lados) | K | Ss | Sg | Se | Stotal |
|--------------|--|--------------|-------------|-------|-------|-----------|--------------|-------|-------|-----------------------------|--------|
| | | | L (m) | A (m) | H (m) | | | | | | |
| Estacionario | Canal de entrada (incluye el desbaste) | 2 | 10,00 | 0,30 | 0,30 | 2 | 0,9 | 3 | 6,00 | 8,10 | 34,20 |
| | Trampa de grasas | 1 | 2,20 | 1,10 | 1,30 | 2 | 0,9 | 2,42 | 4,84 | 6,53 | 13,79 |
| | Medidor Parshall | 1 | 1,32 | 0,47 | 0,39 | 2 | 0,9 | 0,62 | 1,24 | 1,68 | 3,54 |
| | Sedimentador primario | 1 | 2,24 | 2,24 | 1,80 | 3 | 1,5 | 5,02 | 15,05 | 30,11 | 50,18 |
| | Reactor | 1 | 2,75 | 2,13 | 2,30 | 3 | 1,5 | 5,86 | 17,57 | 35,15 | 58,58 |
| | Sedimentador secundario | 1 | 2,70 | 2,70 | 2,40 | 3 | 1,5 | 7,29 | 21,87 | 43,74 | 72,90 |
| | Tanque de lodos | 1 | 0,60 | 0,40 | 0,50 | 3 | 0,9 | 0,24 | 0,72 | 0,86 | 1,82 |
| | Equipo de aireación | 1 | 0,80 | 0,50 | 0,50 | 3 | 1,5 | 0,40 | 1,20 | 2,40 | 4,00 |
| | Cámara de cloración | 1 | 6,00 | 3,00 | 1,00 | 3 | 1,5 | 18,00 | 54,00 | 108,0 | 180,00 |
| | Dispensador de Cloro | 1 | 1,20 | 1,20 | 0,60 | 2 | 0,9 | 1,44 | 2,88 | 3,89 | 8,21 |
| | Tanques repartidores | 2 | 1,80 | 1,80 | 2,00 | 2 | 0,9 | 3,24 | 6,48 | 8,75 | 36,94 |
| Bombas | 5 | 0,50 | 0,40 | 0,60 | 2 | 0,5 | 0,20 | 0,40 | 0,30 | 4,50 | |
| Móvil | Operarios | 3 | - | - | - | - | - | 0,50 | - | - | 1,50 |
| | | | | | | | TOTAL | | | 470,15 m² | |

Fuente: Propia.

Como se observa a través del método de Guerchet se puede conocer el área total para la instalación de los equipos de tratamiento de aguas, el área total es de 470,15 m² tal como se observa en la tabla N° 48, por lo que es posible la instalación ya que el área disponible con la que cuenta la empresa es 960 m². El área sobrante puede ser utilizada como almacén de insumos, materiales, repuestos y una posible ampliación. Para una mejor visión del diseño del sistema de tratamiento propuesto en el centro de beneficio, la distribución de este sistema se muestra en el anexo N° 11- plano N° 07.

3.3.7. POSIBLES IMPACTOS GENERADOS POR RESIDUOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Es de suma importancia mencionar que en todo tratamiento de aguas residuales se generan residuos, producto de los pre tratamientos y sedimentaciones, el sistema propuesto en el centro de beneficio avícola no será ajena a esta realidad, pues diariamente se podrían generar residuos que pueden generar impactos, lo cual es necesario mencionar estos residuos y hacer propuestas de disposición final tal como se muestra en la tabla N° 49:

Tabla N° 49: Impactos disposición final de residuos generados en la planta de tratamiento de efluentes

| Etapa | Residuos e impactos | Propuesta de disposición final |
|--------------------------------------|---|---|
| Rejas de desbaste y trampa de grasas | - Visceras, plumas y grasas: podrían generar acumulación de sólidos y atoros en el canal de entrada y rejillas de desbaste. | La disposición final podría ser manejada por la misma empresa encargada de transportar las vísceras y plumas generadas en el proceso de beneficiado avícola. |
| Sedimentación primaria y secundaria | - Lodos: podrían generar malos olores producidos por la falta de oxígeno en el tanque de recepción de lodos, ocasionando malestar a los trabajadores de empresa. - Olores: propios de la sedimentación, se podría dar por el tiempo en que estarían los efluentes en los tanques sedimentadores. | - Se podría implementar un lecho de secado de lodos, aprovechando el clima tropical y la velocidad del viento de la Región. Los lodos ya secos se utilizarían en agricultura o áreas verdes. - La velocidad del viento también se podría aprovechar para la eliminación de olores. |
| Digestión aerobia (reactor) | - Gases: se podría llegar a producir gases, entre los cuales se encontraría en biogás formado fundamentalmente por metano y dióxido de carbono. | - Se podría aprovechar el biogás como combustible para la generación de energía térmica y/o eléctrica beneficiando a la empresa la cual podría comercializar este gas generando ingresos económicos. |

Elaboración: Propia.

3.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROPUESTO

En la actualidad resulta de suma importancia evaluar los proyectos sobre tratamiento de aguas residuales, no solo desde el punto de vista económico-financiero, sino también desde el plano medio ambiental, logrando así un desarrollo verdaderamente bueno y sostenible.

Es por ello que este proyecto propuesto al centro de beneficio avícola Andy S.R.L., tendrá la capacidad de tratar aguas residuales con un caudal máximo de 27,52 m³/día, lo cual permitirá la minimización de la contaminación ocasionada por los continuos colapsos en la redes de alcantarillado debido a las elevadas cargas con las que son vertidas a las redes ocasionando pérdidas económicas por el servicio de desatoro de desagües, seguido de las continuas multas por los entes reguladores y el elevado consumo de agua potable para la limpieza de sus instalaciones.

3.4.1. COSTOS DE INVERSIÓN

La determinación de la inversión se realizó considerando tres aspectos muy importantes los cuales son:

- La inversión fija o tangible conformada por los costos de maquinarias y equipos de la planta, el costo del terreno (para este caso no se considera debido a que la empresa cuenta con área disponible para la instalación), construcciones u obras civiles, el personal que laborará en la planta y los accesorios para la instalación.
- La inversión intangible conformada por los gastos de la empresa y la puesta en marcha de la planta.
- Y por último el capital de trabajo que es el dinero con que se cuenta para la inversión.

3.4.1.1. Inversiones Tangibles:

Entre los costos de inversión tangible se encuentran los costos por las obras civiles realizadas antes de realizar la implementación de la planta de tratamiento, ya que se deben realizar los estudios respectivos del terreno, lo cual garantiza el óptimo funcionamiento de la planta.

Las principales obras de ingeniería civil que se necesitan realizar para la instalación de la planta son:

- Trabajos preliminares: como limpieza y nivelación del terreno, trazo y el replanteo de obra.

- Movimientos de tierras: excavación manual y mecánica del terreno, el relleno y compactación con material de préstamo.
- Obras de concreto: se utiliza el concreto simple y F' C (esfuerzo de compresión) igual a 100 y 280 kg/cm².
- Estructuras metálicas y otros: conformado por la construcción de rejillas metálicas, juntas en el canal de entrada, suministro e instalación de válvulas de control para las tuberías de los caudales, las bombas para la extracción de lodos primarios y secundarios y las estructuras de seguridad tales como barandas y escaleras metálicas.

Para la estimación de estos costos se consultó proyectos en los que se hacía uso de un tratamiento de aguas residuales a través de lodos activados por lo que se obtiene:

Tabla N° 50: Inversión trabajos preliminares para la Planta de Tratamiento.

| OBRAS PRELIMINARES | | | | |
|--|----------------|----------------|--------------------|-------------------|
| Descripción de recurso | Unidad | Metrado | Precio (\$) | Total (\$) |
| Trabajos Provisionales | | | | 812,50 |
| - Cartel de identificación de obra | Unid. | 1 | 62,50 | 62,50 |
| - Caseta y almacén general | Unid. | 1 | 468,75 | 468,75 |
| - Señalización y protección de obra | - | 1 | 281,25 | 281,25 |
| Trabajos Preliminares | | | | 883,20 |
| - Desbroce y eliminación de maleza | m ² | 960 | 0,36 | 345,60 |
| - Trazo, nivelación y replanteo | m ² | 960 | 0,56 | 537,60 |
| Movimiento de Tierras | | | | 11 174,18 |
| - Excavación en terreno normal | m ³ | 480,61 | 3,95 | 1898,41 |
| - Relleno y compactación con material de préstamo. | m ³ | 480,61 | 18,74 | 9006,63 |
| - Nivelación en zona de corte | m ² | 480,61 | 0,56 | 269,14 |
| TOTAL | | | | 12 869,88 |

Fuente: IPES 2008

Tabla N° 51: Inversión en obras de concreto para la planta de tratamiento.

| OBRAS DE CONCRETO | | | | |
|---|----------------|---------|-------------|-----------------|
| Descripción de recurso | Unidad | Metrado | Precio (\$) | Total (\$) |
| Canal de Entrada | | | | 302,37 |
| - Excavación manual en T.N. | m ³ | 1,35 | 11,68 | 15,77 |
| - Concreto F'C=100 kg/cm ² para solado | m ³ | 0,45 | 98,47 | 44,31 |
| - Concreto F'C=280 kg/cm ² con cemento Portland tipo V | m ³ | 0,75 | 157,42 | 118,07 |
| - Encofrado y Desencofrado | m ² | 3,00 | 5,35 | 16,05 |
| - Acero Estructural | Kg | 42,54 | 1,47 | 62,54 |
| - Tarrajeo con impermeabilizante, espesor 0,015 m. | m ² | 3,42 | 13,34 | 45,63 |
| Cámara de Rejas de Desbaste | | | | 375,41 |
| - Rejas de fierro galvanizado | Unid. | 2 | 21,88 | 43,76 |
| - Plataforma de drenaje | Unid | 1 | 34,38 | 34,38 |
| - Excavación manual | m ³ | 0,53 | 11,68 | 6,19 |
| - Concreto F'C=100 kg/cm ² para solado | m ³ | 0,12 | 98,47 | 11,81 |
| - Concreto F'C=280 kg/cm ² con cemento Portland tipo V | m ³ | 0,72 | 157,42 | 113,34 |
| - Encofrado y Desencofrado | m ² | 4,49 | 5,35 | 24,02 |
| - Acero Estructural | Kg | 44,54 | 1,47 | 65,47 |
| - Tarrajeo con impermeabilizante, espesor 0,015 m. | m ² | 5,73 | 13,34 | 76,44 |
| Medidor Parshall | | | | 481,77 |
| - Excavación manual en T.N. | m ³ | 1,58 | 11,68 | 18,45 |
| - Concreto F'C=100 kg/cm ² para solado | m ³ | 0,43 | 98,47 | 42,34 |
| - Concreto F'C=280 kg/cm ² con cemento Portland tipo V | m ³ | 1,10 | 157,42 | 173,16 |
| - Encofrado y Desencofrado | m ² | 7,47 | 5,35 | 39,96 |
| - Acero Estructural | kg | 61,27 | 1,47 | 90,07 |
| - Tarrajeo con impermeabilizante, espesor 0,015 m. | m ² | 8,83 | 13,34 | 117,79 |
| TOTAL | | | | 1 159,55 |

Fuente: IPES 2008

La tabla N° 50 muestra las obras que se realizarán en el terreno disponible de 960 m² (Ver Anexo N° 01) como movimiento de tierra, excavaciones y nivelado de terreno. De igual manera en la tabla N° 51 se muestra las obras de concreto que se deberán realizar una vez preparado el terreno, aquí se encuentran el canal de entrada, la cámara para rejas de desbaste y el canal Parshall.

A continuación en la tabla N° 52 se muestra las características y costos de inversión de los equipos necesarios la planta de tratamiento de efluentes.

Tabla N° 52: Costos de Inversión de equipos y máquinas.

| INVERSIONES EN EQUIPOS Y MAQUINAS | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------------|------------------|
| Equipos | Cantidad | Unidades | Costo Unit (\$) | Costo Total (\$) |
| Trampa de grasas | 1 | Unid. | 800.00 | 800.00 |
| Sedimentador primario | 1 | Unid. | 3437.50 | 3 437.50 |
| Reactor | 1 | Unid. | 3906,25 | 3 906,25 |
| Sedimentador secundario | 1 | Unid. | 4687,50 | 4 687,50 |
| Tanque de lodos | 1 | Unid. | 937,50 | 937,50 |
| Equipo de aireación | 1 | Unid. | 1500.00 | 1 500.00 |
| Cámara de cloración | 1 | Unid. | 3500.00 | 3 500.00 |
| Dispensador de cloro | 1 | Unid. | 900.00 | 900.00 |
| Bombas 1 HP | 5 | Unid. | 250.00 | 1 250.00 |
| Tuberías y accesorios | - | - | 1500.00 | 1 500.00 |
| TOTAL | | | | 22 418.75 |

Fuente: Propia

Como se observa en esta tabla se encuentran incluidos los costos de los accesorios que se utilizarán en la implementación de la plana de tratamiento tales como válvulas, tuberías, entre otros, además de las bombas de succión de lodos, conducción de lodos hacia tanque, y otras necesarias para la conducción del agua tratada.

Cabe mencionar que las tuberías de a utilizar son de material PVC las cuales son recomendadas por la norma OS. 090 y que tienen la capacidad de fluir fácilmente los lodos desechados. Esto se debe a que las tuberías y conexiones cuentan con una superficie bastante lisa, lo cual impide que se generen obstrucciones o atascamientos.

Además el material PVC es comúnmente utilizado en la mayoría de sistemas hidráulicos relacionados a la conducción de aguas tratadas debido a que está libre de oxidaciones y corrosiones.

La tabla N° 53 describe las características de las tuberías y accesorios que serán utilizadas en la implementación del sistema de tratamiento cuyas especificaciones fueron tomadas de acuerdo al caudal máximo y algunas recomendaciones en investigaciones estudiadas.

Tabla N° 53: Accesorios para el tratamiento de aguas residuales.

| ACCESORIOS | CANTIDAD | ESPECIFICACIONES | COSTO UNIT (\$) | COSTO TOTAL (\$) |
|---------------------|----------|------------------|-----------------|------------------|
| Tuberías PVC | 30 | Ø = 2" | 12.00 | 360.00 |
| Válvula de diágrama | 5 | Ø = 2" | 70.00 | 350.00 |
| Válvulas Check | 3 | Ø = 2" | 50.00 | 150.00 |
| Válvulas esféricas | 4 | Ø = 2" | 35.00 | 140.00 |
| Conductos varios | 10 | Ø = 2 1/2" | 40.00 | 400.00 |
| Codos | 10 | Ø = 2" | 6.00 | 60.00 |
| Tee's | 6 | Ø = 2" | 6.50 | 40.00 |
| TOTAL | | | | 1 500.00 |

Fuente: Propia

3.4.1.2. Inversiones Intangibles:

Estas inversiones son los bienes necesarios para el funcionamiento del sistema de tratamiento de efluentes propuesto a la empresa, a continuación en la tabla N° 54 se detalla la inversión intangible la cual es, para el caso de este proyecto, los costos que se incurren en los estudios de ingeniería y técnicos realizados, los costos por el entrenamiento del personal que laborará en la planta, las asesorías técnicas entre otros gastos.

Tabla N° 54: Inversiones intangibles para la planta de tratamiento.

| INVERSIONES INTANGIBLES | |
|--|-----------------|
| DESCRIPCIÓN | COSTOS (\$) |
| Estudios y proyección de ingeniería | 2 200.00 |
| Gastos de entrenamiento de personal | 500.00 |
| Asesoría técnica | 600.00 |
| Gastos de preparación o puesta en marcha | 1 000.00 |
| TOTAL | 4 300.00 |

Fuente: Propia.

3.4.1.3. Capital de Trabajo:

El capital de trabajo es el dinero circulante que facilitará la operatividad normal de la infraestructura productiva del proyecto. Para el cálculo del monto de capital de trabajo se considera los costos variables y los costos fijos tal como se muestra en la tabla N° 55:

Tabla N° 55: Capital de trabajo.

| DESCRIPCIÓN | COSTOS (\$) |
|----------------------|-----------------|
| Comunicaciones | 200.00 |
| Servicios de energía | 500.00 |
| Costos de materiales | 250.00 |
| Capacitaciones | 300.00 |
| TOTAL | 1 250.00 |

Fuente: Propia

Por lo tanto la inversión requerida para llevar a cabo el presente proyecto se muestra en la tabla N° 56 la cual asciende a la suma de US \$ 44 098.09, calculados a partir de la suma de las inversiones tangibles (costo por obras civiles más el costo de equipos y maquinaria), las inversiones intangibles y el capital de trabajo.

Tabla N° 56: Inversión total para la planta de tratamiento.

| INVERSIÓN TOTAL (\$) | |
|-----------------------------|------------------|
| Inversión Tangible | 36 448,18 |
| - Obras Preliminares | 12 869,88 |
| - Obras de Concreto | 1 159,55 |
| - Equipos y Máquinas | 22 418,75 |
| Inversión Intangible | 4 300,00 |
| Capital de Trabajo | 1 250,00 |
| Imprevistos (5%) | 2 099.91 |
| TOTAL | 44 098,09 |

Fuente: Propia

3.4.1.4. Gastos administrativos para la implementación de la planta:

Son los costos en que se incurren para mantener el ritmo operativo y administrativo de la planta de tratamiento de aguas residuales generadas en el centro de beneficio avícola.

- A) **Descripción de áreas y puestos:** La planta de tratamiento necesitará de personal calificado para que sea gestionada de manera eficiente por lo que es necesario que cuente con un jefe de planta, el cual se encargará de medir la calidad del agua tratada constantemente, dirigir al operario en las labores de manejo de equipos e informar al gerente sobre los costos que se manejarán en la empresa.

Es necesario también que se cuente con un operario técnico encargado de las labores de mantenimiento de los equipos y maquinaria operativa.

Por último tendrá un operario encargado de poner en marcha los diversos equipos y controlar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento.

- B) **Salarios y sueldos:** En la tabla N° 57 se muestra el sueldo que se le asignará a cada trabajador anualmente, considerando un 51% de beneficios de acuerdo a ley, los cuales incluyen lo siguiente: vacaciones de 30 días, gratificaciones, CTS y utilidades del 5%. Cabe resaltar que el sueldo del operario será el mínimo de acuerdo a ley, mientras que para el jefe de planta y el técnico de mantenimiento se les establecerá un sueldo acorde al mercado laboral.

Tabla N° 57: Sueldos de trabajadores de la planta.

| EQUIPOS | CANTIDAD | SUELDO (\$/mes) | BENEFICIOS 51% | SUB TOTAL | TOTAL (\$/año) |
|--------------------------|----------|-----------------|----------------|-----------|------------------|
| Jefe de planta | 1 | 468,75 | 239,06 | 701,81 | 8 493,72 |
| Técnico de mantenimiento | 1 | 312,50 | 159,38 | 471,88 | 5 662,56 |
| Operario | 1 | 234,38 | 119,53 | 353,91 | 4 246,92 |
| TOTAL | | | | | 18 403,20 |

Fuente: Propia

3.4.2. COSTOS POR SANCIONES, MULTAS Y SERVICIOS DE DESATORO DE REDES DE ALCANTARILLADO

La Autoridad Nacional del agua ejerce la facultad sancionadora ante cualquier infracción a las disposiciones contenidas en el Reglamento de recurso hídricos- Ley 29338. Quien ejerza la autoridad en representación del ANA, puede realizar las inspecciones de acuerdo a ley en las instalaciones públicas o privadas cumpliendo así sus funciones de control sobre el uso sostenible del recurso hídrico y cumplir las acciones inherentes a su función emitiendo sanciones y multas, las cuales se muestran en la tabla N° 58.

Tabla N° 58: Tipos de sanciones y Multas.

| TIPO DE INFRACCIÓN | | | AVISO/ MULTAS |
|--------------------|-----------|--|------------------|
| Observación | | | Notificación |
| Denuncia | Leve | Contaminar las fuentes naturales de agua, superficiales o subterráneas. | 0.5 – 2 UIT |
| | Grave | Efectuar vertimiento de aguas residuales en los cuerpos de agua o efectuar reúso de aguas sin autorización de la autorización de la Autoridad Nacional del Agua. | 2 – 5 UIT |
| | Muy grave | Arrojar residuos sólidos o cuerpos de agua natural o artificial. | 5 – 10 000 UIT |
| Clausura | | | |
| Demoler la empresa | | | |

Fuente: Ley de Reglamento de Recursos Hídricos (2010).

Los costos por multas de incumplimiento del reglamento que podría incurrir el centro de beneficio se encuentra en un rango leve con una sanción, en el peor de los casos, de 2 UIT; esto debido a que la empresa desecha efluentes sin previo tratamiento contaminando las fuentes de agua superficiales y subterráneas.

3.4.2.1. Costos por multas y contrato de servicios de desatoro de alcantarillado

En consulta con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el ente regulador encargado de multar los incumplimientos del reglamento es la Autoridad Nacional del Agua (ANA). En el caso de realizar la inspección y verificación del centro de beneficio avícola este observará que no cuenta con un sistema de tratamiento de efluentes para que estos puedan ser vertidos a las redes de alcantarillado, procediendo al envío de

una notificación comunicando que se ha identificado algunos impactos por el incumplimiento de la Ley de Reglamento de recursos hídricos, dándole a la empresa un plazo 90 días calendarios para levantar estas observaciones; de no cumplir con el levantamiento, el ente regulador multaría a la empresa con 2 UIT clausurándola por un mes y dándole una prórroga de 90 días más para realizar las mejoras; de no cumplirse el ente regulador duplicará la multa a 4 UIT y una clausura de dos meses, lo que ya viene representando pérdidas para la empresa; finalmente, en el peor de los casos si la empresa sigue haciendo caso omiso, será sancionada con el cierre definitivo, siendo demandada, ante el poder judicial, por el ente regulador el cual exigirá el cumplimiento, mostrando previamente las notificaciones realizadas de las sanciones, y el pago obligatorio de las multas cuyos valores en soles se muestran en la tabla N° 59.

El tipo de infracción, que el ente regulador podría aplicar al centro de beneficio avícola, se encuentra entre leve y muy grave en un rango de 2-60 UIT, cuyas cifras en unidades monetarias serían:

Tabla N° 59: Pérdidas monetarias por pago de multas.

| | INFRACCIÓN | MULTA UIT | COSTO 1 UIT | SUB TOTAL S/. | SUB TOTAL S/. | TOTAL \$ |
|--------|------------|-----------|-------------|---------------|---------------|-----------|
| Máximo | Leve | 2 | 3850 | 7 700 | 238 700 | 74 593,75 |
| | Muy grave | 60 | 3850 | 231 000 | | |
| Medio | Leve | 1,25 | 3850 | 4 812,50 | 312,50 | 61 660,16 |
| | Muy grave | 50 | 3850 | 192 500 | | |
| Mínimo | Leve | 0,5 | 3850 | 1 925 | 155 925 | 48 726.56 |
| | Muy grave | 40 | 3850 | 154 000 | | |

Fuente: SUNAT.

Para el caso de los gastos por servicio de desatoro en las redes matrices de alcantarillado, el centro de beneficio se ve obligado a contratar este servicio tres veces al mes debido a que no cuenta con un adecuado sistema de tratamiento de aguas residuales para su vertimiento o reutilización lo que evitaría los daños hacia las redes por las altas cargas contaminantes presentes en estas aguas. El costo en que se incurre por este servicio es de S/. 300.00 lo que viene a ser su equivalente una cifra de \$ 93,75 dólares americanos, generando pérdidas anuales de \$ 3 375 dólares aproximadamente (Andy S.R.L.).

3.4.2.2. Costos por consumo de agua potable en el proceso de beneficiado.

Los costos que actualmente el centro de beneficio genera debido a la falta de un sistema que le permita reutilizar sus efluentes han sido calculados de acuerdo al costo por m³ de agua potable según la empresa prestadora de servicios y saneamiento de Lambayeque (EPSEL), dicho costo es de S/. 1,962/m³ o equivalente a \$ 0,613 dólares/m³ tal como muestra el cuadro tarifario según aplicación de la resolución N° 038- 2009 SUNASS (ver Anexo N° 08). Para el cálculo del costo por consumo de agua es necesario utilizar la tabla N° la cual muestra la proyección de aguas residuales en los próximos 5 años.

En la tabla N° 60 se muestran los costos en los próximos 6 años (incluyendo el año actual 2015) que la empresa incurrirá por consumo de aguas sin la implementación de un sistema de tratamiento.

Tabla N° 60: Costos anuales por consumo de agua potable sin el sistema de tratamiento.

| AÑO | VOLUMEN (m ³ /año) | COSTO (\$/año) |
|------|-------------------------------|----------------|
| 2015 | 8 559,19 | 5 246,78 |
| 2016 | 8 795,19 | 5 391,45 |
| 2017 | 9 037,71 | 5 540,11 |
| 2018 | 9 286,91 | 5 692,88 |
| 2019 | 9 542,98 | 5 849,85 |
| 2020 | 9 806,11 | 6 011,15 |

Elaboración: Propia

3.4.3. COSTOS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

3.4.3.1. Costos de energía:

Para el cálculo de la energía consumida del sistema de tratamiento se tendrá en cuenta la energía que consumen las 5 bombas de 5.5 HP que se instalarán para la conducción del agua y el equipo de aireación del reactor el cual es un soplador de lóbulo rotatorio.

El costo actual para el sector industrial de energía eléctrica es de \$ 0,074 dólares por kilovatio/ hora (kWh), a continuación en la

tabla N° 61 se muestra el consumo de energía de cada equipo, así como su potencia y el costo que genera.

Tabla N° 61: Costos por consumo de energía

| CONSUMO DE ENERGÍA POR DÍA | | | | | |
|---|---------------|------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------|
| Equipo | Potencia (kW) | Tiempo (h) | Energía diaria (kW/h) | Costo de la energía por kW/hora (\$) | Costo Total (\$) |
| Bombas centrífugas (5 x 0,74 kW) | 3,70 | 8 | 29,6 | 0,074 | 2,19 |
| Soplador lóbulos rotativo R-200 de 1,3 HP | 0,96 | 8 | 7,68 | 0,074 | 0,57 |

Elaboración: Propia.

Por lo tanto se calcula el costo de energía consumida por el sistema de tratamiento para cada m³ de agua residual tratada como se muestra en la tabla N° 62:

Tabla N° 62: Costos de energía por m³ de agua tratada

| Equipo | Tiempo de tratamiento (h/m ³) | Costo de energía (kW/h) | Costo de energía por m ³ de agua tratada (\$) |
|---------------------------|---|-------------------------|--|
| Bombas centrífugas | 0,30 | 0,28 | 0,084 |
| Soplador lóbulos rotativo | 0,30 | 0,071 | 0,022 |

Elaboración: Propia

3.4.3.2. Costos por tratamiento de agua residual.

Para el cálculo del costo de tratamiento del agua residual se debe tomar en cuenta los costos de energía además de los insumos, el cual es el hipoclorito de Sodio (NaClO) utilizado para la desinfección.

El costo del hipoclorito en el mercado nacional es de S/. 2,00 el litro, lo que equivale a \$ 0,63 dólares el litro. Sabiendo que el

volumen diario de hipoclorito es de 3 L/día (ver ítem 3.3.2.5) el costo diario por este insumo es de \$ 1,89 dólares. Por lo tanto el costo para el tratamiento de 1 m³ agua residual se muestra en la tabla N° 63:

Tabla N° 63: Costos por tratamiento

| Costo por tratamiento de agua residual | |
|--|-------------------------------|
| Descripción | Costo por m ³ (\$) |
| Equipo | |
| - Energía de bombas | 0,084 |
| - Soplador de lóbulo rotativo | 0,022 |
| Insumo | |
| - Hipoclorito de Sodio | 0,070 |
| TOTAL | 0,18 |

Elaboración: Propia

3.4.4. ANÁLISIS BENEFICIO- COSTO DE LA PROPUESTA

El análisis costo- beneficio es una herramienta financiera que permitirá medir la relación entre los costos y beneficios asociados al presente proyecto con el fin de evaluar su rentabilidad.

La relación costo- beneficio (B/C) o índice neto de rentabilidad es un cociente que se obtiene al dividir el Valor Actual de los ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el valor Actual de los costos de inversión o costos totales (VAC) del proyecto.

En la tabla N° 64 se muestra el flujo de caja para el cálculo de la relación costo- beneficio, siendo los ahorros o disminuciones de costos parte del beneficio que genera el proyecto a la empresa, mientras que los costos de energía, mano de obra para el funcionamiento y mantenimiento de la planta y la inversión forman parte de los costos que tiene el proyecto. Es necesario señalar también que parte del proyecto será financiado por la entidad bancaria BBVA Continental la cual ofrece una tasa de interés del 14%, siendo el préstamo realizado el 57% de la inversión total, mientras que un 43% será financiado por el centro de beneficio avícola.

En cuanto al tiempo de recuperación, se observa en la tabla N° 64 el beneficio económico se empieza a generar a partir del cuarto trimestre, el cual se traduce como el inicio de la recuperación del monto invertido por la empresa para la implementación del sistema de tratamiento.

Tabla N° 64: Análisis Costo- Beneficio

| BENEFICIOS (\$) | | | | | | | | | | |
|---|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
| Descripción | Año 0 | 1 trimestre | 2 trimestre | 3 trimestre | 4 trimestre | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | VNA Beneficio |
| Disminución de costos de agua potable | - | 1073.03 | 1080.35 | 1087.72 | 1095.14 | 4455.81 | 4578.67 | 4704.92 | 4834.65 | |
| Ahorro de costos por servicio de desatoro | - | 843.75 | 843.75 | 843.75 | 843.75 | 3375 | 3375 | 3375 | 3375 | |
| Ahorro de costos por multas | - | - | 2406.25 | - | 72187.5 | - | - | - | - | |
| Pérdidas por cierre de planta | - | - | - | - | - | 33250.00 | 33250.00 | 33250.00 | 33250.00 | |
| Total Beneficio | 0 | 1916.78 | 4330.35 | 1931.47 | 74126.39 | 41080.81 | 41203.67 | 41329.92 | 41459.65 | \$ 121 364,86 |
| COSTOS (\$) | | | | | | | | | | |
| Costo de energía de PTAR | | 230.65 | 232.23 | 233.81 | 235.41 | 957.81 | 984.22 | 1011.35 | 1039.24 | VNA Costos |
| Costo de Mano de Obra | | 4600.80 | 4600.80 | 4600.80 | 4600.80 | 18403.20 | 18403.20 | 18403.20 | 18403.20 | |
| Total Costo | 25000 | 4831.45 | 4833.03 | 4834.61 | 4836.21 | 19361.01 | 19387.42 | 19414.55 | 19442.44 | |
| Flujo | -25000 | -2914,68 | -502,68 | -2903,14 | 69290,10 | 21719,80 | 21816,25 | 21915,36 | 22017,21 | |

$$B/C = \$121364,86 / \$72546,27 = 1,673$$

Según el análisis, la propuesta de un sistema de tratamiento de efluentes en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L resulta rentable pues la relación beneficio- costo es mayor que la unidad y a modo de interpretación del resultado se puede decir que por cada dólar que se invierte en la empresa, se obtendrá 0,673 dólares.

IV. CONCLUSIONES

1. La evaluación de la calidad de los efluentes generados en el centro de beneficio avícola Andy S.R.L. determinó que, de los parámetros medidos, la DBO₅ y DQO superan los límites máximos permisibles con valores de 2150 mg/L, 2902 mg/L, respectivamente, el pH se encuentra dentro de estos límites con un valor de 6,62; mientras que los parámetros de Aceites y Grasas y Coliformes totales en estas aguas presentan un valor de 219,51 mg/L y 2,80 E+06 NMP/100ml. En el caso de los SST se tomó un valor típico para ayudar a realizar el balance de materia, por lo que no se muestra en la tabla de parámetros fisicoquímicos de los efluentes.
2. El tratamiento propuesto adecuado para tratar los efluentes generados, es el tratamiento por Lodos Activados el cual fue determinado a través del método de factores ponderados en el cual obtuvo una mayor puntaje frente a otros tratamientos evaluados; resaltando entre sus factores más importantes su eficiencia de remoción, la cual se encuentra entre 80 y 95%, y la calidad del agua tratada.
3. El diseño del sistema de tratamiento lo conforman cuatro etapas, un tratamiento preliminar (rejas de desbaste grueso y fino, trampa de grasas), una sedimentación primaria, un tratamiento por lodos activados (compuesto por un reactor biológico y un sedimentador secundario) y un tratamiento por desinfección, lo cual reduce las cargas de DBO₅, a 49,54 mg/L; de DQO a 123,85; de Aceites y grasas a 6,18 mg/L y de Coliformes totales a 1680 NMP/100ml.
4. El beneficio económico que tendrá la empresa es de \$ 121 364,86 monto expresado como el ahorro que se tendrá con el sistema de tratamiento, mientras que el costo es de \$ 72 546,27 monto que expresa los costos que tendrá el sistema de tratamiento más la inversión del proyecto. La relación de B/C es de 1,673 lo que significa que el proyecto es rentable llegando a generar ingresos de \$ 0,673 por cada dólar invertido.
5. La implementación del sistema de tratamiento logrará que el 97% de los efluentes tratados sean reutilizables por el centro de beneficio avícola, logrando que la empresa deje de pagar por servicios de desatoro en las redes de alcantarillado, reducir los costos por consumo de agua potable, y evitar las multas por el incumplimiento de los límites máximos permisibles del Ministerio del Ambiente. El 3 % restante se pierde en los lodos generados en los sedimentadores.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriana M. Márquez R., Edilberto Guevara P. 2004. Descripción y evaluación del funcionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una industria avícola. Revista INGENIERÍA UC, vol. 11, pp. 92-101.
- Azevedo, J. 1998. Manual de Hidráulica. Ed. Edgard Blücher Ltda. Sao Paulo. Brasil.
- Caldera et al. 2010. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria avícola. Universidad de Zulia. Vol. XX. 4: pág. 409:416.
- CEPIS/OPS. 2004. Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida. Lima.
- CEPIS/OPS. 20013. Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa. Lima.
- Diario Oficial EL PERUANO [En Línea] Disponible en: <http://www.elperuano.com.pe/PublicacionNLB/normaslegales/wfrmNormasLista.aspx>. [Fecha de consulta: 09 de agosto del 2015].
- Diario Gestión [En Línea] Disponible en: <http://gestion.pe/economia/peru-tiene-cuarta-tarifa-electrica-mas-baja-region-industria-2104776>. [Fecha de consulta: 20 de agosto del 2015].
- DIGESA [En línea]. Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales 2007. Disponible en: [http://www.digesa.sld.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.sld.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf). [Fecha de consulta: 10 de julio del 2015].
- Espín A. 2013. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el Camal Municipal del Canton Alausi. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Espinoza E. 2010. Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores. UDEP- Facultad de Ingeniería. Piura.
- Gutiérrez at al. 2012. Desinfección de aguas residuales de una industria avícola para su reutilización. Revista Tecno-científica Universidad de Zulia. N° 03: pág. 47- 54.
- Lazcano C. 2007. Tecnologías de la desinfección del agua. Instituto del Agua y Medio Ambiente. San Isidro, Lima.

- IPES. 2009. Estudios de caso de experiencias de tratamiento y uso de aguas residuales en la Ciudad de Lima. Fundación RUAFA y Proyecto Global Switch. Lima.
- López M. 2010. Tratamiento biológico de aguas residuales aplicable a la industria avícola. Consultor y auditor ambiental.
- Lozano-Rivas W. 2012. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial de la Universidad Nacional Abierta a Distancia. Bogotá, Colombia.
- Metcalf y Eddy. 2000. Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento vertido y reutilización. Mc Graw- Hill Interamericana. México.
- Méndez L., Miyashiro V., Rojas R. 2012. Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados: investigación realizada en la facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Editorial Académica Española. Lima.
- Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. 2006. Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales http://www.construccion.org.pe/normas/rne2009/rne2006/files/titulo2/03_OS/RNE2006_OS_090.pdf. [Fecha de consulta: 20 de Agosto del 2015].
- Ministerio del Ambiente. 2009. "Normas Legales, Ley de recursos Hídricos". http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=100 [Fecha de consulta: 6 de Agosto de 2015].
- Moscoso J. 2011. Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana. Ministerio Federal de Educación e Investigación, Lima.
- Montoya L., Alape G. y Gutiérrez C. 2006. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses sede Bogotá. Universidad industrial de Santander, Bogotá D.C.
- Organización Panamericana de la Salud. 2005. Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. Lima- Perú.
- Pedroza E. 2001. Serie autodidactica de medición: Canal Parshall. Editorial del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México D.F.
- Romero, J. 2009. Calidad del Agua. 3° edición. Editorial Escuela Colombiana e Ingeniería. Bogotá, Colombia.

- Rodríguez, et al. 2006. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Ed. Elecé industria Gráfica. Madrid. España.
- Rusell, D. 2012. Tratamiento de aguas residuales: un enfoque práctico. Reverté. Barcelona
- Seoáñez, M. (1998). Medio ambiente y desarrollo: Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente. España: Mundi-Prensa.
- Tchobanoglous, G. (2003). Ingeniería de las aguas residuales: Tratamiento y reutilización. 4° Edición. Ed. Mc Graw- Hill Interamericana. México.
- Torres et al. 2011. Alternativas de tratamiento biológico aerobio para el agua residual doméstica del municipio de Cali, Colombia. Universidad del Valle N° 01, pág. 381:388.
- Trapote M y Martínez B. 2012. Regeneración y reutilización de las aguas residuales. Técnica industrial, 298: pág. 32-44.

VI. ANEXOS

Anexo N° 01: Ubicación del centro de beneficio avícola Andy S.R.L.



ANEXO 02: Proceso de beneficiado avícola Andy S.R.L.



1- Almacén de jabas y pesado



2- Aturdido y Degüello de aves



3 – Escaldado de aves



4- Desplume en centrifuga (Gallinas)



5- Lavado (Después de desplume)



6- Eviscerado



7- Tanque de enfriado (Pollos)



8- Estanques de enfriado (Gallinas)



9- Preparación para empaque



10- Empaque en jabas

ANEXO 03: Cálculo del agua potable promedio utilizada en el proceso de beneficio

| N° | Equipos | VOLUMEN DIARIO | | | | | Total |
|------------------------|-----------------------|----------------|------------|----------|------------------------|-------------|---------------|
| | | Diametro (m.) | Altura (m) | Área (m) | Total (metros cúbicos) | N° de veces | |
| 3 | Pailas o Chillers | 0,80 | 0,70 | 0,50 | 1,06 | 2 | 2,111 |
| 14 | Tanques almacenadores | 0,60 | 0,95 | 0,28 | 3,76 | 2 | 7,521 |
| 1 | Maquina desplumadora | | | | 1,68 | 1 | 1,680 |
| | | Largo (m) | Ancho (m) | Alto (m) | Total (metros cúbicos) | N° de veces | Total |
| 4 | Lavaderos | 1,00 | 0,60 | 0,40 | 0,96 | 4 | 3,840 |
| 1 | Estanque de Enfriado | 2,90 | 1,50 | 0,47 | 2,04 | 2 | 4,089 |
| 1 | Estanque Lavado | 2,30 | 0,70 | 0,35 | 0,56 | 1 | 0,564 |
| | | | | | | | 19,805 |
| Limpieza(16%) | | | | | | | 3,169 |
| TOTAL (m3/día)= | | | | | | | 22,874 |

| LITROS DE AGUA RESIDUAL POR AVE BENEFICIADA | | | |
|---|--------------------|--------------------|-------|
| N° de aves/ día | metros cúbicos/día | metros cubicos/ave | L/ave |
| 1700 | 22,874 | 0,0135 | 13,46 |

ANEXO 04: Residuos generados e impactos generados



1-Plumas



2- Efluentes hacia desagüe



3-Colapso de alcantarillado

ANEXO 05: Punto de muestreo de efluentes



1- Punto de salida hacia desagüe urbano

ANEXO 06: Resultados del Análisis Físico químico de Aceites y Grasas



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS



ANALISIS N° 094-2014-UST-FIQIA

15 de setiembre del 2014

SOLICITANTE : JHON ACOSTA TORRES
ASUNTO : Análisis Físico Químico
MUESTRA : Agua Residual – Andy SRL
UBICADO : Pueblo joven San Lorenzo- José Leonardo Ortiz
N° DE MUESTRAS : 1
Muestra realizada por Responsable
TIPO DE USO : Trabajo de Tesis
FECHA DE RECEPCIÓN : 09-09-2014
FECHA DE REPORTE : 12-09-2014

➤ MUESTRA :

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

| DETERMINAR | MEDIDA | RESULTADOS |
|------------------|--------|------------|
| Aceites y Grasas | ppm | 219.51 |

CONCLUSIONES: La muestra de Agua Residual analizada en este Laboratorio, no se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles, según Norma Técnica Peruana según D.S. 002-2008-MINAM.

M.Sc. Ing. IVAN P. CORONADO ZULOETA
ANALISTA



ANEXO 07: Análisis físico químico y microbiológicos



ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.

"TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE LA MEJOR CALIDAD, CÚDELA NO LA DESPERDICIE"

EPSEL S.A.
GERENCIA OPERACIONAL
OFICINA CONTROL DE CALIDAD

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS - QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA "ANDY" S.R.L.

J.L.O. SAN LORENZO

| PARAMETROS | AVÍCOLA "ANDY" |
|---|-----------------|
| Codigo de muestra | LCC - 4525 - 14 |
| Fecha de Análisis: | 16/09/2014 |
| pH | 6.62 |
| DBO mg/l | 2150.00 |
| DQO mg/l | 2902.5 |
| Sól. Sedimentables Suspendidos Totales | 35.0 |
| Coliformes Termotolerantes (Presuntiva) | 2.80E+06 |
| Coliformes Termotolerantes (Confirmativa) | 2.80E+06 |

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron recolectadas y alcanzadas al Laboratorio Central por personal interesado.



OFICINAS: Av. Sáenz Peña N° 1860 (Planta de Agua Potable) Chiclayo - Teléf. 253479 - 252291 - Telefax 253520
Gerencia Operacional Teléf. 254132 - Av. Miguel Grau N° 451 Gerencia Comercial Teléf. 273609 - 235757
Emergencias Teléf. 238363 - 208877 - Pág. Web: www.epsel.com.pe

Anexo N° 08: PTARS Lima cuyas aguas son reutilizadas riego, parques y jardines

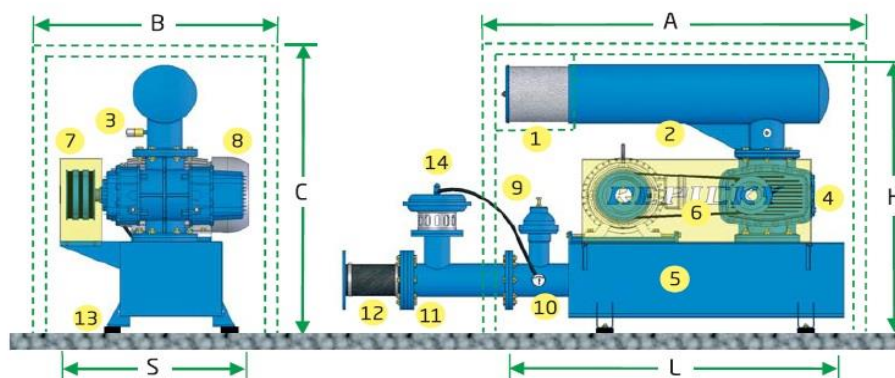
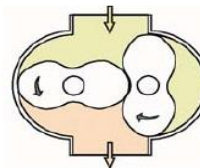
| Inventario de experiencias de tratamiento y reuso de aguas residuales | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|---|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| N° | Nombre | Institucionales y normativos | | | Técnicos | | | | |
| | | Ambito | Resp. Tratam. | Resp. reuso | Area de reuso (Ha) | Reuso | Caudal de reuso (l/s) | Caudal tratada (l/s) | Tecnología de tratamiento |
| ZONA NORTE DE LIMA | | | | | | | | | |
| 1 | Áreas Verdes de Miramar-Ancón | Periurbano | SEDAPAL | Casa de Retiro | 10 | Áreas verdes | 30 | 60 | Lag. Estabilización |
| 2 | Áreas verdes del Club La Unión | Intraurbano | SEDAPAL | Club La Unión | 8 | Áreas verdes | 10 | 10 | Filtro percolador |
| 3 | Áreas verdes de Jerusalen y Piedras Gordas | Periurbano | Ministerio de Defensa | Mín. Defensa | 8 | Áreas verdes | 18 | 18 | Lag. Estabilización |
| 4 | Zona Agrícola-Ecológica de Ventanilla | Periurbano | SEDAPAL | Agricultores | 50 | Agricultura | 220 | 220 | Lag. Estabilización |
| 5 | Zona Agrícola de Chuquitanta | Periurbano | SEDAPAL | Comisión de Regantes | 40 | Agricultura | 60 | 137 | Lodos Activados (SBR) |
| 6 | Zona Agrícola de Oquendo | Periurbano | Agricultores | Comisión de Regantes | 2 | Agricultura | 2 | 2 | Humedal artificial |
| 7 | Zona Agrícola de San Agustín | Periurbano | - | Comisión de Regantes | 456 | Agricultura | 700 | - | No hay |
| 8 | Verma Central Av. Universitaria | Intraurbano | Mun. Lima | Mun. Carabayllo | 5 | Áreas verdes | 4 | 4 | Lodos activados |
| 9 | Áreas Verdes de la UNI (UNITRAR) | Intraurbano | UNI | UNI-Municipalidad | 13 | Áreas verdes, acuicultura | 7.5 | 7.5 | RAFA, Lag. Estabilización |
| ZONA CENTRO DE LIMA | | | | | | | | | |
| 10 | Áreas Verdes de U. Católica | Intraurbano | No hay | P.U.C.P | 4 | Áreas verdes | 6 | | No hay |
| 11 | Golf de Lima | Intraurbano | Golf de Lima | Golf de Lima | 30 | Áreas verdes | 20 | 20 | Lag. Aireadas |
| 12 | Áreas Verdes de Miraflores-Costa Verde | Intraurbano | Munic. Miraflores | Mun. Miraflores | 4 | Áreas verdes | 1.5 | 1.5 | Filtro percolador |
| 13 | Áreas Verdes de Surco | Intraurbano | Mun. Surco | Mun. Surco | 50 | Áreas verdes | 17.5 | 17.5 | Lodos activados |
| 14 | Colegio Inmaculada | Intraurbano | Colegio Inmaculada | Colegio Inmaculada | 13 | Agricultura y áreas verdes | 15 | 15 | Lag. Estabilización |
| ZONA ESTE DE LIMA | | | | | | | | | |
| 15 | Áreas Verdes Colegio 1267 | Intraurbano | Colegio | Colegio | 0.002 | Áreas verdes | 0.1 | 0.25 | Humedal artificial |
| 16 | Reuso Aguas grises domiciliario de Nievería | Intraurbano | Propietarios | Propietarios | 0.002 | Áreas verdes | 0.2 | 0.2 | ECOSAN/humedal artificial |
| 17 | Zona agrícola de Huachipa | Periurbano | Asoc. Alcantarillado | Agricultores | 0.65 | Agricultura y acuicultura | 0.6 | 0.6 | Imhoff-reservorio |
| 18 | Sede Ataríea | Periurbano | SEDAPAL | SEDAPAL | 1 | Áreas verdes | 1 | 1 | Lodos Activados |
| 19 | Jardines de la Paz | Intraurbano | Jardines de la Paz | Jardines de la Paz | 10 | Áreas verdes | 5.25 | 5.25 | Lodos Activados |
| 20 | Club Golf de la Planicie | Intraurbano | Golf la Planicie | Golf la Planicie | 20 | Áreas verdes | 15 | 15 | Lag. Aireadas |
| ZONA SUR DE LIMA | | | | | | | | | |
| 21 | Huerto Comunal-Villa María del Trunfo | Intraurbano | Mun. VMT | Comunidad | 3 | Agricultura | 2 | 2 | Lodos activados |
| 22 | Zona Agropecuaria de San Juan de Miraflores | Periurbano | SEDAPAL | Agricultores | 12 | Agricultura | 20 | 424 | Lag. Aireadas |
| 23 | Parque 23 | Periurbano | SEDAPAL | SERPAR | 10 | Áreas verdes | 20 | *424 | Lag. Aireadas |
| 24 | Parque Zonal Huayna Capac | Periurbano | SEDAPAL | SERPAR | 15 | Áreas verdes | 20 | *424 | Lag. Aireadas |
| 25 | Zona Agrícola de José Gálvez | Periurbano | SEDAPAL | Agricultores | 10 | Agricultura | 35 | 53 | Lag. Estabilización |
| 26 | Alameda de la Solidaridad-VES | Intraurbano | Mun. VES | Mun. VES | 3.45 | Áreas verdes | 6 | 6 | Lodos activados |
| 27 | Alameda de la Juventud | Intraurbano | Mun. VES | Mun. VES | 2.5 | Áreas verdes | 5 | 5 | Lodos activados |
| 28 | Parque 26 | Periurbano | SEDAPAL | MVCS | 15 | Áreas verdes, acuicultura y agricultura | 19 | 73 | Lag. Aireadas-Maduración |
| 29 | Comité de Regantes CP1-VES | Periurbano | SEDAPAL | SEDAPAL | 30 | Agricultura | 30 | *73 | Lag. Aireadas |
| 30 | Comité de Regantes CP2-VES | Periurbano | SEDAPAL | Comité de Regantes | 100 | Agricultura | 120 | *424 | Lag. Aireadas |
| 31 | Parque Zonal Huascar | Periurbano | SEDAPAL | MVES/SERPAR | 24 | Áreas verdes y agricultura | 24 | *73 | Lag. Aireadas |
| 32 | Oasis de Villa | Intraurbano | Mun. VES | Población | 0.76 | Áreas verdes | 3 | 3 | Humedal artificial |
| 33 | Zona Agrícola de Chomillos | Periurbano | - | Comité de Regantes | 8 | Agricultura | 10 | No hay | No hay |
| 34 | Zona Agrícola San Pedro de Lurín | Periurbano | SEDAPAL | Comisión de Regantes | 20 | Agricultura | 17 | 17 | Anaerobio-Lag. Aireada |
| 35 | Zona Agrícola Nuevo Lurín | Periurbano | SEDAPAL | Agricultores | 3 | Agricultura | 5 | 5 | Lag. Estabilización |
| 36 | Punta Hermosa | Periurbano | SEDAPAL | Mun. P. H. | 2 | Áreas verdes | 3 | 3 | Lag. Estabilización |
| 37 | Zona Agrícola de Pucusana | Periurbano | SEDAPAL | Agricultores | 2 | Agricultura | 5 | 5 | Lag. Estabilización |
| TOTAL | | | | | 985 | | 1478 | 1131 | |

Fuente: IPES 2007

Anexo N° 09: Ficha técnica de sopladores de lóbulos rotativos

Sopladores de Lóbulos Rotativos

Equipo con accesorios



Referencias:

- 1- Filtro de aire
- 2- Silenciador de admisión (para equipos de vacío lleva brida ANSI para conexión a proceso)
- 3- Indicador de filtro obstruido (IFO)
- 4- Soplador o Cabezal
- 5- Base compacta con silenciador de impulsión incluido
- 6- Transmisión por correas y poleas o acople elástico.
- 7- Cubretransmisión
- 8- Motor normalizado (puede ser provisto por el cliente)
- 9- Válvula de alivio por presión o vacío.

- 10- Manómetro en baño de glicerina
- 11- Válvula de retención a clapeta
- 12- Amortiguador de vibraciones de caucho
- 13- Tacos antivibratorios (pueden ser provistos por el cliente)

Opcionales:

- 14- Válvula automática para arranque sin carga y pieza Tee.
- Cabina acústica panelizada con reducción entre 15 y 20 db (A) dependiendo condiciones operativas.
- Termómetro con o sin contacto de máxima
- Presóstato y/o vacuóstato
- Amortiguador de vibraciones de acero inoxidable
- Motores especiales.

Medidas generales en mm

| Modelo | A | B | C | L | S | H | Conexión Salida | Peso sin motor ni cabina [kg] |
|--------|------|------|------|------|------|------|-----------------|-------------------------------|
| R100 | 1039 | 400 | 550 | 890 | 224 | 465 | 1,25" BSP | 43 |
| R200 | 850 | 500 | 590 | 950 | 432 | 572 | 2" BSP | 93 |
| R300 | 1125 | 864 | 1000 | 965 | 547 | 752 | 3" Brida ANSI | 218 |
| R500 | 1125 | 864 | 1000 | 965 | 674 | 799 | 3" Brida ANSI | 261 |
| R600 | 1448 | 1076 | 1234 | 1130 | 714 | 886 | 4" Brida ANSI | 366 |
| R1000 | 1448 | 1076 | 1234 | 1130 | 755 | 986 | 4" Brida ANSI | 416 |
| R1200 | 1448 | 1076 | 1234 | 1130 | 742 | 986 | 4" Brida ANSI | 431 |
| R1.5 | 2152 | 1372 | 1562 | 1460 | 838 | 1273 | 6" Brida ANSI | 755 |
| R2.0 | 2152 | 1372 | 1562 | 1823 | 990 | 1400 | 6" Brida ANSI | 827 |
| R2.5 | 2152 | 1372 | 1562 | 1823 | 1083 | 1400 | 6" Brida ANSI | 1125 |
| R3.0 | 2152 | 1372 | 1562 | 1823 | 1067 | 1400 | 6" Brida ANSI | 1199 |
| R3.5 | 2855 | 1950 | 2080 | 2020 | 1133 | 1580 | 8" Brida ANSI | 1579 |
| R3.8 | 2855 | 1950 | 2080 | 2020 | 1313 | 1580 | 8" Brida ANSI | 1679 |
| R4.0 | 2855 | 1794 | 2080 | 2020 | 1149 | 1710 | 8" Brida ANSI | 1780 |
| R4.5 | 3240 | 2145 | 2080 | 2565 | 1272 | 1877 | 10" Brida ANSI | 2232 |
| R5.0 | 3240 | 2145 | 2424 | 2565 | 1272 | 1957 | 10" Brida ANSI | 2728 |
| R5.5 | 2774 | 2528 | 2589 | 2970 | 1568 | 1780 | 12" Brida ANSI | 3304 |
| R6.0 | 2774 | 2528 | 2589 | 2970 | 1682 | 2070 | 12" Brida ANSI | 3721 |
| R6.5 | 3400 | 2700 | 2800 | 3428 | 2000 | 2340 | 14" Brida ANSI | 4848 |

Fuente: REPICKY

Anexo N° 10: Cuadro tarifario de agua potable y alcantarillado- EPSEL S.A.



**CUADRO TARIFARIO SEGÚN APLICACIÓN DE LA RESOLUCIÓN N° 038-2009 SUNASS-CD/
OFICIO N° 153-2013-SUNASS-110**

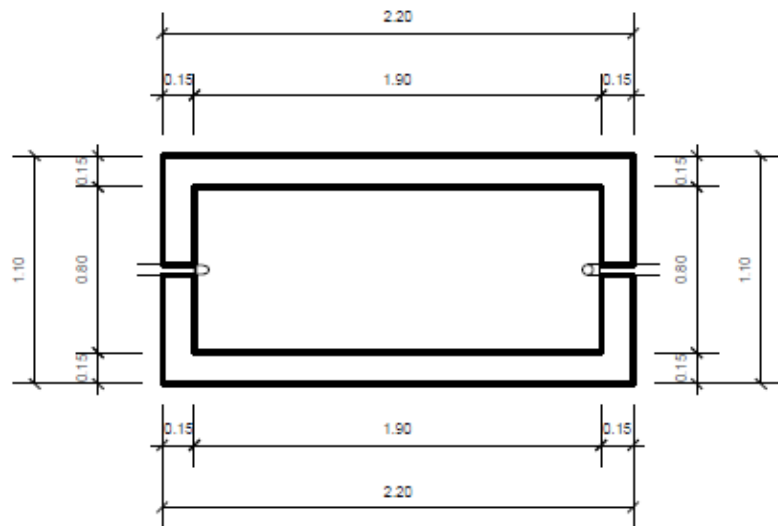
| CATEGORÍA | ASIGNACIÓN DE CONSUMOS SIN MEDIDOR M3 / MES | CARGO FIJO | Rangos en m3 | | | Tarifa por Rangos para el Cálculo de Agua Potable | | | Tarifa por Rangos para el Cálculo de Alcantarillado | | |
|-----------------------------|---|-----------------------|--------------|-------------|--------------|---|---------------------|----------------------|---|---------------------|----------------------|
| | | | 1er Rango m3 | 2º Rango m3 | 3er Rango m3 | 1er Rango Tarifa S/. | 2º Rango Tarifa S/. | 3er Rango Tarifa S/. | 1er Rango Tarifa S/. | 2º Rango Tarifa S/. | 3er Rango Tarifa S/. |
| Clase Residencial | | | | | | | | | | | |
| SOCIAL (*) | 10 | Mayor a 10 m3 1.37 | 0 a 10 | 11 a mas | - | 0.352 | 0.672 | - | 0.157 | 0.298 | - |
| DOMÉSTICA | 20 | 1.37 | 0 a 8 | 9 a 20 | 21 a mas | 0.991 | 1.183 | 2.358 | 0.439 | 0.522 | 1.045 |
| Clase No Residencial | | | | | | | | | | | |
| COMERCIAL | 35 | 1.37 | 0 a 35 | 36 a más | - | 1.962 | 3.513 | - | 0.866 | 1.554 | - |
| ESTATAL | 40 | 1.37 | 0 a 30 | 31 a más | - | 1.296 | 2.588 | - | 0.573 | 1.143 | - |
| INDUSTRIAL | 60 | 1.37 | 0 a más | 0 a más | - | 7.052 | 7.052 | - | 3.116 | 3.116 | - |

(*) El cargo Fijo no se aplicará a los usuarios del primer rango de la categoría social

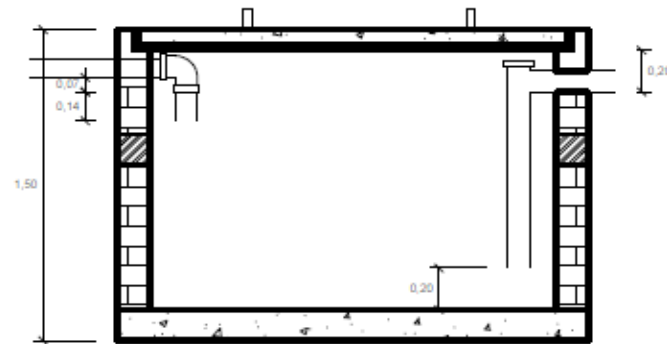
Chiclayo, Octubre del 2013

Fuente: EPSEL S.A.

Anexo N° 11: Planos de Distribución y equipos:



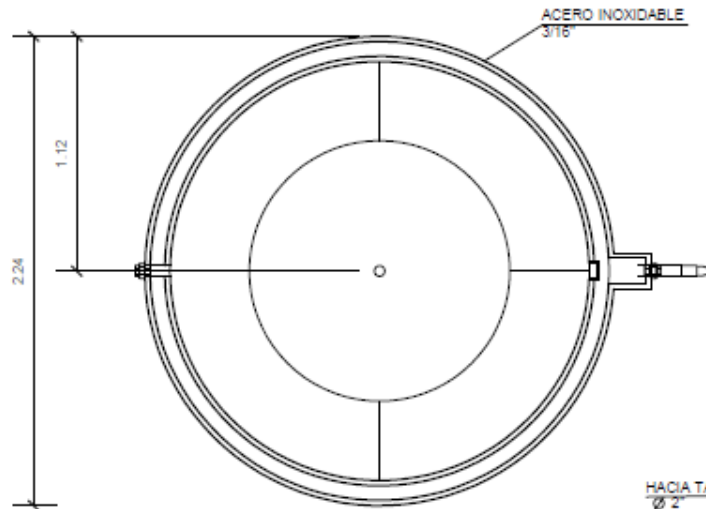
PLANTA
ESCALA 1/20



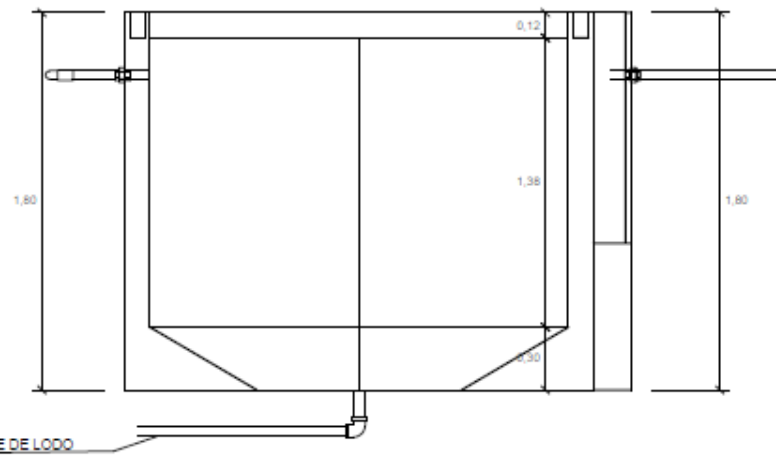
SECCION
ESCALA 1/20

DETALLE TRAMPA DE GRASA

| | | |
|--|--|---|
| PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA REUTILIZABLE EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY SRL. | | OPTIC: LAMAYQUE |
| DESCRIPCIÓN: DESIGNO DE TRAMPA DE GRASAS | | PROVA: GURAYO |
| FACULTAD: INGENIERÍA ESCUELA DE: INGENIERÍA INDUSTRIAL | | ESCALA: 1:10 |
| UBICACIÓN: P.O. RIESGO SAN LORENZO CALLE SAN MARCO N° 499 QUITO DISEÑADO: JOSÉ LICHARDO CHYE | | ALBERO: JOSÉ HERRERA AGUIRRE FERRER |
| UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVILLO | | ASesor: DR. ANTONIO ALBA ESPINOZA BARRA SOTELA |
| PLANO N°: 02 | | FECHA: AGOSTO 2018 |



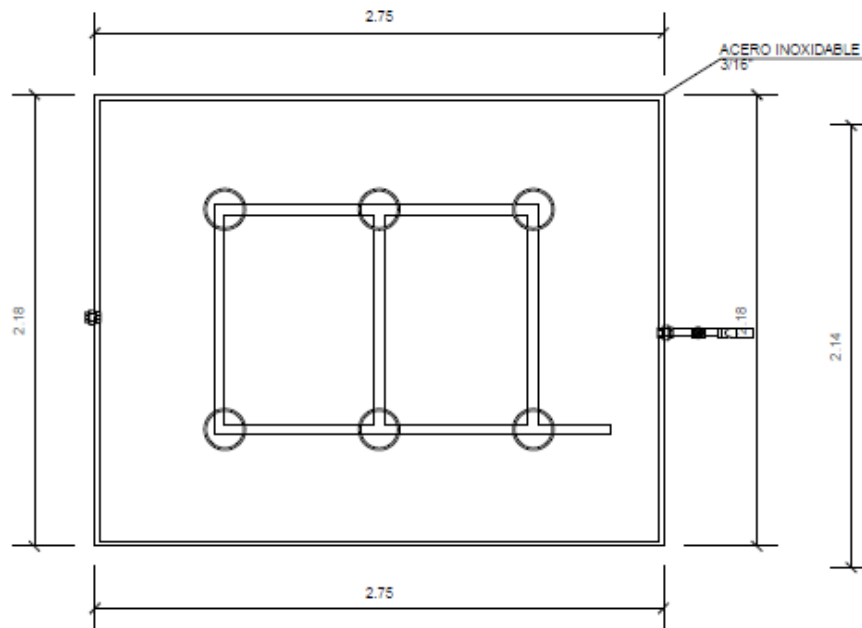
PLANTA
ESCALA 1/20



SECCION
ESCALA 1/20

TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO

| | | | |
|---|--|-----------|---|
| PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA REUTILIZABLE EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY SRL. | | DISEÑO: | UNIVERSIDAD |
| | | PROYECTO: | CHILANO |
| | | ESCALA: | 1:20 |
| DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO | UBICACIÓN: P.O. BUENO SAN LUIS DE CALLE SAN MARCO N° 499 CHIVICHÍ JOSE MARQUINO ORTIZ | ALUMNO: | JUAN CARLOS ACCOTA ESCOBAR |
| PROFESOR: INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL | | ASESOR: | DR. WILSON ALVARO ESPINOSA BLANCO JESSICA |
| UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVILLO | PLANO N°: 03 | FECHA: | AGOSTO 2018 |



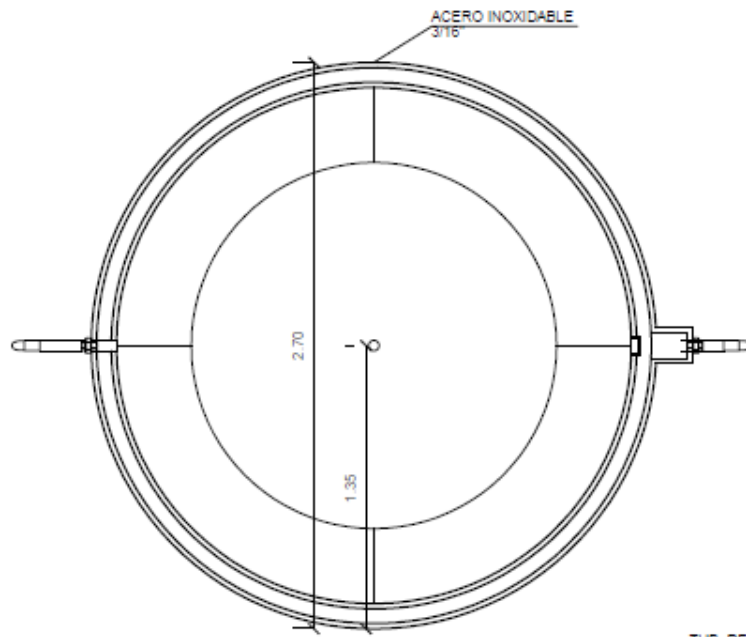
PLANTA
ESCALA 1/20



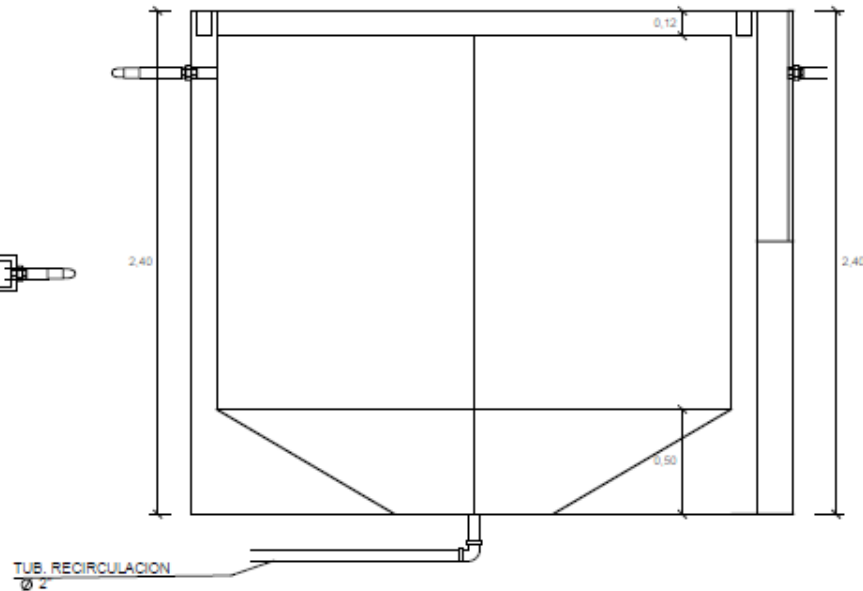
SECCION
ESCALA 1/20

TANQUE DE AIREACIÓN

| | | |
|---|--|--|
| PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA REUTILIZABLE EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY SRL. | | DPTO.: LAMBAYEQUE |
| DISEÑADOR: DISEÑO DE REACTOR AEROBIO | | PROVA: DISEÑO |
| FACULTAD: INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL | | ESCALA: 1:10 |
| UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MORGÓVILLO | | ALUMNO: JHONATAN ACOSTA FERRER |
| URBAGIÓN: P.O. BUENO SAN LORENZO DALLE SAN MARCO N° 899 DIRECTOR: JOSÉ LUCIANO OTTE | | ASesor: ING. ROBERTO ESPINOZA SOLÍS |
| PLANO N° 04 | | FECHA: AGOSTO 2018 |



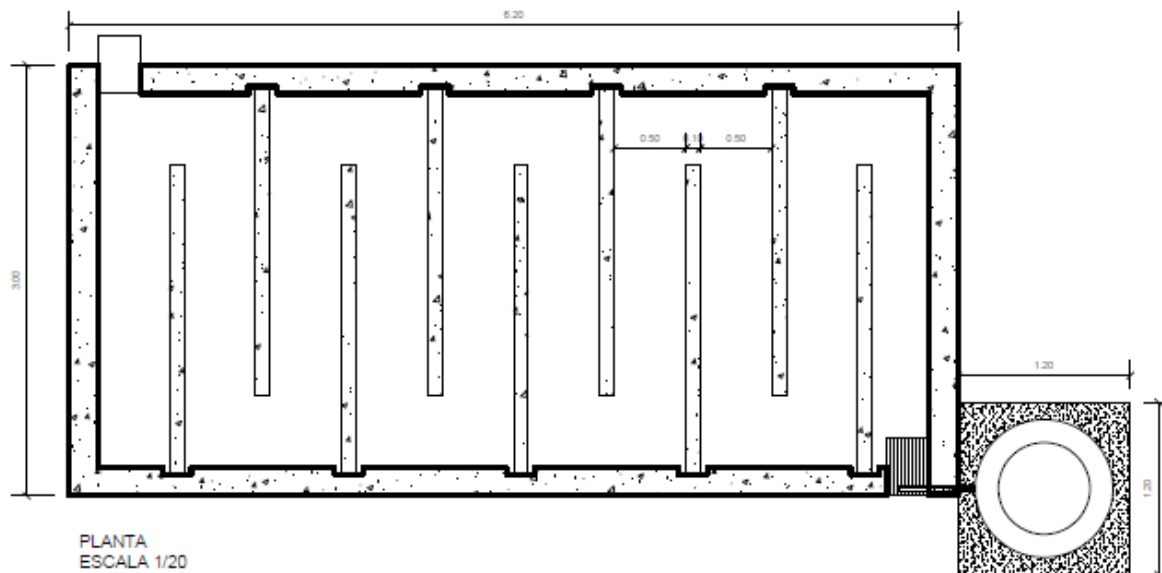
PLANTA
ESCALA 1/20



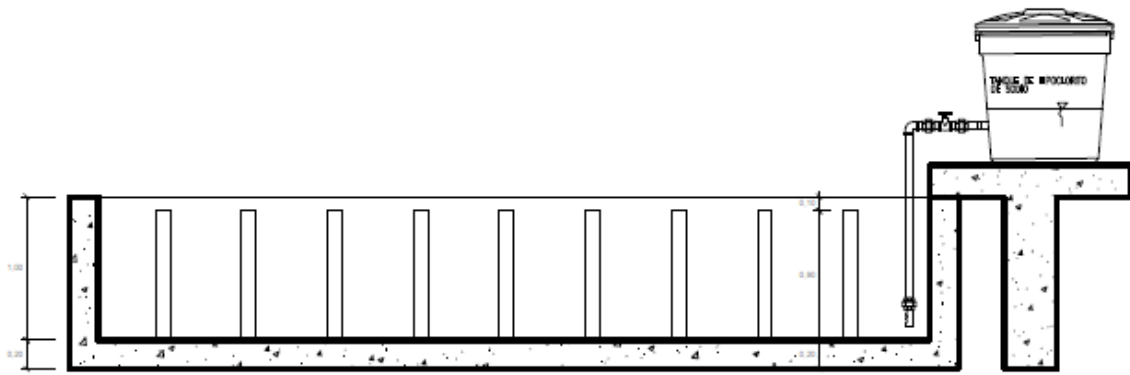
SECCION
ESCALA 1/20

TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO

| | | |
|--|--|--|
| PROYECTO: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA REUTILIZABLE EN EL CENTRO DE BENEFICIO AVÍCOLA ANDY SRL. | | DPTO.: LAMAYTUC |
| DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE SEDIMENTADOR SECUNDARIO | | PROV.: ORURO |
| FACULTAD: INGENIERÍA | | ESCALA: 1:10 |
| ESCUELA DE: INGENIERÍA INDUSTRIAL | | ALUMNO: JHON REYES ACEVEDO FORNOS |
| UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVILLO | | ASesor: MSc. WILSON ALVARO ESPINOZA BLAS VILLALBA |
| LUGAR DE: PUNTO SAN LORINZO CALLE SAN MARCO 17-400 | | FECHA: AGOSTO 2019 |
| DISEÑADO POR: JOSÉ LEONARDO ORTIZ | | PLANO N°: 05 |



PLANTA
ESCALA 1/20



SECCION
ESCALA 1/20

CÁMARA DE CLORACIÓN

| | | | |
|--|--|-----------------------------|--------------------------------|
| PROYECTO PROYECTO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA REUTILIZABLE EN EL COMPLEJO DE SERVICIOS AVIOGUA AERDY S.A. | | DTPL PREVA SPT/PA | Lote 1000 2000-000 1-10 |
| DISEÑADOR DIBUJANTE INGENIERO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL | CLIENTE CÁMARA DE CONTACTO 17-00 SERVICIOS AVIOGUA AERDY S.A. | ALUMNO PREVA 2000-000 | ASISTENTE PREVA 2000-000 |
| UNIVERSIDAD INSTITUTO VECINARIO SAN CARLOS DE GUAYAMA | PLANTA 01 | | |

