

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



“INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CON
TECNOLOGÍA POR TURBOAEREACIÓN PARA EL RASTRO DEL CAMAL DE
CERDOS DE LA EMPRESA RICO POLLO SAC”

Tesis presentada por el Bachiller:

Luis Alberto Barreda Gamero

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Industrial

AREQUIPA – PERÚ 2013

PRESENTACIÓN

La industria alimentaria es un sector industrial muy sostenible y rentable, puesto que los consumidores finales siempre dependerán de los productos que la empresa oferte. Es por esto que aunque en el mercado halla productos sustitutos, el giro de negocio es muy rentable. Para elaborar los alimentos se incurre en materia de desperdicio, entre ellas el agua utilizada para asegurar la calidad del producto final. En este proyecto revisamos la problemática de una industria cárnica con problemas para manejar de forma adecuada y regulada sus efluentes líquidos (subproductos de su proceso de producción).

DEDICATORIA

Este proyecto está enteramente dedicado a mi madre el amor más valiente que conozco, mi pata Lucho por ser el padre que me incentivo a realizarlo, a mi pata Beto por ser el padre que me ayudo a llegar hasta ahí y mi Pata Antonio por ser el padre que siempre ha sido una línea guía para mi vida, y a mi abuela Antuca que me hace recordar lo bonita que es la vida porque Dios lo quiere así.

RESUMEN

La industria cárnica dedicada a la carne de cerdo cuenta con una cadena productiva constituida por varias fases o eslabones como alimento, engorde y beneficio; cada uno con procesos que responden a necesidades particulares. La fase de beneficio consta de varias etapas como la recepción de cerdos, matanza, pelado, eviscerado, limpieza y almacenado. Durante el proceso de matanza de cerdos, el agua utilizada especialmente para el pelado, escaldado y limpieza de equipos e instalaciones tiene un destino poco adecuado.

Las aguas residuales de la industria cárnica contienen altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, grasas, nitrógenos, etc. Su composición y flujo generalmente varían dependiendo del proceso industrial, tamaño de las instalaciones, consumo de agua por ave sacrificada y manejo del agua en el proceso industrial. En este sentido la disposición sin tratamiento de estos efluentes a los cuerpos receptores causa un impacto negativo.

En el primer capítulo del proyecto se hace referencia a las generalidades del proyecto. En el segundo capítulo se realiza una breve revisión teórica, principalmente de las distintas etapas del tratamiento de efluentes industriales, parámetros de calidad conceptos ambientales. En el tercer capítulo se muestran los resultados de la caracterización y diagnóstico de los efluentes actuales y su proyección a 10 años. En el cuarto capítulo el tema de la localización y una evaluación cuantitativa. En el quinto la ingeniería del proyecto, primero se realiza una comparación de las distintas alternativas y tecnologías posibles, para elegir la opción más viable. El capítulo seis nos habla sobre la organización y las inversiones del proyecto, para repasar la cuantía

económica que requiere la incorporación de esta tecnología a la empresa, y en el capítulo séptimo la evaluación económica.

Palabras Clave: Aguas residuales, industria cárnica, eficiencia, lodos activados, materia orgánica.



ABSTRACT

The meat industry dedicated to pork has a production chain consisting of several phases or links as food, fattening and slaughter, each with processes that respond to particular needs. The benefit phase consists of several steps as receiving pigs, killing, skinning, gutting, cleaning and storage. During the slaughter of pigs, especially water used for peeling, blanching and cleaning of equipment and facilities is an unsuitable destination.

The wastewater from the meat industry contain high concentrations of organic matter , suspended solids, fat , nitrogen , etc . Its composition and flow generally vary depending on the manufacturing process, plant size, water consumption per slaughtered bird and water management in the industrial process. In this regard the provision of these untreated effluents into the receiving bodies causes a negative impact.

In the first chapter of the general reference to the project is done. In the second chapter a brief theoretical review, mainly of the various stages of treatment of industrial effluents, environmental concepts quality parameters are performed. In the third chapter the results of the characterization and diagnosis of existing effluent and 10-year projection is. In the fourth chapter the issue of localization and quantitative assessment. The fifth project engineering, first a comparison of the different alternatives and technologies makes possible to choose the most viable option. Chapter six talks about the organization and project investments, to review the economic quantity that requires the incorporation of this technology to business wing, and in the seventh economic evaluation.

Keywords: Wastewater, meat industry, efficiency, activated sludge organic matter.

INDICE:

CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	1
1.1. TITULO DEL PROYECTO	1
1.2. UBICACIÓN	1
1.3. FASE DEL PROYECTO.....	1
1.4. NIVEL DE ESTUDIO.....	1
1.5. SECTOR.....	1
1.6. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	4
1.7. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
1.8. JUSTIFICACION:.....	6
1.9. TIPO DE EMPRESA	7
1.10. RESPONSABLE DEL PROYECTO	7
CAPITULO 2.....	8
MARCO TEORICO	8
2.1. IDEA DE AGUA	8
2.2. USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA	9
2.3. AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA (ARI):.....	13

2.4. AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA E INDUSTRIA CÁRNICA:.....	14
2.5. PRINCIPALES PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS DADOS EN LA LEGISLACIÓN PERUANA.....	19
2.6. METODOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES.....	24
2.7. IDEA CINÉTICA DE LODOS ACTIVADOS:.....	64
2.8. CONCEPTOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	78
CAPITULO 3.....	84
EVALUACION DE EFLUENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO.....	84
3.1. GENERALIDADES:	84
3.2. PROCESO DE SACRIFICIO DE CERDOS	84
3.3. DISPOSICIÓN DE PLANTA DEL CAMAL DE CERDOS:.....	95
3.4. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	96
3.5. ESTUDIO DE LOS EFLUENTES ACTUALES (MATERIA PRIMA)	97
3.6. SERVICIO QUE BRINDARÁ EL PROYECTO:	102
3.7. BENEFICIOS DEL PROYECTO:	102
3.8. ESTUDIO DE LOS EFLUENTES VERTIDOS POR LA PLANTA DE BENEFICIO Y SU PROYECCIÓN EN DIEZ AÑOS	103

CAPITULO 4.....	106
LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL PROYECTO.....	107
4.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	107
4.2. TAMAÑO DEL PROYECTO:	116
CAPITULO 5.....	121
INGENIERIA DEL PROYECTO.....	121
5.1. GENERALIDADES	121
5.2. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA.....	121
5.3. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA CON EL SISTEMA SELECCIONADO:	126
5.4. ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA.....	127
5.5. BALANCE DE MATERIA:	133
5.6. REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA.....	138
5.7. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	138
CAPITULO 6.....	164
ORGANIZACIÓN E INVERSIONES DEL PROYECTO	164
6.1. ORGANIZACIÓN	164
6.2. INVERSIONES	167
6.3. FINANCIAMIENTO	175

CAPITULO 7.....	176
EVALUACIÓN DEL PROYECTO	176
7.1. GENERALIDADES.	176
7.2. INDICADORES DE EVALUACIÓN	176
7.3. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO.....	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES	186
RECOMENDACIONES.....	188
BIBLIOGRAFIA	189
A) LIBROS.....	189
B) TESIS	190
C) ARTICULOS DE REVISTAS Y PERIODICOS.....	191
D) DOCUMENTOS ELECTRONICOS	192
ANEXOS.....	194
A. COPIA DE CONTRATO CON ARTRHO BACTER DEL BAJIO.....	194
B. CARACTERIZACIÓN DEL INFLUENTE DEL CAMAL DE CERDOS	195

C. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA (PTAR)	196
D. TRATAMIENTO DE LODOS POR FILTRO PRENSA BANDAS	197
E. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	200
F. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CAMAL DE CERDOS – RICOPOLLO SAC	
203	



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Uso del agua a nivel mundial	11
Tabla 2: Principales parámetros vigentes establecidos en la legislación peruana	21
Tabla 3: Características de algunos reactivos coagulantes	34
Tabla 4: Clasificación de los tipos de impacto	80
Tabla 5: Escala utilizada para la valoración de impactos (Primera Parte)	82
Tabla 6: Escala utilizada para la valoración de impactos (Segunda Parte)	83
Tabla 7: Destino de vísceras por su naturaleza	92
Tabla 8: Análisis preliminar del efluente del camal	98
Tabla 9: Resultados de laboratorio de parámetros analizados	101
Tabla 10: Alternativas de caudales para el diseño óptimo de planta	106
Tabla 11: Puntuación asignada para evaluar la calificación de las distintas alternativas	110
Tabla 12: Tabla de ranking de factores para la localización N° 1	113
Tabla 13: Tabla de ranking de factores para la localización N° 2	114
Tabla 14: Alternativas de caudales para el diseño óptimo de planta (resultados de Tabla N° 3-4).....	116
Tabla 15: Ventajas y Desventajas del tratamiento por lodos activados	121
Tabla 16: Ventajas y Desventajas del sistema de tratamiento por reactor UASB	123

Tabla 17: Ventajas y Desventajas del sistema de tratamiento por Lagunas de oxidación.....	123
Tabla 18: Comparación de las diferentes alternativas para el proceso de tratamiento.....	124
Tabla 19: Equipo requerido por etapas del proyecto	127
Tabla 20: Requerimiento de áreas para la planta de tratamiento de aguas residuales	142
Tabla 21: Simbología utilizada para el diagrama de recorrido	143
Tabla 22: Comparación de Tecnologías para Tratamiento de efluentes.....	146
Tabla 23: ¿Cuál es la gravedad del riesgo?	153
Tabla 24: ¿Cuál es la frecuencia de ejecución de la actividad o tarea?	153
Tabla 25: ¿Cuál es la probabilidad de que suceda el riesgo?	153
Tabla 26: Inversiones Fijas	169
Tabla 27: Inversiones intangibles del proyecto	171
Tabla 28 : Capital de trabajo	172
Tabla 29: Inversiones totales del proyecto.....	172
Tabla 30: Cronograma de actividades del proyecto.....	173
Tabla 31: Inversiones costos e ingresos del proyecto	178
Tabla 32: Calculo del VAN, TIR, PRI	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 33: Cálculo del Beneficio Costo del Proyecto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 34: Resumen de evaluación económica	183
Tabla 35: Evaluación Social del Proyecto.....	185

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: El uso industrial del agua aumenta con la renta de los países	12
Ilustración 2: Contribución de los principales sectores industriales a la producción de contaminantes orgánicos del agua	15
Ilustración 3: Rejilla de desbaste	25
Ilustración 4: Sedimentador de forma rectangular y flujo horizontal.....	30
Ilustración 5 Esquema de tanque Imhoff.....	37
Ilustración 6: Esquema del proceso de lodos activados	43
Ilustración 7 Diagrama de operación típico de un filtro percolador	45
Ilustración 8: Degradación biológica de la materia orgánica (proceso anaerobio)	46
Ilustración 9: Comparación del balance de la DQO para procesos anaerobios y aerobios	47
Ilustración 10: Etapas de digestión anaerobia	50
Ilustración 11: Esquema de operación del reactor UASB	55
Ilustración 12: Reactor Anaerobio de lecho fluidizado	57
Ilustración 13: Visión de una laguna de oxidación RICO POLLO SAC	60
Ilustración 14: Fórmula ara agua residual con caseína.....	66
Ilustración 15: Corral de cerdos	85
Ilustración 16: Canaleta de concreto.....	86
Ilustración 17: Desangrado de cerdos	87
Ilustración 18: Ingreso a escaldadora	88
Ilustración 19: Ingreso a la peladora automática	88

Ilustración 20: Reingreso a línea productiva	89
Ilustración 21: Repasado y Flameado.....	90
Ilustración 22: Evisceración	91
Ilustración 23: Extracción de grasa pectoral, y patas.....	93
Ilustración 24: Limpieza y desinfección.....	93
Ilustración 25: Pesaje y almacenaje.....	94
Ilustración 26: Muestro de Demanda Química de oxígeno del efluente del camal	99
Ilustración 27: Desagüe del Camal de Cerdos.....	100
Ilustración 28: Estufa a 20°C para obtener el valor de la DBO5	101
Ilustración 29: Vista satelital de la ubicación del proyecto	115
Ilustración 30: Corte lateral de Soplador lobular	129
Ilustración 31 Equipo de soplador instalado	129
Ilustración 32: Difusor tubular	130
Ilustración 33: Instalación de difusores tubulares	130
Ilustración 34: Fotografía de tecele eléctrico, diseño y medidas.....	131
Ilustración 35: Rieles de testers metálicos.....	133
Ilustración 36: Análisis de proximidad.....	141
Ilustración 37: Diagrama de recorrido	144
Ilustración 38: Organigrama correspondiente al proyecto.....	165
Ilustración 39: Diagrama de Gantt de cronograma de actividades.....	174

CAPITULO 1

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. TITULO DEL PROYECTO

Proyecto de instalación de una planta de tratamiento de aguas con tecnología por turboaereación y biodegradación total para el efluente originado por la planta de beneficio de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC.

1.2. UBICACIÓN

Departamento de Arequipa – Provincia de Arequipa – Irrigación el Cural
Lote 5 Uchumayo

1.3. FASE DEL PROYECTO

Inversión

1.4. NIVEL DE ESTUDIO

Estudio de Factibilidad

1.5. SECTOR

Tratamiento de efluentes industriales – Proyectos de Inversión

1.6. VARIABLES DEL PROYECTO:

DEFINICIÓN CONCEPTUAL:

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Demanda Bioquímica de oxígeno:

La demanda 'bioquímica' de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO_5), y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. La curva de consumo de oxígeno suele ser al principio débil y después se eleva rápidamente hasta un máximo sostenido, bajo la acción de la fase logarítmica de crecimiento de los microorganismos.

- **VARIABLE DEPENDIENTE:**

Valores máximos Admisibles (VMA):

Entiéndase como aquel valor de la concentración de elementos sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un

efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

OPERACIONAL:

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Demanda Bioquímica de oxígeno:

Cantidad de oxígeno consumida durante un tiempo determinado, a una temperatura dada, para descomponer por oxidación las materias orgánicas. Es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables. Este contenido se expresa en función de la demanda de oxígeno de los microorganismos participantes en la degradación de la materia orgánica presente a 20°C en un tiempo determinado. El análisis lo expresa en unidades de miligramo por litro de agua analizada (mg/l).

- **VARIABLE DEPENDIENTE:**

Valores máximos Admisibles (VMA):

Los valores máximos admisibles que rigen los parámetros del proyecto y del producto final del tratamiento son los descritos en el D.S. 021-2009 VIVIENDA, y son los siguientes:

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l	(DBO5)	40
Demanda química de oxígeno	mg/l	(DQO)	1000
Sólidos Suspendidos totales	mg/l	(SST)	500
Aceites y Grasas	mg/l	(AyG)	100

Fuente: Tabla obtenida de D.S. 021-2009 VIVIENDA

1.7. HIPOTESIS:

Hipótesis de la investigación:

El caudal de los efluentes industriales de la planta de beneficio de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC está dentro de los límites máximos permisibles legales para su normal funcionamiento

Hipótesis nula:

El caudal de los efluentes industriales del camal de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC no está dentro de los límites máximos permisibles legales para su normal funcionamiento.

1.8. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

¿Por qué es necesario hacer el proyecto?

Porque el tratamiento actual de aguas residuales generadas por el la planta de beneficio de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC, es inexistente, lo que perjudica a la empresa en aspectos medio ambientales, sociales y productivos.

No solo debe de tratarse el agua residual, sino que debe de ser reutilizada para fines propios de la empresa.

1.9. OBJETIVOS DEL PROYECTO

a) Objetivo General:

- Establecer e instalar un sistema de tratamiento de aguas residuales que le permita a la empresa tratar de manera satisfactoria los efluentes generados por la planta de beneficio de cerdos.

b) Objetivos Específicos

- Realizar una caracterización y diagnóstico inicial del efluente del camal de cerdos, cuantificando los parámetros establecidos por la legislación.
- Estimular la aplicación de tecnologías nuevas, conscientes y ecológicas para el tratamiento de aguas residuales.

- Re direccionar los efluentes tratados para el aprovechamiento de los mismos por parte de la empresa.
- Realizar una propuesta que permita cumplir con la legislación vigente exigida en cuanto a efluentes industriales que se vierten en la red pública.

1.10. JUSTIFICACION:

a) Justificación técnica:

Los tratamientos de aguas residuales deben de ser diseñados y dimensionados para cada caso en particular, en concordancia con las características fisicoquímicas y microbiológicas del efluente y con el caudal del mismo. Por lo que la adecuada elección del sistema de tratamientos, así como su diseño y dimensionamiento, permita realizar un tratamiento ajustado a las necesidades. El sistema de tratamiento por turboaereación y biodegradación total hará posible la disminución en la concentración de los parámetros establecidos en el afán de cumplir con las especificaciones de calidad en la descarga de efluentes (VMA) y al mismo tiempo que no produzca olores desagradables.

b) Justificación económica:

Con la puesta en marcha del siguiente proyecto se pretende reducir el costo de mantenimiento de las redes de alcantarillado y prolongar

su durabilidad, así como evitar multas u sanciones por incumplimiento de la legislación, que incluso podría ocasionar el cierre de la planta de beneficio de cerdos, con los consiguientes perjuicios económicos para la empresa.

c) Justificación ambiental y social:

Se podrá contar con efluentes industriales que cumplan con los valores máximos admisibles, señalados por la legislación vigente. Al mismo tiempo se lograría reducir considerablemente los olores desagradables de esta parte del proceso productivo, que tiene incidencia desfavorable en la misma planta de producción y poblaciones aledañas.

1.11. TIPO DE EMPRESA

Industria Avícola Rico Pollo Sociedad Anónima Cerrada – Camal de cerdos
– Planta de tratamiento de efluentes líquidos.

1.12. RESPONSABLE DEL PROYECTO

Luis Alberto Barreda Gamero

Bachiller en Ingeniería Industrial

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. IDEA DE AGUA

El agua (en latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El termino agua, generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre.

Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96.5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1.74% los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1.72% y el restante 0.04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad de suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

El agua es esencial para la mayoría de las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana. El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre. Sin embargo estudios

de la FAO, estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes del 2030.

2.2. USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA

La conferencia internacional del agua y medio Ambiente de Dublín, declaró en 1992 que la salud y el bienestar del género humano, la seguridad alimentaria, el desarrollo industrial y los ecosistemas de los cuales dependen, están todos en peligro, a menos que se gestione más eficazmente los recursos de agua y tierra.

La industria es un motor esencial para el crecimiento económico. Como tal es clave para el progreso económico y social, contribuye positivamente a dos de los tres componentes que deben desarrollarse en armonía si se quiere alcanzar el desarrollo sostenible. Sin embargo, la necesidad de aumentar el rendimiento económico, particularmente en los países en transición, ha excluido el proceso de planificación con demasiada frecuencia, la consideración del tercer componente: La protección del medio ambiente. Por ejemplo, los recursos adecuados de agua de buena calidad no son solo importantes para mantener a las comunidades humanas y a los ecosistemas naturales, sino que constituyen una materia prima esencial para la industria.

Calidad: Aunque la industria requiere agua de gran calidad para la fabricación, la que elimina puede no alcanzar los mismos niveles de calidad. En el mejor de los casos, esto representa una carga para las plantas de tratamiento responsables de restaurar la calidad del agua hasta niveles adecuados para el reciclado. En el peor de los casos, las aguas residuales industriales se vierten, sin tratar, en los cursos de agua abiertos, reduciendo la calidad de grandes volúmenes de agua y, en algunos casos, infiltrándose en los acuíferos y contaminando importantes recursos subterráneos. Esto pone en peligro a las comunidades situadas en las cuencas bajas, que dependen de esos recursos para su abastecimiento primario de agua (**ONU DI, 2003**).

En muchos países en vías de desarrollo, la industria aprovecha una eficaz gestión local del agua, pasando la responsabilidad de la demanda o bien a los ya sobrecargados servicios públicos, a las comunidades locales y a los usuarios. Normalmente, los costes adicionales, financieros y medioambientales, soportados por los sistemas de aguas locales, o directamente por otros usuarios, no se tienen en cuenta en las estadísticas sobre el desarrollo económico nacional. De hecho, los gobiernos suelen mostrar los costes de capital del suministro de agua y del tratamiento de aguas residuales, como avances en el desarrollo, en vez de como costes de traslados al gobierno por los inversores industriales. Para restaurar el equilibrio entre los objetivos económicos y medioambientales se deben

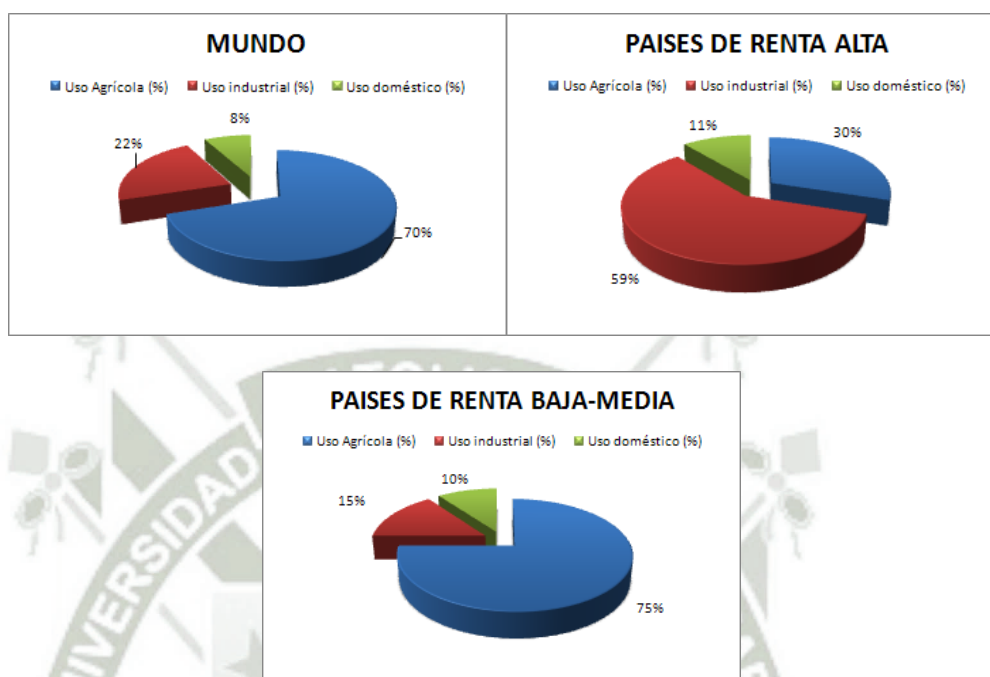
integrar las mejoras en el abastecimiento con una mejor gestión de la demanda tanto en el gobierno como a escala de las empresas.

Tabla 1: Uso del agua a nivel mundial

	Uso Agrícola (%)	Uso industrial (%)	Uso doméstico (%)
MUNDO	70	22	8
RENTA BAJA	87	8	5
RENTA MEDIA	74	13	12
RENTA BAJA-MEDIA	75	15	10
RENTA MEDIA-ALTA	73	10	17
RENTA ALTA	30	59	11

Fuente: Banco Mundial (2005)

Ilustración 1: El uso industrial del agua aumenta con la renta de los países



Fuente: Banco Mundial (2005)

Una consecuencia de la liberalización del comercio y la globalización de la industria ha sido la migración de las industrias manufactureras de los países de renta alta a los países de renta baja, a veces por la simple reubicación de las plantas de producción.

De este modo tecnologías industriales desarrolladas en regiones relativamente ricas en agua se utilizan en áreas donde el agua es un bien escaso o donde los gobiernos tienen menos capacidad para adaptar el crecimiento de las infraestructuras al aumento de la demanda. Como conflictos entre los

usuarios. Los grupos más pobres de la sociedad, que normalmente tienen mayores dificultades para negociar un acceso justo, pueden quedar cada vez más marginados a medida que aumenten los conflictos. En este momento, es necesario considerar tanto las medidas de precaución como las innovadoras para evitar pérdidas irreparables o el deterioro de los recursos de agua (ONUDI, 2003).

2.3. AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA (ARI):

Son todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

Las ARI se subdividen en aguas de refrigeración directa e indirecta, aguas de proceso: lavados transportes, etc. En concreto las aguas residuales industriales son las que proceden de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción transformación o manipulación se utilice agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de drenaje.

Los líquidos residuales derivan directamente de la fabricación de todo tipo de productos. Consisten en disoluciones acuosas a distinta concentración de los productos empleados en el proceso productivo. Es imprescindible el tratamiento de esta agua previo a su vertido debido al poder contaminante que

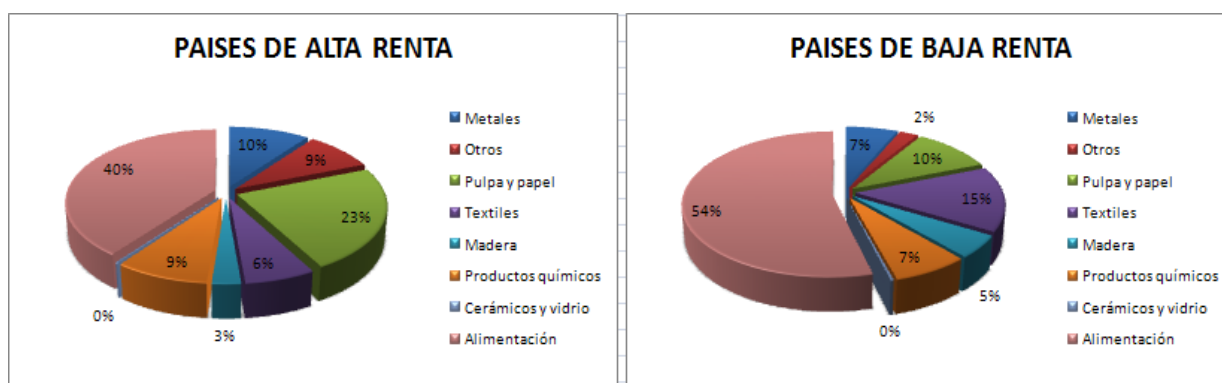
tiene variable según concentraciones de los agentes contaminantes (**Real Decreto 849/1986**).

2.4. AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA E INDUSTRIA CÁRNICA:

a. Aguas residuales en la industria alimentaria:

Los vertidos de los procesos de elaboración de productos alimentarios normalmente contienen materia orgánica (disuelta en un estado coloidal) en distintos estados de concentración, resultando así recomendables diversos sistemas biológicos de tratamiento de vertidos. Puesto que estos vertidos difieren de las aguas residuales domésticas. Las estimaciones a escala mundial, sobre emisiones de contaminantes orgánicos del agua por distintos sectores industriales, se muestran en la figura N° 2-1, inevitablemente las industrias basadas en materias primas orgánicas son siempre las que contribuyen más a la descarga de contaminantes orgánicos, siendo los sectores de alimentos y bebidas los más contaminantes, en todo el rango de rentas de los países encuestados. Las industrias del sector de la madera, incluidas la pulpa de papel y la textil contribuyen también de manera importante, viniendo determinados sus respectivos valores por la importancia relativa de los diferentes sectores industriales en los distintos grupos de países según renta.

Ilustración 2: Contribución de los principales sectores industriales a la producción de contaminantes orgánicos del agua



Fuente: Banco mundial (2005)

b. USO DEL AGUA EN EL CAMAL DE CERDOS:

En este sentido los mataderos de cerdos producen una gran cantidad de aguas residuales, caracterizadas por presentar altas concentraciones de materia orgánica biodegradable, materia coloidal y suspendida, tales como grasas, proteínas y celulosa. La calidad de estas aguas varía dependiendo del proceso industrial, del consumo de cerdos sacrificados, de las dimensiones de las instalaciones de la procesadora, de la eficiencia de recolección de sangre y del manejo del agua en el proceso industrial. En general, la composición y flujo de estas aguas residuales dependen del número de animales sacrificados (Del Nery et.al. 2001).

Las aguas residuales de los mataderos (ARM) son altamente contaminantes debido a su elevada demanda bioquímica de oxígeno

(DBO), por lo que provocan un alto impacto ambiental en cuerpos receptores. Los principales efectos perjudiciales de los vertidos de las fábricas de productos cárnicos son:

- La disminución del oxígeno.
- Los depósitos de fangos
- Los colores del efluente
- Olores desagradables al ambiente.

Si estas aguas residuales no son tratadas contribuyen a la degradación de los medios acuáticos. Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA 2002), los tratamientos de las aguas residuales las aguas residuales de este tipo de industria se clasifican en tres categorías:

1. **Primarios:** Para remover sólidos sedimentables y suspendidos.
2. **Secundarios:** Para remover materia orgánica
3. **Terciarios:** Para remover nitrógeno y fósforo.

Ante este escenario, los efluentes de las industrias avícolas deben de ser llevados a una planta de tratamiento antes de su descarga a los cuerpos receptores o a la red de alcantarillado.

La eficiencia de los sistemas de tratamiento empleando diferentes opciones como los lodos activados, reactores anaeróbicos, productos químicos,

pretratamientos en sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) y tamices, entre otros, han sido evaluados por varios investigadores, demostrando que remueven más del 80% de la demanda química de oxígeno (DQO) presente en estas aguas **(Márquez y Guevara, Matsumura y Mierzwa, Rusten y Siljudalen; citado por Caldera et. Al. 2010).**

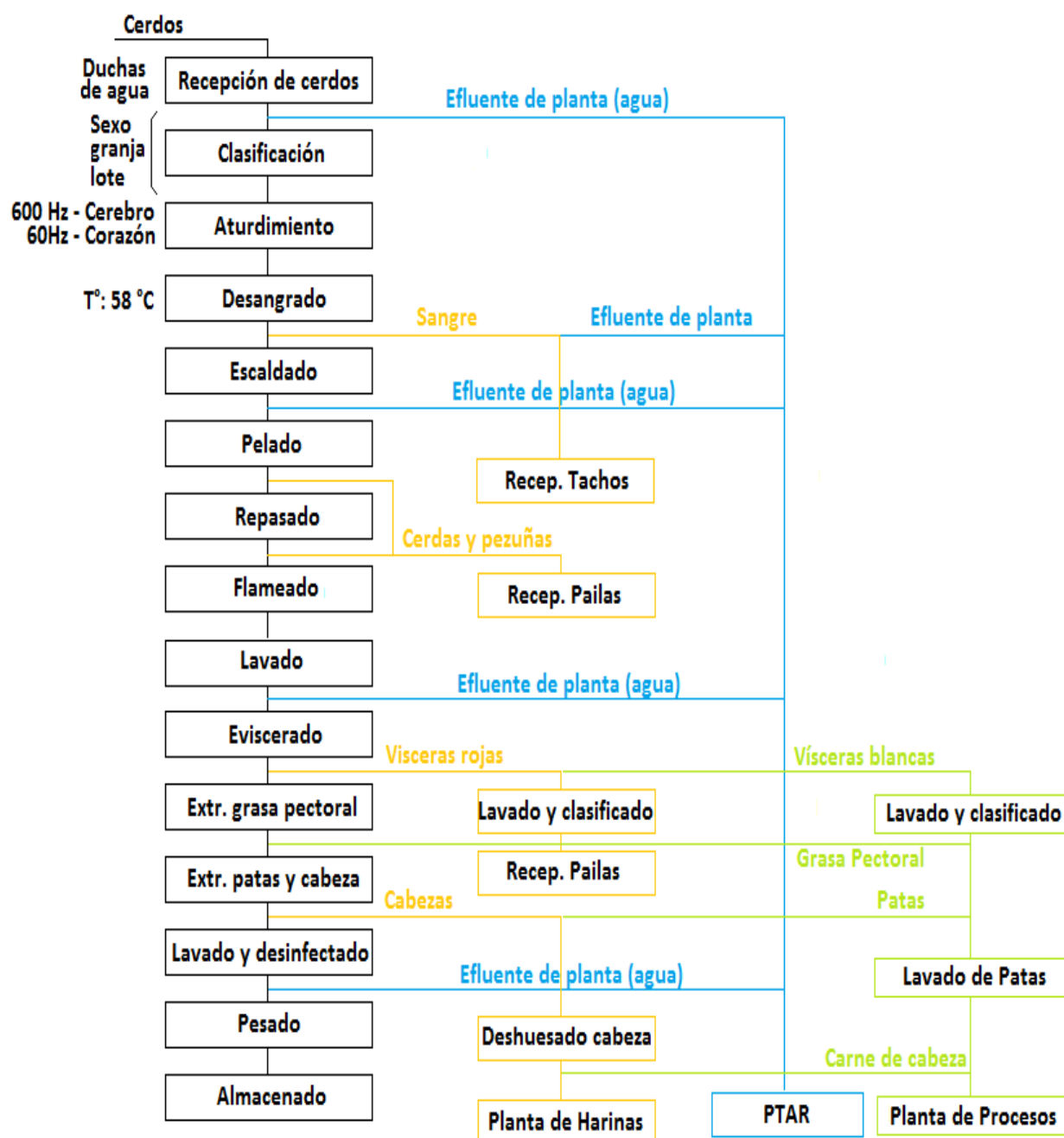
c. RESIDUOS EN UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE CERDOS:

Los residuos encontrados dentro de un matadero son de 2 tipos:

- Líquidos
- Sólidos

Dentro de los residuos líquidos tenemos la sangre animal, el agua que se vierte durante el proceso productivo y finalmente el agua que se vierte después de la matanza, mientras que dentro de los sólidos tendríamos el estiércol, bazofia y vísceras. En este sentido los mataderos producen una gran cantidad de aguas residuales que se caracterizan por presentar altos caudales y concentraciones de materia orgánica compuesta principalmente por grasa, proteínas y celulosa, que expresadas en DQO y DBO alcanzan altas concentraciones, dependiendo del número de animales sacrificados diariamente, la dieta del animal faenado, la recolección de productos y sub-productos y la racionalidad en el uso del recurso dentro del proceso **(Massé, 2000 citado por Pabón y Suarez 2009).**

Diagrama 1: Bloques Del Proceso De Beneficio De Cerdos



2.5. PRINCIPALES PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS DADOS EN LA LEGISLACIÓN PERUANA

a) Definiciones Importantes:

- **Límite Máximo permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos químicos o biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daño a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental (D.S. 003-2010 MINAM).
- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos químicos o biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos y rangos.

El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos

debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de ecosistemas, de acuerdo a la norma sobre la materia (**Ley N° 28611 Ley General del Ambiente**).

Que es necesario regular las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, garantizando la sostenibilidad del tratamiento de aguas residuales, estableciendo y aprobando para estos Valores máximos admisibles (VMA) en lugar de LMP; pues estos últimos son parámetros de orden ambiental que se aplican a las descargas de efluentes en cuerpos receptores y tiene influencia en el ecosistema y el ambiente. Que en este sentido resulta necesario modificar e incorporar las disposiciones pertinentes establecidas en el Texto Único Ordenado (TUO) del reglamento de la ley General a fin de concordar la nomenclatura y definición de los VMA.

- **Valores Máximos Admisibles (VMA):** Entiéndase por Valores Máximos Admisibles como aquellos valores de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño

inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales **(D.S. 021-2009 VIVIENDA)**.

Por lo expuesto anteriormente, se puede inferir que los Valores Máximos Admisibles (VMA) son los que rigen este proyecto:

Tabla 2: Principales parámetros vigentes establecidos en la legislación peruana

Parámetro	Unidad	Expresión	VMA
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/l	(DBO₅)	40
Demanda química de oxígeno	mg/l	(DQO)	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	(SST)	500
Aceites y Grasas	mg/l	(AyG)	100

Fuente: D.S. 021-2009 VIVIENDA

b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):

Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica de los compuestos orgánicos degradables existentes en el líquido residual.

Fijando ciertas condiciones de tiempo y Temperatura.

Cantidad de oxígeno consumida durante un tiempo determinado, a una temperatura dada, para descomponer por oxidación las materias orgánicas. Es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua a partir de su contenido de sustancias biodegradables. Ese contenido se expresa en función de la demanda de oxígeno de los microorganismos participantes en la degradación de la materia orgánica presente a 20°C en un tiempo predeterminado (Usualmente 5 días).

c) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Expresa la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química de la materia orgánica. Generalmente es mayor que el valor de la DBO, porque suele ser mayor el número de compuestos que se oxidan por vía química que biológica, ante la frecuencia de un oxidante fuerte como los dicromatos.

La fijación química se debe al oxígeno consumido por los cuerpos reductores sin intervención de organismos vivos, esto es común en los efluentes industriales.

Es una característica cuantificable del grado de contaminación del agua por la presencia de sustancias orgánicas mensurando la cantidad de oxígeno necesario para su oxidación. EL dicromato de potasio es generalmente usado como agente oxidante. La DQO generalmente se produce en valores

superiores a la DBO y a veces considera sustancias que no son biodegradables.

d) Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Son los materiales suspendidos y disueltos en el agua. Se obtienen después de someter al agua a un proceso de evaporación a temperaturas comprendidas entre 103 y 105 °C. La porción filtrable representa a los Sólidos Coloidales Totales Disueltos y la no filtrable son los Sólidos Totales en Suspensión (SST).

e) Aceites y Grasas (AyG):

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Su efecto en los sistemas de tratamiento de aguas residuales o en las aguas naturales se debe a que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera. No permiten el libre paso de oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera; en casos extremos pueden

llegar a producir acidificación del efluente junto con bajos niveles de oxígeno disuelto, además de interferir con la penetración de la luz solar.

2.6. METODOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES

2.6.1. Tratamiento Preliminar:

El tratamiento preliminar de las aguas residuales se define como el proceso de eliminación por medios físicos de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. En la mayoría de las plantas, el tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y facilitar los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el tratamiento preliminar están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites y grasas. Para alcanzar los objetivos de un tratamiento preliminar se emplean continuamente los siguientes dispositivos:

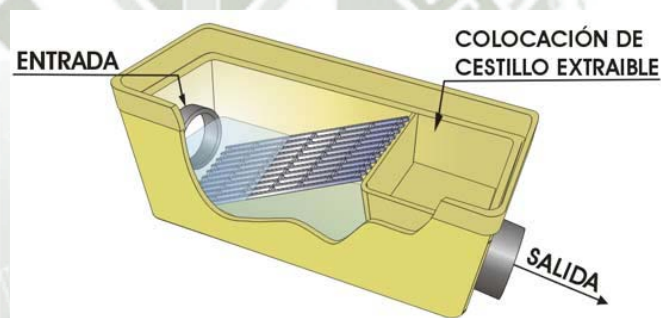
- Rejas de barra o tamices, para la eliminación de los sólidos gruesos.
- Desmenuzadores, ya sean molinos, cortadoras o trituradoras.
- Sistemas de flotación, para la eliminación de grasas y aceites.

- Desarenadores, para la eliminación de la materia en suspensión gruesa que pueda causar obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos.

a) Rejillas de desbaste:

El objetivo es la separación de sólidos flotantes de gran tamaño mediante el uso de rejillas (Kiely, 1999).

Ilustración 3: Rejilla de desbaste



Fuente: www.bupolsa.com

b) Homogenización

Pueden servir para homogenizar el caudal, la carga orgánica, los nutrientes o el pH, o como preaireador. Los tanques de preaireación son beneficiosos para los procesos posteriores de decantación primaria y tratamiento secundario. La preaireación produce la prefloculación de algunos sólidos en suspensión y mejora las

características de sedimentación. La aireación en línea puede aportar una reducción de carga orgánica de hasta un 20% en DBO (Kyeli,1999).

La incorporación de aire permite flocular la suspensión, separar gases, flotar grasas e incrementa el oxígeno en el agua. El tiempo de suministro varía de 10 a 60 minutos, su intensidad de 3 a 8 m³/m²h (Kutera, 1988).

2.6.2. Tratamiento Primario:

Principalmente se pretende la reducción de los sólidos en suspensión (SST) del agua residual.

Dentro de los sólidos en suspensión pueden distinguirse:

- Los sólidos sedimentables: Son los que sedimentan al dejar el agua residual en condiciones de reposo, este tiempo también dependen del tamaño del sedimentador.
- Los sólidos flotantes: Definibles por contraposición a los sedimentables.
- Los sólidos coloidales: Con tamaños de entre 10-6 y 10-9 micras.

Como en general, parte de los SST están constituidos por materia orgánica, consecuencia del tratamiento primario suele ser la reducción de la DBO. El grado de reducción de estos índices de contaminación depende del proceso utilizado y de la característica del agua residual.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente, a estos dispositivos se les puede distinguir bajo el nombre de tanques de sedimentación. Debido a la diversidad de diseños y operación, los tanques de sedimentación pueden dividirse en cuatro grupos generales, que son **(ANESAPA, 2004):**

1. Tanques Sépticos
2. Tanques de doble acción
3. Tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.
4. Clarificadores de flujo ascendente con eliminación mecánica de lodos.

Aunque existen múltiples procesos, se pueden considerar incluidos dentro del tratamiento primario:

a) Proceso de separación sólido-líquido:

- Sedimentación, también llamada decantación primaria.
- Flotación
- Proceso mixto (decantación-flotación)

b) Procesos complementarios de mejora:

- Floculación
- Coagulación (proceso físico-químico)

A) Sedimentación o decantación:

Operación física en la que se aprovecha la fuerza de 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. Realmente, este tipo de partículas (grandes y densas, como las arenas) se tienen en pocas ocasiones en aguas industriales. Lo más habitual es encontrar sólidos poco densos, por lo que es necesario, para hacer más eficaz la operación, llevar a cabo la coagulación-floculación

previa, que como se explicará más adelante consisten en la adición de ciertos reactivos químicos para favorecer el aumento de tamaño y densidad de las partículas.

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es viable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.).

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.)

- **Sedimentadores regulares:** La velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas).

Este tipo de sedimentación se denomina discreta, dado que las partículas no varían sus propiedades físicas a lo largo del desplazamiento hacia el fondo del sedimentador. Suelen ser equipos poco profundos, dado que, al menos teóricamente, este parámetro no influye en la eficacia de la separación, siendo el principal parámetro el área horizontal del mismo.

- **Sedimentadores circulares:** Son más habituales. En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento de agua disminuye al alejarnos del centro sedimentador. Esta forma de operar es adecuada cuando la sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño de floculo aumenta al descender las partículas, y por lo tanto aumenta su velocidad de sedimentación.

Las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se empujan hacia la salida. Estos fangos, en muchas ocasiones y en la misma planta de tratamiento se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final.

Ilustración 4: Sedimentador convencional de forma rectangular y flujo horizontal



Fuente: www.bvsde.paho.org

B) Flotación:

Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Obviamente, esta superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Obviamente, esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan densidad inferior o muy parecida a la del agua, así como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmiscible, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire ayudan a flotar más rápidamente estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos es menor que la del agua.

En esta operación hay un parámetro importante a la hora del diseño: La relación aire/sólidos ml/l de aire liberados en el sistema por cada mg/l de concentración de sólidos en suspensión contenidos en el agua a tratar. Es un dato a determinar experimentalmente.

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, los sistemas de flotación pueden ser: Flotación por gravedad, flotación al vacío, electrofloculación, flotación por aire disuelto (DAF), flotación por aire inducido.

- **Flotación por aire disuelto (DAF):** En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son: La bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.
- **Flotación por aire inducido:** La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por roto agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

C) Coagulación-Floculación:

En muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño (10^{-6} a 10^{-9} micras), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre partículas.

Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. 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 partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.) Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{+3} , Al^{+3}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

- **Sales de Fe^{+3} :** Pueden ser Cl_3Fe o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, sino se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- **Sales Al^{+3} :** Suele ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso en peso de aluminio de kg dosificado.

- **Polielectrolitos:** Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el costo es mucho mayor.

El ánodo suele ser de aluminio, formándose cationes de Al^{+3} mientras que en el cátodo se genera H_2 , siendo útil si la separación posterior de la materia es por flotación (Khemis y Col, 2006). No hay reglas generales en cuanto a qué coagulantes más eficaz en cada caso. Normalmente, para un agua residual concreta, se hace un denominado “ensayo de jarras” (jar test) donde se analiza la eficacia de los distintos productos (o mezcla de productos) así como el pH y dosificación óptima.

Tabla 3: Características de algunos reactivos coagulantes

Coagulante	Dosis (mg/lit.)	pH óptimo	Aplicaciones
Cal	150-500	9	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)
$FeCl_2$	70-200	4 – 7	Eliminación de coloides (2)

(1) Eliminación de coloides y fósforo. Agua con baja alcalinidad y alta concentración de fósforo.

(2) Eliminación de coloides y fósforo. Agua con alta alcalinidad y baja concentración de fósforo.

Fuente: Tratamiento Avanzado de aguas residuales (2006)

D) Tanque Imhoff:

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos principalmente. Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requieren de partes mecánicas, sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

- Cámara de sedimentación
- Cámara de digestión
- Acumulador de natas

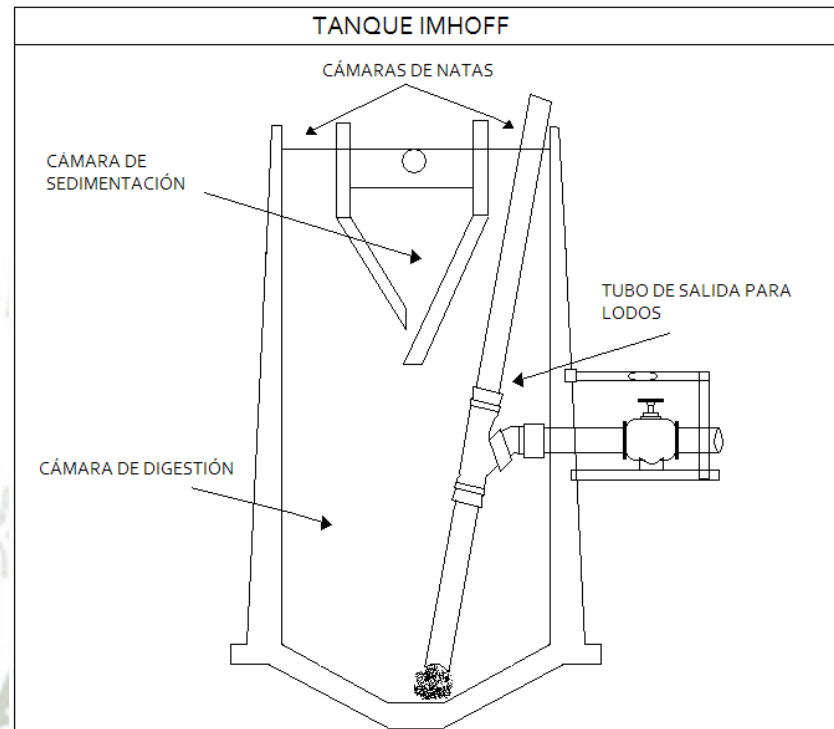
Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las partes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión son desviados hacia la cámara de natas o áreas de ventilación.

Ventajas del uso de tanques Imhoff:

- Contribuyen a la digestión del lodo, mejor que un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente salvo casos excepcionales.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.

Un tanque Imhoff elimina del 40 al 55% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 al 38%. Los lodos del tanque Imhoff se extraen periódicamente de acuerdo a los caudales de aguas tratadas **(OPS/CEPIS 2005)**.

Ilustración 5 Esquema de tanque Imhoff



Fuente: OPS/CEPIS 2005

2.6.3. Tratamiento Secundario:

El objetivo del tratamiento secundario es la remoción de materia orgánica (**Gaudy y Gaudi, 1971**), típicamente medida como la fracción soluble de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esta etapa del tratamiento es muchas veces vista como la principal de una planta de tratamiento, y la que define como biológico a aquellos procesos que utilizan organismos biológicos para la remoción de la demanda orgánica.

Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P). Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales.

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan NyP, y por último, en el caso del sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será la clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente.

En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento aceptor de electrones, en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas.

A) Sistemas aerobios:

Podemos definir los procesos biológicos de depuración aerobial, como aquellos realizados por determinado grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que en presencia de oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación. La unión de materia orgánica, bacterias y sustancias minerales forma los flóculos y el conjunto de flóculos es lo que conoce como fango biológico. Son muchas las posibilidades de tratamiento:

1. Cultivos en suspensión: Proceso de fangos activados (lodos activados), y modificaciones en la forma de operar: aireación prolongada, contacto-estabilización, reactor discontinuo secuencial (SBR).
2. Cultivos fijos: Los microorganismos se pueden inmovilizar en la superficie de sólidos (Biomasa soportada), destacando los filtros percoladores (también conocido como lechos bacterianos o filtros biológicos).

B) Fangos o lodos activados:

Consiste en poner en contacto un medio aerobio, normalmente en una balsa aireada, el agua residual con flocos biológicos previamente formados, los que absorben la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias presentes. Junto con el proceso de degradación, y para separar los flocos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza una recirculación de parte de los fangos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el interior del reactor, además de una purga equivalente a la cantidad crecida de organismos.

El proceso de fangos activados es un sistema de tratamiento de las aguas residuales en el que se mantiene un cultivo biológico formado por diversos tipos de microorganismos y el agua residual a tratar. En los tratamientos biológicos aerobios de aguas residuales, el sistema de lodos activados es uno de los más efectivos para lograr que los desechos orgánicos sean estabilizados microbiológicamente, mu microflora se considera dependiente de la composición del agua residual que va a ser tratada (**Yasushiko 1969, citado por Vargas et.al. 1992**). Los microorganismos se alimentarán de las sustancias que lleva el agua residual para generar más microorganismos y en el proceso se forman unas partículas fácilmente decantables que se

denominan flóculos y que en conjunto constituyen los denominados fangos activos o biológicos.

Principio de Funcionamiento:

En el proceso de fangos activados pueden distinguirse dos operaciones claramente diferenciadas: La oxidación y la separación sólido-líquido.

La primera tiene lugar en el denominado reactor biológico o cuba de aireación donde vamos a mantener el cultivo biológico, denominado licor de mezcla, está formado por gran número de microorganismos agrupados en flóculos conjuntamente con materia orgánica y sustancias minerales. Dichos microorganismos transforman la materia orgánica mediante las reacciones de oxidación biológica.

La población de microorganismos debe de mantenerse a un determinado nivel, concentración de sólidos en suspensión en el licor de mezcla (SSLM), para llegar a un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos necesarios para que se elimine dicha carga. En esta fase del proceso que ocurre en la cuba de aireación, es necesario un sistema de aireación y agitación, que provoque el oxígeno necesario para la acción depuradora de las bacterias aerobias, que permita la homogenización de la cuba y por lo

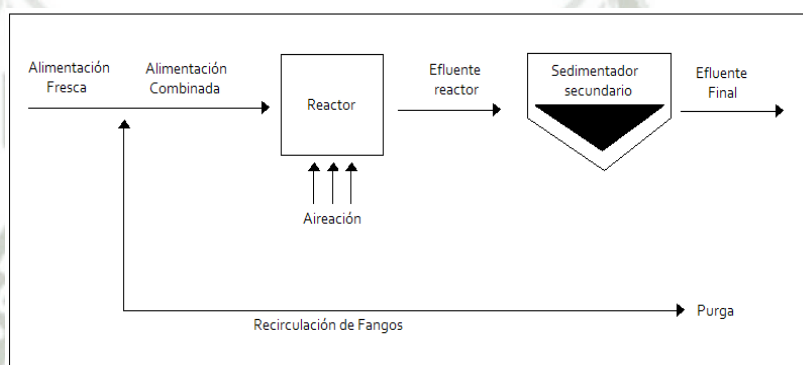
tanto que todo el alimento llegue igual a todos los organismos y que evite la sedimentación de los flóculos y el fango.

Una vez que la materia orgánica ha sido suficientemente oxidada, lo que requiere un tiempo de retención del agua en el reactor, el licor de mezcla pasará al denominado decantador secundario o clarificador. Aquí, el agua con fango se deja reposar y por tanto, los fangos floculados tienden a sedimentarse, consiguiéndose separar el agua clarificada de los fangos. El agua clarificada constituye el efluente que se vierte al cauce y parte de los fangos floculados son recirculados de nuevo al reactor biológico para mantener en el mismo una concentración suficiente de organismos. El excedente de fangos se extrae del sistema y se evacua hacia el tratamiento de fangos.

Dentro de los parámetros básicos de funcionamiento, un parámetro importante es el de la aireación. La solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (en torno a 8-9 mgO₂/lit. dependiendo de presión y temperatura) por lo que será necesario asegurar el suministro de microorganismos, utilizando aireadores superficiales capaces de suministrar 1 kgO₂/KW.hr, o bien difusores. El valor mínimo de operación aconsejable de concentración de oxígeno disuelto es de 2 mg/lit. El consumo eléctrico en esta operación será importante dentro de los costes de operación del proceso.

La denominada “Edad Celular” también es un parámetro importante. Se refiere al tiempo medio que permanecen los fangos (flóculos, microorganismos) en el interior del sistema. Esta magnitud suele tener un valor de 5-8 días en condiciones convencionales de operación.

Ilustración 6: Esquema del proceso de lodos activados



Fuente: Informe de Tratamientos Avanzados de aguas residuales (2006)

C) Procesos aerobios con biomasa soportada

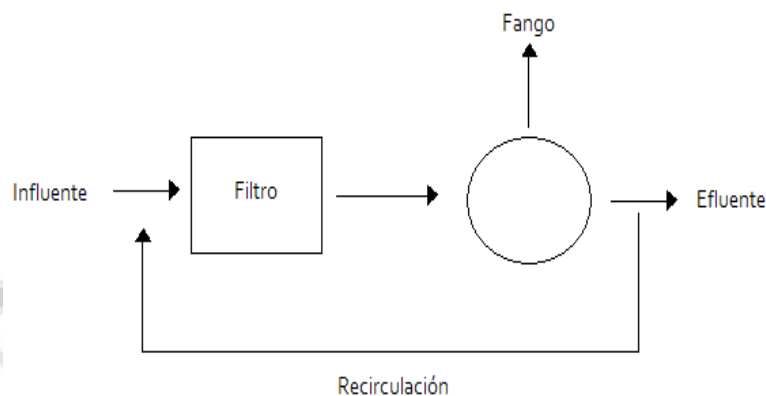
Una de las formas de conseguir concentraciones suficiente de microorganismos, sin necesidad de recirculación, es favoreciendo su crecimiento en la superficie de sólidos. Se evitan de esta forma los posibles problemas en la sedimentación y recirculación de fangos, frecuente en los procesos clásicos de fangos activados. Sin embargo el aporte de oxígeno será de nuevo un factor importante, consiguiéndose en

este caso bien en la distribución del líquido, bien por movimiento del sistema.

- **Filtros percoladores:** También denominados filtros biológicos o lechos bacterianos. Son los sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos en la industria. Suelen ser lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de plástico o cerámica con formas especiales para desarrollar una gran superficie. Sobre la superficie crece una fina capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual a tratar, que moja en su descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio suficiente para que circule el aire, que asciende de forma natural. El crecimiento de la biomasa provoca que parte de los microorganismos se desprendan de la superficie, y por lo tanto, seguirá siendo necesaria una sedimentación posterior para su separación del efluente.

En general también se realiza una recirculación de parte del efluente limpio, una vez producida la separación. Un esquema sencillo se muestra en la figura 2-9. En estos sistemas, la velocidad de carga orgánica es el parámetro más importante teniendo rangos de aplicación en la industria desde 30 a 10000 kgDBO/día y 100 m³ de reactor, siendo los tamaños muy variables (desde 2 hasta 10 m de altura).

Ilustración 7 Diagrama de operación típico de un filtro percolador



Fuente: Informe: Tratamientos Avanzados de aguas residuales (2006)

- **Contactores biológicos Rotatorios (RBC):** También llamados biodiscos, consisten en una serie de placas o discos soportados por un eje y parcialmente sumergidos (40%) en una balsa que contiene agua residual. El eje junto con los discos gira lentamente.

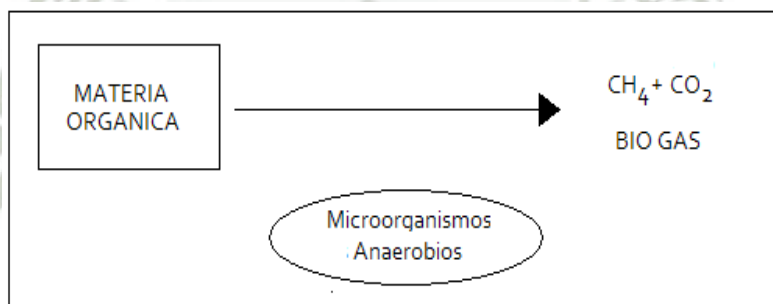
Sobre la superficie de los discos crece la biopelícula, que sucesivamente, se moja y entra en contacto con el aire, produciéndose la degradación de la materia orgánica. Son fáciles de manejar y convenientes cuando se trata de pequeños caudales. Normalmente el tamaño es de entre 1 y 3 metros de diámetro, está separados unos 10-20 centímetros y con velocidades de giro de 0.5 a 3 RPM (Revoluciones por Minuto).

D) Sistemas Anaerobios:

- **Digestión Anaerobia:**

La digestión Anaerobia es el proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y de CO_2 , en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas.

**Ilustración 8: Degradación biológica de la materia orgánica
(proceso anaerobio)**

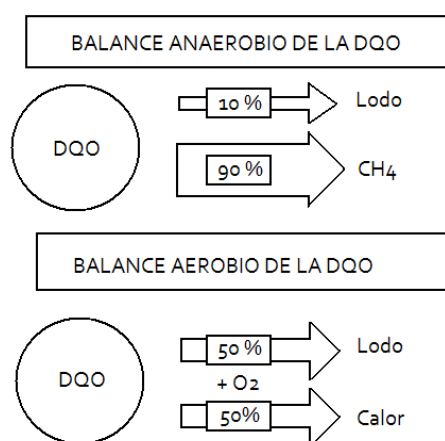


Fuente: Vargas 2006

Balance: En el campo de tratamiento de las aguas residuales, la contaminación orgánica es evaluada a través de la DBO, o de la DQO, la cual mide básicamente la concentración de materia orgánica. La forma de apreciar lo que ocurre con la materia orgánica en el tratamiento anaerobio de aguas residuales, es comparando su

balance de DQO con el del tratamiento aerobio. La digestión anaerobia es un proceso de transformación y no de destrucción de la materia orgánica, como no hay presencia de un oxidante en el proceso, la capacidad de transferencia de electrones de la materia orgánica permanece intacta en el metano producido. En vista de que no hay oxidación, se tiene que la DQO teórica del metano equivale a la mayor parte de la DQO es convertida en lodo (3 a 10%). En las reacciones bioquímicas que ocurren en la digestión anaerobia, solo una pequeña parte de la energía libre es liberada, mientras que la mayor parte de esa energía permanece como energía química en el metano producido.

Ilustración 9: Comparación del balance de la DQO para procesos anaerobios y aerobios



Fuente: Arias 2004

La degradación anaerobia de la materia orgánica requiere la intervención de diversos grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas, las cuales utilizan en forma secuencial los productos metabólicos generados por cada grupo. La digestión anaerobia de la materia orgánica involucra tres grandes grupos tróficos y cuatro pasos de transformación:

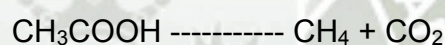
1. **Hidrólisis: Grupo 1:** bacterias hidrolíticas
2. **Acidogénesis: Grupo I:** Fermentativas
3. **Acetogénesis: Grupo II:** bacterias acetogénicas
4. **Metanogénesis: Grupo III:** bacterias metanogénicas

El proceso se inicia con la hidrólisis de polisacáridos, proteínas y lípidos por la acción de enzimas extracelulares producidas por las bacterias del grupo I. Los productos de esta reacción son moléculas de bajo peso molecular como los azúcares, los aminoácidos, los ácidos grasos y los alcoholes los cuales son transportados a través de la membrana celular; posteriormente son fermentados a ácidos grasos con bajo número de carbonos como los ácidos acéticos, fórmicos, propiónico y butírico, así compuestos reducidos como el etanol, además de H_2 y CO_2 . Los productos de fermentación son convertidos a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono por la acción de bacterias del Grupo II, las cuales son conocidas como “bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno”.

Finalmente las bacterias del Grupo III o metanogénicas convierten el acetato a metano y CO₂, o reducen el CO₂ a metano. **(Díaz-Báez, 2002).**

La formación de metano, siendo este el último producto de la digestión anaerobia, ocurre por dos grandes rutas: La primera de ellas, es la formación de metano y dióxido de carbono a partir del principal producto de la fermentación, el ácido acético. Las bacterias que consumen el ácido acético se denominan bacterias acetoclastas.

La reacción, planteada de forma general, es la siguiente:

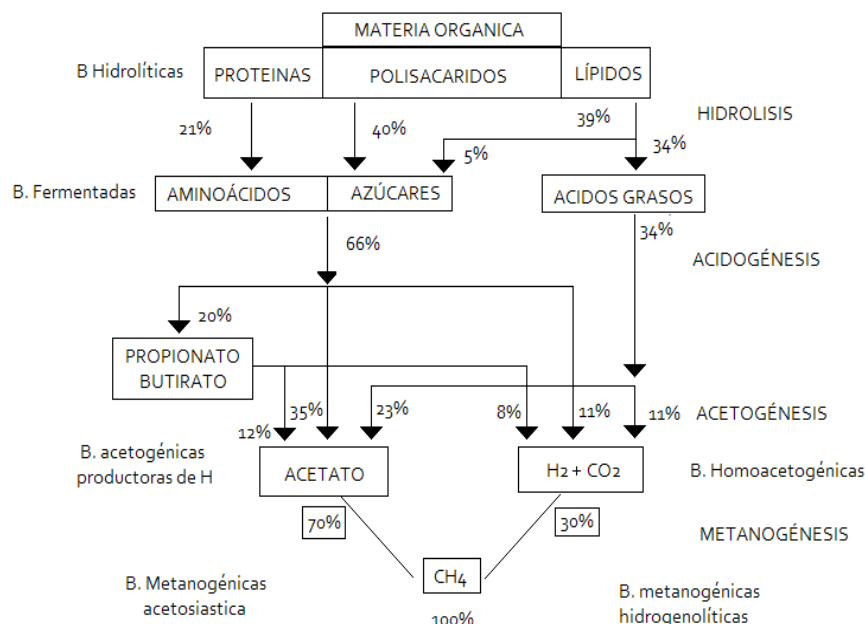


Algunas bacterias metanogénicas son también capaces de usar el hidrógeno para reducir el dióxido de carbono a metano (metanogénicashidrogenoclastas) según la reacción:



La metanogénesis es la etapa crítica en el proceso de degradación, por las características de las bacterias que llevan a cabo, y por ser la más lenta de todo el proceso. En buena medida, la digestión anaerobia se ha de llevar a cabo en las condiciones óptimas para el buen funcionamiento de estas baterías metanogénicas.

Ilustración 10: Etapas de digestión anaerobia



Fuente: ANESAPA, 2004

Fuente: Madigan, 1997, Van Haandel, 1994

• Reactores utilizados:

Condiciones de operación:

Tanto las variables físicas como las químicas influyen en el hábitat de los microorganismos. En el proceso anaerobio es importante tener en cuenta la influencia de factores medioambientales. Las bacterias formadoras de metano son las más sensibles a estos factores, por lo que un funcionamiento inadecuado de las mismas puede causar una acumulación de productos intermedios (ácidos) y desestabilizar por

completo el sistema. Entre las variables más importantes se encuentran la temperatura, el pH y la disponibilidad de nutrientes. Por otro lado, la mezcla es un factor importante en el control de pH y en la uniformidad de las condiciones medioambientales.

Una buena mezcla distribuye las propiedades tampón a todo el reactor y evita la concentración de metabolitos intermedios que pueden ser causa de inhibición para las bacterias metanogénicas.

Los parámetros de seguimiento y control de un digestor anaerobio pueden situarse en la fase sólida (materiales orgánicos e inorgánicos en suspensión); fase líquida (parámetros fisicoquímicos y composición) y gaseosa (producción y composición). Estos parámetros pueden tener diferente significado y utilidad según la situación particular del equipo, que puede encontrarse en un periodo de puesta en marcha, en estado estacionario para sistemas continuos o en sistemas anaerobios, las cuales se caracterizan porque en cada generación se reduce el tiempo de retención hidráulico (TRH) y mejora el contacto entre el lodo y el sustrato, lo cual significa menores volúmenes de reactor, costos más bajos, sistemas más estables y de más fácil operación (Díaz-Báez, 2002; van Haandel, 1994).

- **Reactores de primera generación:** El tiempo de retención celular es igual al TRH, por lo que se requiere TRH muy altos, existe un contacto inadecuado entre la biomasa y la materia orgánica – lagunas Anaerobias, Tanque Séptico, Tanque Imhoff.
- **Reactores de segunda generación:** Se caracterizan por el hecho de que tienen mecanismos para retención de los lodos, independizando el tiempo de retención celular del TRH. Los dos mecanismos más aplicados son:
 - o Inmovilización del lodo por adhesión a material sólido – Filtros anaerobios (FA) de flujo ascendente o descendente.
 - o Separación líquido sólido del efluente, con el retorno de los sólidos separados al reactor UASB, el cual usa un sedimentador interno.

E) Filtro anaerobio (FA)

En este caso, los microorganismos anaerobios se desarrollan sobre la superficie de un sólido formando una biopelícula de espesor variable. El sólido permanece inmóvil en el interior del equipo, habitualmente una columna, constituyendo un lecho fijo. EL agua residual se hace circular a través del lecho, bien con flujo ascendente o bien descendente, donde entra en contacto con la biopelícula. Son sistemas tradicionalmente utilizados en muchas depuradoras de aguas residuales industriales con alta carga orgánica. Resisten muy bien alteraciones de carga en el

influyente pero no aceptan gran cantidad de sólidos en suspensión con el influente. El rango típico de cargas tratadas desde 5 – 15 kgDQO/m₃. día.

Reactor de manto de lodos y flujo ascendente (UASB):

Estos reactores solucionan el problema de recirculación de lodos al aumentar la concentración de biomasa en el reactor manteniéndola en su interior. Estos reactores fueron desarrollados en Holanda, por el profesor Lettinga en la década de los 80. Se trata de un reactor cuyo lecho está formado por gránulos de biomasa. Estos gránulos son porosos y con una densidad poco mayor que la del líquido, con lo que se consigue un buen contacto de este con la biomasa.

El agua residual entra por la parte inferior del tanque desde donde, mediante un sistema de tuberías perforadas, es distribuida en forma uniforme en toda la sección transversal del mismo. AL seguir, en su camino ascendente, pasa por la zona de digestión y el efluente es recogido de la parte superior del reactor por medio de canaletas transversales provistas de vertedores.

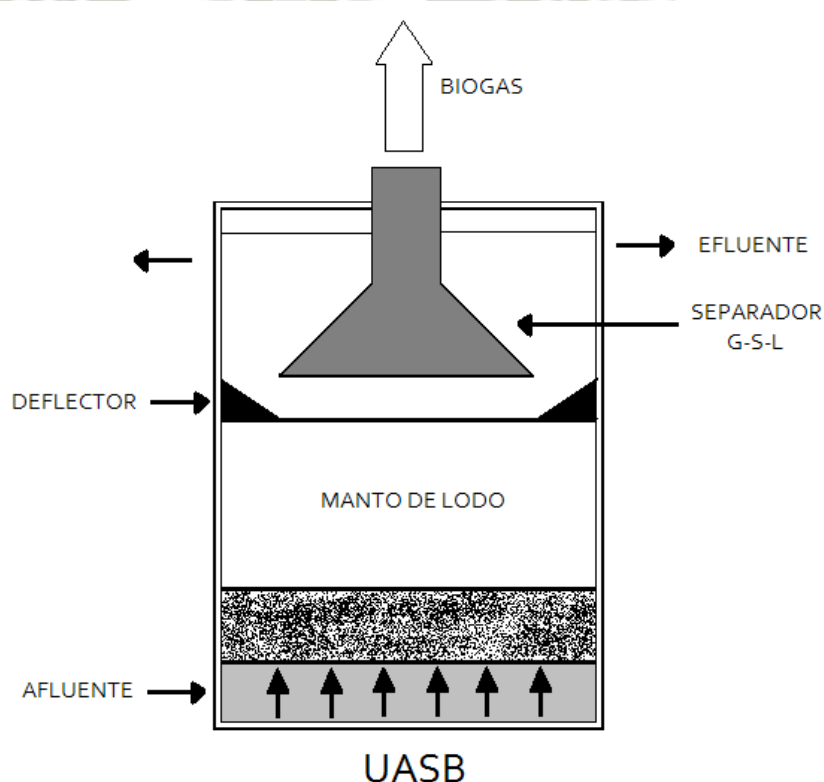
Debido al metabolismo anaerobio se tiene una baja producción de biomasa residual y alta retención de esta en el interior del reactor ya que los microorganismos se agrupan en forma de gránulos. Tales

conformaciones constituyen consorcios microbianos, en los que se encuentran bacterias fermentativas, acidogénicas, acetogénicas, metanogénicas, sulfato reductoras, además de protozoarios **(Zinder 1993; Pauli y col. 2001; citado por Cervantes et. Al. 2001)**; y son capaces de degradar y remover una gran variedad de compuestos, así como de reducir parcialmente el número de microorganismos patógenos y huevos de helmintos, que son retenidos en la cama de lodos **(Dixo y col. 1995; Jimenez, 2007; citado por cervantes et. Al. 2011)**.

La desventaja que presenta este tipo de reactores se debe a que en los efluentes queda remanente una pequeña fracción de materia orgánica y nutrientes como amonio y fósforo, por lo que algunos reportes coinciden en que los efluentes de este tipo requieren de un pos-tratamiento, particularmente aquellos que van a ser empleados para riego agrícola, uso para el cual la calidad microbiológica es relevante. Otros problemas que tiene este tipo de reactor son: Puesta en marcha, ya que se ha de conseguir que se desarrollen gránulos lo más estables posibles, la incidencia negativa que tiene el que el agua residual a tratar contenga una gran cantidad de sólidos en suspensión y la deficiente mezcla en la fase líquida que se logra. Los gases producidos durante el proceso de digestión anaerobia son separados de la fase líquida mediante el empleo de campanas localizadas en la parte superior. Desde estas

campanas, el gas es transportado a dispositivos especiales que realizan la quema del mismo. Flóculos de lodo eventualmente podrán subir a la superficie adheridos a las burbujas de biogás, pero después del desprendimiento del gas sedimentarán nuevamente hacia la zona de digestión para hacer parte de la manta de lodo. La figura N° 2-15 muestra el sistema de recolección de gases producidos en un sistema anaerobio de manto de lodo.

Ilustración 11: Esquema de operación del reactor UASB



Fuente: ANESAPA 2004

Reactores de Tercera generación:

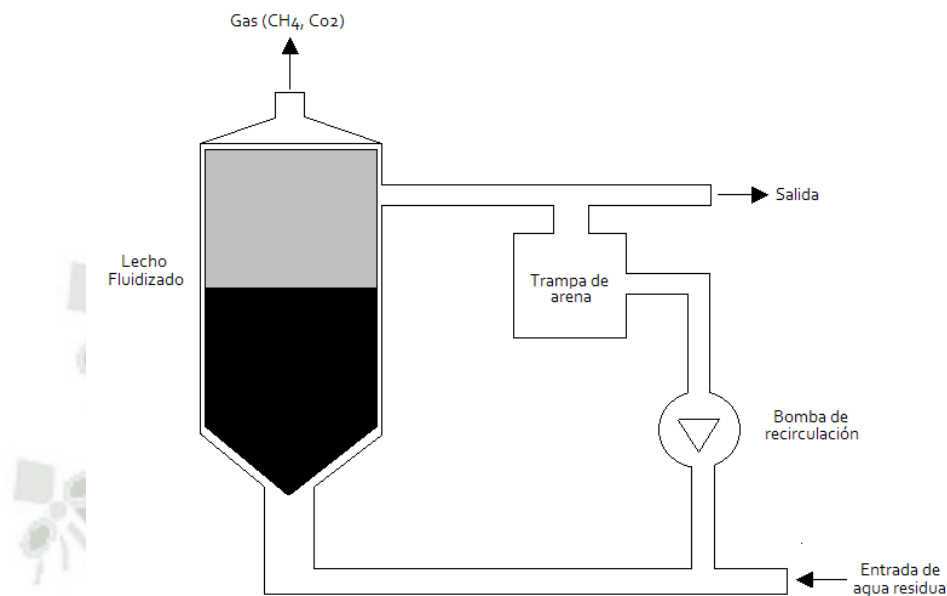
Para optimizar el contacto entre el sustrato y la biomasa, esta se adhirió con partículas de arena, alumina o plástico, las cuales se expanden Reactores de lecho fluidizado o expandido (RALF).

Reactor anaerobio de lecho fluidizado (RALF):

Son columnas en cuyo interior se introducen partículas de sólido poroso (arena, piedra pómez, biolita, etc.) y de un tamaño variable (1 – 5 mm) con el objetivo de que sobre su superficie se desarrolle una biopelícula bacteriana que lleve a cabo la degradación anaerobia. Para que las partículas permanezcan fluidizadas (en suspensión), es necesario realizar una recirculación del líquido para que su velocidad del mismo interior de la columna sea suficiente como para mantener dichas partículas expandidas o fluidizadas.

Este tipo de equipos se han comprobado como muy eficaces, al menos en escala laboratorio o planta piloto. Se consiguen muy altas concentraciones de microorganismos, así como una muy buena mezcla en el lecho. Sin embargo su implantación a nivel industrial no ha alcanzado las expectativas que se crearon.

Ilustración 12: Reactor Anaerobio de lecho fluidizado



Fuente: Informe: Tratamientos Avanzados de aguas residuales

F) Tratamientos por lagunas de oxidación

El lagunaje (en inglés ponds systems) es un método exhaustivo de depuración de aguas residuales. Su actividad más importante se lleva a cabo mediante las interacciones complejas que se desarrollan en los ecosistemas acuáticos. Los mecanismos naturales que actúan son de tipo físico, químico y biológico, permiten la eliminación o transformación de microorganismos patógenos, materia orgánica, actividad metabólica de bacterias y algas, con una velocidad limitada por las condiciones ambientales. Se trata del sistema de tratamiento natural de aguas residuales más antiguo y conocido (**Mara & Pearson, 1998**).

Cuando las aguas residuales se descargan a un sistema de lagunas de estabilización, se realiza un proceso conocido con el nombre de autodepuración o estabilización natural. Las lagunas se emplean para tratar aguas residuales industriales provenientes de actividades como mataderos, lecherías, industrias de frutas o combinación con otros sistemas. El empleo de las lagunas como un recurso técnica o como un medio aceptado con este propósito, se han desarrollada en la segunda mitad del siglo XX.

Físicamente las lagunas son balsas en las que se retiene el agua a tratar durante periodos de tiempo comparativamente largos (varios días o semanas) y en los que normalmente se produce una sustitución de la materia orgánica de origen fecal por nueva materia orgánica, básicamente de origen vegetal, en forma de algas. Las lagunas se construyen en función del número de habitantes, de la materia orgánica a tratar o a la desinfección que se pretenda conseguir. En situaciones con poco habitantes equivalentes, se construye una sola laguna; mientras que en las instalaciones mayores se trabaja con lagunas en serie; finalmente se trabaja, si es posible con varias líneas paralelas. El factor clave para la eficiencia de los lagunajes es el tiempo de residencia hidráulico.

Los sistemas de lagunaje natural están constituidos normalmente por diversos tipos de lagunas, las cuales se clasifican según la distribución del oxígeno disuelto en la masa del agua:

1. Anaerobias
2. Facultativas
3. Maduración (Aerobias)

Se encuentran diferentes configuraciones de manera que la distribución y secuenciación de las lagunas es diversa, según la calidad final del efluente que se requiere conseguir y el espacio que ocupan. A esta clasificación se puede añadir otro tipo de laguna, denominada almacenaje del efluente tratado para ser utilizado durante el periodo de riego en agricultura si hay reutilización.

En el diseño de cualquier tipo de lagunas hay que tener en cuenta la geometría, la disposición y número de entradas y salidas de agua. La forma más común es la rectangular, con variaciones en la relación longitud-anchura. Una geometría óptima y una correcta disposición de las entradas y salidas, así como la disposición respecto a los vientos dominantes permiten minimizar la existencia de cortocircuitos y zonas muertas, y al mismo tiempo aumentar la eficiencia de tratamiento de lagunas.

C) Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración, también denominadas lagunas de afinado, tienen oxígeno disuelto (a menudo en sobresaturación) en prácticamente todo su volumen (entre 1 y 1.5 metros de profundidad), siempre operan después de otros procesos de depuración, ya que para mantener sus condiciones aerobias deben de recibir una carga orgánica muy baja. Su función principal es la eliminación de microorganismos patógenos. Las principales reacciones bioquímicas que tienen lugar en las lagunas son la oxidación aerobia de la materia orgánica y la fotosíntesis. Los microorganismos patógenos son eliminados por las temperaturas elevadas, el pH (básico), el oxígeno y la luz (radiación UV). Su población de algas difiere respecto a la de lagunas facultativas.

Ilustración 13: Visión de una laguna de oxidación RICO POLLO SAC



Fuente: Fotografía Propia

2.6.4. Tratamiento Terciario

El efluente de un tratamiento secundario puede estar todavía insuficientemente depurado para determinados usos, siendo precisa una serie de procesos que se agrupan bajo el nombre de tratamiento terciario. Este se lleva a cabo para eliminar fundamentalmente la materia orgánica que no ha sido retenida en el tratamiento biológico, o bien que no es biodegradable, y las sales inorgánicas disueltas, entre las que destacan el nitrógeno y el fósforo, que son dos de los máximos responsables de la eutrofización de los cursos y depósitos de agua.

Es un tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias.

Métodos de tratamiento terciario:

- Ósmosis Inversa
- Electrodialisis
- Destilación
- Adsorción
- Remoción de espuma
- Extracto por solvente
- Intercambio iónico
- Oxidación química

- Precipitación
- Nitrificación – Dentrificación, etc.

a) Electrodialisis:

La electrodialisis separa las moléculas o iones en un campo eléctrico debido a la diferencia de carga y velocidad de transporte a través de la membrana. Las membranas tienen lugares cargados y poros bastante estrechos (1-2 milímetros). En la célula de electrodialisis se sitúa un cierto número de membranas de intercambio catiónico y aniónico entre un ánodo y un cátodo en forma que cuando se aplica la corriente eléctrica los iones con carga positiva migran a través de la membrana de intercambio catiónico y viceversa.

b) Destilación:

La destilación es la colección de vapor de agua, después hervir las aguas residuales. Con un retiro correctamente diseñado de contaminantes orgánicos e inorgánicos y de impurezas biológicas, porque la mayoría de los contaminantes no se vaporizan. El agua pasará al condensador y los contaminantes permanecerán en la unidad de evaporización.

c) Intercambio iónico:

El intercambio iónico es un proceso donde un ión es sustituido o intercambiado por otro de la misma carga, este proceso es utilizado para la

extracción de disolventes sólidos en el agua al reemplazar el calcio y el magnesio contenidos en el agua por otro ión, usualmente sodio.

d) Nitrificación – Denitrificación:

Son procesos llevados a cabo por determinados grupos de microorganismos bacterianos que se utilizan en aquellas plantas de tratamiento de aguas residuales, donde a parte de la eliminación de la materia orgánica se persigue la eliminación de nitrógeno.

El proceso de nitrificación: La nitrificación es el proceso en el que el nitrógeno orgánico y amoniacal se oxida, transformándose primero en nitrito y, posteriormente en nitrato.

Estas reacciones las llevan a cabo bacterias muy especializadas, diferentes de aquellas que se encargan de degradar la materia orgánica del medio. Este tipo de bacterias, se reproducen más lentamente y son muy sensibles a los cambios de su medio habitual. A su vez, necesitan de un aporte de oxígeno suplementario para que sean capaces de desarrollar las reacciones anteriormente mencionadas, de esta forma en las cubas de aireación de fangos necesitan de un nivel de oxígeno de al menos 2 mg/lit.

El proceso de Denitrificación: La denitrificación consiste en el paso de los nitratos a nitrógenos atmosféricos, por la acción de un grupo de

bacterias llamadas desnitrificantes. Dicha forma de nitrógeno tenderá a salir a la atmósfera, consiguiéndose así, la eliminación de nitrógeno en el agua. Para que las bacterias desnitrificantes actúen, es necesario que el agua tenga bastante carga de materia orgánica, una fuente de nitratos elevada, con muy poco oxígeno libre y un pH situado entre 7 y 8. El oxígeno asociado a los nitratos es la única fuente de oxígeno necesaria para llevar a cabo sus funciones vitales. De esta forma los niveles de oxígeno libre en el medio donde actúan deben de ser inferiores a los 0.2 mg/lit. El tiempo mínimo de contacto entre el agua y las bacterias desnitrificantes debe de ser suficiente para que se produzcan las reacciones deseadas, estimándose un tiempo mínimo de 1.5 horas a caudal medio.

2.7. Idea cinética de lodos activados:

En una planta convencional de lodos activados las aguas de dsecho que entran pasan por un tanque de aireación, se añade lodo activado al tanque y generalmente en la relación de 1 parte de lodo por 3 o 4 parte de aguas residuales, en volumen. En el tanque, el aire atmosférico se mezcla con el líquido por agitación mecánica o por difusión, poniendo a las aguas residuales en íntimo contacto con los microorganismos contenidos en el lodo.

En los primeros 15 o 45 minutos, el lodo absorbe los sólidos en suspensión y los coloides. Según se absorbe la materia orgánica, tiene lugar la oxidación biológica (**leveu y Bouix, 2000**). Los organismos presentes en el lodo descomponen a los compuestos de nitrógeno orgánico y a los carbohidratos. El proceso avanza rápidamente al principio y decae gradualmente en las próximas 2 a 5 horas. Después continúan con un ritmo casi uniformemente durante varias horas.

Un problema frecuente en las plantas de lodos activados es que el sistema de aireación sea insuficiente para satisfacer las demandas de oxígeno del sistema (**trillo et. Al. 2001**). Puede operarse en sistemas continuos y por lote, se ha evaluado la eficiencia e ambos sistemas, determinando la calidad del influente y efluente, lográndose una remoción de materia orgánica oxidable de 88.7% en el proceso continuo y de 92.97% en el proceso en lote (**Castorena , et al UNAM**)

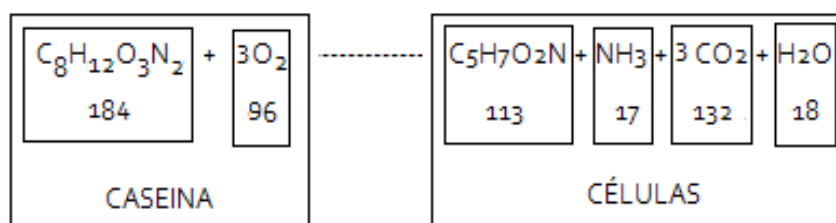
Reacciones global de crecimiento celular

Hay diversos factores inherentes a las reacciones microbianas que complican estequiometria. En primer lugar las reacciones microbianas suponen a menudo la oxidación y reducción de más de una especie. En segundo lugar, los microorganismos tienen dos funciones, una como catalizadores de la reacción y otra como productos de la misma. En tercer lugar, los microorganismos llevan a cabo las reacciones a fin

de capturar parte de la energía liberada para usarla en la síntesis de las células y parte para mantener la actividad celular. Por esta razón es preciso tener en cuenta las reacciones energéticas, así como su equilibrio para: elementos, electrones y carga (**Rittman y Mc Carty 2001**).

La primera propuesta de ecuación estequiométrica empírica fue la hecha por Porges, Jasewicz y Hoover (1956) para un agua residual con caseína.

Ilustración 14: Fórmula ara agua residual con caseína



Fuente: Elaboración Propia

La ecuación indica que por cada 184 gramos de caseína que consumen las células, hay que suministrar 96 gr de oxígeno para que la reacción progrese, y se produce 113 gramos de células nuevas, 17 gramos de amoníaco, 132 gramos de CO_2 y 18 gramos de agua. Se observa que parte de la caseína se oxida completamente a CO_2 , por lo

que la caseína es el sustrato donante de electrones. El resto se incorpora a la biomasa recién sintetizada, por tanto la caseína es también la fuente de carbono (proceso quimioheterótrofo).

Dada la complejidad de los procesos microbianos en aguas residuales, es mejor determinar para cada caso una ecuación estequiométrica empírica que reemplace a la Porges, para lo cual es necesario contar con tres datos: La fórmula empírica de las células, el coeficiente de reparto del sustrato entre la generación de energía y la síntesis celular, y una relación entre las proporciones de sustrato usado como donante de electrones, y la necesaria para el anabolismo (Rittman y Mc Carty, 2001).

a) Fórmula empírica de las células:

La fórmula empírica propuesta para las células bacterianas ($C_5H_7O_2N$) es aproximada. Realmente los microorganismos contienen mucho más que los cuatro elementos indicados, como fósforo, azufre, hierro y otros elementos traza. Una fórmula empírica puede tener tantos elementos como se quiera, en tanto sean conocidas las proporciones relativas.

b) Reparto de sustrato y rendimiento celular

Cuando los microorganismos utilizan un sustrato donante de electrones para síntesis, una proporción de sus electrones ($f^o e$) se transfieren inicialmente al aceptor de electrones suministrando energía para la conversión de la otra porción de electrones ($f^o s$) en células microbianas, como se ve en la figura N° 2-19.

La suma de $f^o s$ y $f^a e$ es igual a 1. Las porciones convertidas inicialmente en células $f^o s$, y utilizadas para generar energía $f^o e$, constituyen el marco del reparto de sustrato entre generación de energía y síntesis celular. Una faceta muy importante del marco de reparto es la que se realiza en base a equivalentes de electrones (e-eq) (Rittman Mc Carty, 2001). La fracción $f^o s$ puede ser convertida a unidades de masa tales como: gramos de células producidas/DQO consumida.

c) Reacciones de energía

Establecer reacciones de energía es un útil comienzo en el desarrollo de una ecuación estequiométrica global para crecimiento microbiano. Los microorganismos obtienen su energía para crecimiento y mantenimiento por medio de reacciones de oxidación-reducción que producen ATP y NADH. Estas reacciones suponen siempre un aceptor y un donante de electrones, y se

considera al donante como el sustrato alimenticio. Los quimiolitótrofos sin embargo utilizan compuestos orgánicos reducidos, tales como el amonio y los sulfuros como donantes. El aceptor común de electrones en condiciones aerobias es el O₂. Sin embargo en condiciones anaerobios, pueden utilizar otros aceptores como nitratos, sulfatos, y CO₂. En algunos casos se puede utilizar la materia orgánica como aceptora y donante de electrones, y la reacción se conoce como fermentación (**Rittman y Mc Carty, 2001**). La cantidad de energía disponible tanto para los procesos de mantenimiento celular, como para la reproducción celular depende de la termodinámica de las semireacciones del donante de electrones (Rd), y del aceptor de electrones (Ra).

Cinética de crecimiento:

El modelo básico de cinética de crecimiento microbiano está dado por la ecuación de Monod:

Dónde:
$$\mu = \frac{\mu_{\max} \cdot S}{K_s + S}$$

μ = Tasa de crecimiento

μ_{max} = Tasa de crecimiento máxima

K_s = Es la constante de saturación y es igual a S cuando μ = μ_{max}.

En crecimiento lento de bacterias se tiene que la biomasa activa tiene una demanda de energía de mantenimiento para funciones celulares como mortalidad, respiración y síntesis repetida, regulación osmótica, transporte y pérdida de calor. Es decir que las células se oxidan ellas mismas para satisfacer las necesidades de energía de mantenimiento. Esto es la tasa de agotamiento endógeno que esta dada por:

$$\mu_{ago} = \frac{dxa}{(xa \cdot dt)_{ago}} = -b$$

Dónde:

b = Coeficiente de agotamiento endógeno (T-1)

μ_{ago} = Tasa de agotamiento específico (T-1)

Algunos modelos de plantas de lodos activados

Existen diversas propuestas de metodologías de diseño de las PTAR en base a las ecuaciones antes presentadas, como: **Martinez y Gonzales (1999)** describen fundamentos de los modelos y presentan casos reales de aplicación. **Ramalho (2004)** describe el diseño de plantas de lodos activados. **Collado (2001)** en Visual Basic formula una propuesta para diseñar plantas de 5000 a 100 000 habitantes con caudales de 20 000 m³/día. Sánchez Mares propone un software en C++ builder, que contiene cuatro programas distintos, el primero es un sistema de lodos activados con aireación superficial, el segundo es un

sistema con aireación por difusores, el tercero para una laguna con aireación de mezcla completa, y el cuarto una laguna aireada. A su vez existe un software especializado para aguas residuales urbanas e industriales comercializado por HidromantisEnviromental Software Solutions.

SISTEMA POR TURBOAEREACIÓN Y BIODEGRADACIÓN TOTAL:

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales que ofrece el mercado en la actualidad son numerosos (sistemas biológicos aeróbicos, anaeróbicos, combinados, auxiliados por medios físicos o químicos, etc.) Sin embargo la inmensa mayoría de las plantas de tratamiento biológico instaladas en México, presentan serios problemas de operación que dificultan su funcionamiento y las que trabajan con regularidad solamente logran eficiencias que no son superiores al 70%, además de que generan lodos biológicos residuales, clasificados como residuos peligrosos, que tienen que digerirse en otros sistemas de tratamiento adicionales y proliferación de plagas de insectos.

El sistema ARTHROBACTERMR es una investigación de tecnologías de tratamiento biológico de alta eficiencia para aguas residuales por medio de modelos de planta piloto. Como resultado de dicha investigación y de la aplicación de diferentes principios naturales, se

logró optimizar un sistema que alcanza más del 99% de eficiencia de degradación, capaz de tratar grandes volúmenes de agua con alta contaminación de materia orgánica, sistema que puede ser construido en áreas relativamente pequeñas y que permite además degradar todos los lodos biológicos excedentes y sin necesidad de cortar ningún residuo fuera del sistema.

Con este sistema de tratamiento se pretende resolver el grave problema que presentan las plantas de tratamiento existentes en la actualidad en el mercado, con alto costo de equipo periférico, necesidad de grandes extensiones de terrenos para su instalación y construcción, complejidad en el tratamiento y alto costo de operación y mantenimiento, malos olores y proliferación de fauna nociva (que son la causa de muchas enfermedades en la actualidad), con la necesidad de tratamientos posteriores para los lodos biológicos residuales que generan.

Turbo-aereación de alta eficiencia.

La aplicación de esta tecnología como ha sido desarrollada por ARTHROBACTERMR DEL BAJÍO S.A. DE C.V. alcanza una muy alta eficiencia de tratamiento en espacios muy reducidos en comparación con los sistemas de tratamiento de aguas residuales tradicionales. Este sistema logra tratar grandes volúmenes de agua en muy

corto tiempo y resulta sumamente económico, ya que al degradar prácticamente la totalidad de la materia orgánica, usa muy poco equipo.

La tecnología de Turbo-aereación de alta eficiencia consiste en la alimentación de los reactores biológicos con una corriente de aire de características tales que proporciona una superficie de contacto óptima de la materia con los microorganismos presentes en la masa biótica. Esto asegura la máxima eficiencia posible, así como una velocidad de degradación de los contaminantes orgánicos contenidos en el agua residual. La masa biótica así tratada se transfiere a uno o más reactores donde se logra casi la totalidad de la biodegradación alcanzándose en la práctica eficiencias de tratamiento mayores al 99%.

Finalmente un clarificador descarga agua cristalina que satisface los límites máximos permisibles de la normatividad ecológica vigente, para agua de riego o alcantarillado. La adición de un sistema clorinador permitirá satisfacer los requerimientos ya establecidos por las autoridades ambientales del país. Para su reuso en procesos industriales, abastecimiento en sanitarios, riego de áreas verdes o para descarga a cuencas, ríos, lagos, presas, playas, en fin

todo cuerpo de agua que entre en contacto con el hombre o seres vivos.

Sistema modular en Cascada.

ARTHROBACTERMR ha diseñado un sistema modular en cascada que permite la instalación de varios reactores biológicos consecutivos para lograr la degradación de la masa biótica en tratamiento en espacios reducidos y sobre una superficie plana, sin necesidad de costosos sistemas de transferencia por bombeo. Esta característica, en la que la transferencia se logra por gravedad de un reactor biológico a otro, permite una gran versatilidad en el diseño de la planta de tratamiento al integrar tantos reactores modulares como sean necesarios, de acuerdo a los volúmenes de agua residual que se requieran someter a tratamiento biológico. De esta manera el sistema se maneja con un mínimo de controles, ya que al diseñar por gravedad las transferencias del sistema, la mano de obra para su operación y mantenimiento es mínima y el costo de transferencia es nulo.

Biodegradación total.

La biodegradación total, uno de los principios fundamentales y de mayor beneficio desarrollado por ARTHROBACTERMR consiste en

lograr una digestión total de la carga orgánica de las aguas residuales y también la degradación de los lodos biológicos generados como producto de la digestión. El sistema genera sólo un mínimo de lodos residuales, los cuales son transferidos ocasionalmente por bombeo hacia el primer reactor biológico.

De esta manera en la práctica no es necesario cortar ningún residuo del sistema hacia el exterior, por lo que no se requieren compactadores de lodos residuales u otros equipos periféricos, con lo que se reduce el costo de inversión inicial, así como el costo de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

Por otro lado, esta característica que únicamente la tecnología limpia de ARTHROBACTERMR ofrece eliminar la necesidad de manejar estos residuos peligrosos, además de fauna nociva en el sistema.

Las características aeróbicas de la tecnología de turbo-aereación de alta eficiencia hace posible que incluso cuando se tienen bajas concentraciones de carga biológica en las aguas residuales, no sea necesario adicionar nunca nutrientes para alimentar a los microorganismos, lo que sucede con otros sistemas aerobios y anaerobios, gracias a que los microorganismos ya aclimatados

subsistirán alimentándose con ellos mismos, hasta que reciban una nueva carga de materia orgánica.

Estudio de caracterización y tratabilidad

Es una característica de eficiencia el realizar los estudios de caracterización de efluentes y de tratabilidad para conocer las características de las descargas residuales a tratar y para determinar la eficiencia de tratamiento, la calidad final del agua tratada, y las especificaciones del equipo de tratamiento que será necesario.

Caracterización

El estudio de caracterización de ARTHROBACTERMR incluye el análisis de cada uno de los influentes que alimentan las cargas residuales de la planta y, a su vez, los componentes finales del efluente que tiene como propósito la determinación de los parámetros a controlar, así como la metodología más adecuada para ello.

Ventajas que se tienen con esta tecnología

Esta investigación ha llevado a la obtención de una tecnología para tratamiento de aguas residuales que es 100% ecológica y limpia conteniendo todos los beneficios como son: obtener un producto que cubrió todo lo planeado para dar solución a

los problemas de contaminación del agua, de alta eficiencia a bajos costos, que no usa químicos, no produce lodos fuera del sistema para ser tratados y por lo tanto no produce olores, también se determinó el proceso requerido con todas sus operaciones unitarias, obteniendo de igual manera un bajo costo en la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento, esta tecnología y su proceso conforman un producto de alto impacto y muy necesario para la comunidad nacional e internacional.

En estos tiempos, en que el agua se está escaseando en todo el País y el mundo, que es vital para la vida y el desarrollo del ser humano sobre la tierra, se debe de voltear a ver que hay tecnologías como ésta que resuelven una problemática tan importante y vital como lo es el agua, que se analice la falta de procesos ó tecnologías que la traten bien y la regresen para ser integrada al sistema, sin crear otros problemas mayores de contaminación al medio ambiente con olores fétidos -desagradables a la comunidad-, alta generación de residuos tóxicos ó biológico infecciosos (lodos biológicos) y proliferación de fauna nociva.

Al usar este tipo de tecnología se puede re-utilizar el agua tratada (siempre y cuando cumpla con los requisitos normativos de descarga) en diferentes procesos, permitiendo así el re-abastecimiento de los

cuerpos de agua y mantos acuíferos, que es de donde obtenemos agua de primera mano para nuestro uso poblacional.

Realmente si queremos seguir viviendo en este mundo debemos de empezar a trabajar por emplearnos en construir esta tecnología que si puede dar solución a la problemática de contaminación y escasez de agua, líquido vital para la subsistencia del ser humano y que puede ser el futuro del agua del planeta.

2.8. Conceptos de evaluación de impacto ambiental

A) Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):

La EIA es un procedimiento jurídico – administrativo de recojo de información análisis y predicción destinada a anticipar, corregir y prevenir los posibles efectos directos e indirectos que la ejecución de una determinada obra o proyecto causa sobre el medio ambiente. La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) valora los efectos directos e indirectos de cada propuesta de actuación sobre la población humana, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, el clima, el paisaje y la estructura en función de los ecosistemas previsiblemente afectados.

B) Estudio de impacto ambiental

Es el estudio técnico de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento del EIA, el cual está destinado a predecir, identificar,

valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad del hombre y el entorno.

C) Impacto ambiental:

Es el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos, como por ejemplo las obras públicas, construcción de carreteras, una industria, etc.

Cualquier actividad de estas tiene un impacto ambiental sobre el medio. Cabe resaltar que la alteración no siempre es negativa, puede ser favorable o desfavorable para el medio.

D) Tipos de Impacto:

En la siguiente tabla se observa una clasificación de los distintos tipos de impacto que tienen lugar comúnmente sobre el medio ambiente:

Tabla 4: Clasificación de los tipos de impacto

Por la variación de la calidad del medio	Impacto positivo: Es aquel que sirve para mejorar el medio ambiente.
	Impacto negativo: Es aquel cuyo efecto se traduce en la pérdida de valor estético cultural, paisajístico de productividad ecológica o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación y demás.
Por su persistencia	Impacto Temporal: Aquel cuyo efecto supone una alteración no permanente en el tiempo con un plazo temporal de manifestación.
	Impacto permanente: Aquel cuyo efecto supone una alteración indefinida en el tiempo.
Por la relación Causa - Efecto	Impacto Directo: Aquel cuyo efecto tiene la incidencia inmediata en algún factor ambiental.
	Impacto Indirecto o secundario: Aquel cuyo efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia o en general a la relación de un factor ambiental con otro.
Por la interrelación de acciones y/o efectos	Impacto Simple: Aquel cuyo efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental o cuyo modo de acción es individualizado sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos.
	Impacto acumulativo: Aquel efecto que al prolongarse en el tiempo de acción del agente inductor incrementa progresivamente su gravedad al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la de incremento de la acción causante del impacto.

Fuente: Sistemas Integrales de gestión ambiental 2008

E) Identificación y valoración de los impactos ambientales:

Para la identificación de los impactos ambientales se utiliza una lista de chequeo (CheckList), si se determina que la actividad del proyecto está impactando en la correspondiente categoría ambiental, se marca con una “X” lo cual nos indica que existe un impacto ambiental.

a) Valoración de los impactos ambientales:

Para la valorización de impactos ambientales se aplica el método matricial donde destacan:

- Matriz de Leopold
- Matriz de Battelle – Columbus
- Matriz del Banco Mundial

En este caso particular se opta por la tercera opción:

Matriz 1: Matriz de valorización de impactos

Impacto Ambiental	Criterios							Total
	Carácter	Perturbación	Importancia	Ocurrencia	Extensión	Duración	Reversibilidad	

Fuente: Propia

Para la valoración de los impactos ambientales y establecer cuáles son los significativos se aplica la matriz presentada y se toma en cuenta los siguientes criterios:

- Carácter (C)
- Grado de Perturbación (P)
- Importancia (I)
- Riesgo de ocurrencia (O)
- Extensión de área o territorio involucrado (E)
- Duración (D)
- Reversibilidad (R)

Tabla 5: Escala utilizada para la valoración de impactos (Primera Parte)

Clasificación de impactos			
Carácter (C)	Positivo (+1)	Negativo (- 1)	Neutro (0)
Grado perturbación (P)	Importante (3)	Regular (2)	Escasa (1)
Importancia (I)	Alta (3)	Media (2)	Baja (1)
Ocurrencia (O)	Muy probable (3)	Probable (2)	Poco Probable (1)
Extensión (E)	Regional (3)	Local (2)	Puntual (1)
Duración (D)	Permanente (3)	Media (2)	Corta (1)
Reversibilidad (R)	Irreversible (3)	Parcial (2)	Reversible (1)
TOTAL	18	12	6

Fuente: Propia

Tabla 6: Escala utilizada para la valoración de impactos (Segunda Parte)

Impacto Total = $C \times (P + I + O + E + D + R)$		
NEGATIVO (-)		
Significativo		< (-) 15
Moderado		(-) 14 – (-) 9
Compatible		> (- 9)
POSITIVO (+)		
Significativo		< 15
Moderado		13 – 14
Medio		10 – 12
Compatible		1 – 9

Fuente: Bendezú (1999)

CAPITULO 3

EVALUACION DE EFLUENTES DE PLANTA DE TRATAMIENTO

3.1. GENERALIDADES:

En este capítulo se aborda la investigación sistemática y analítica de los efluentes industriales producidos y su disposición una vez tratados. Con el objetivo de determinar la capacidad de abastecimiento durante el periodo de vigencia del proyecto que garantizará el éxito de la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.2. PROCESO DE SACRIFICIO DE CERDOS

El proceso de beneficio de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC, inicia con la llegada y recepción al camal, de los cerdos provenientes de las granjas de “El Cural” y de “San José”, únicas originarias de la materia prima a sacrificarse en las instalaciones de la empresa.

El cerdo debe tener un ayuno de 12 horas, para que se consuma todo el alimento del intestino y el eviscerado posterior sea más adecuado, además, por motivos de beneficio comercial, el cerdo destarado tiene mayor rendimiento.

Ilustración 15: Corral de cerdos



Fuente: Fotografía propia

Al arribar al camal, los cerdos son almacenados en corrales de espera, donde son clasificados por sexo, lote y granja, dependiendo de estos factores, se elige el orden y la cantidad para el beneficio. En dicha instancia los cerdos son relajados y lavados mediante duchas dispuestas céntricamente en los corrales de espera, el relajo de los animales antes de su sacrificio no sólo tiene como objetivo una muerte más humanitaria, sino que permite que el glucógeno muscular del animal sea óptimo y el pH de la carne aumente, significando esto una mejor calidad en la carne del cerdo.

El proceso posterior a este es el de aturdimiento. Llevados por un camino desde los corrales a la celda de aturdimiento, los cerdos son dispuestos para recibir en el cerebro y en el corazón una descarga de energía provista por pinzas que transmiten a los órganos del animal frecuencias de 600 y 60 Hz

respectivamente por un lapso de tiempo de 5 a 7 segundos, dejándolo inconsciente. La descarga al cerebro genera la analgesia en el animal a beneficiarse y la descarga al corazón un aumento de la fibrilación, lo que permite un más adecuado y rápido desangrado.

Ilustración 16: Canaleta de concreto



Fuente: Fotografía propia

El desangrado es ejecutado por un operario, que con un cuchillo atraviesa la carótida del cerdo y lo desangra. Gracias a la fibrilación aumentada del corazón, el cerdo se desangra rápidamente, esto no solo reduce el tiempo de muerte del animal, sino que mejora la calidad de la carne, dejando un color parejo y homogéneo en la misma, y también mejora su sabor.

Ilustración 17: Desangrado de cerdos



Fuente: Propia

Luego de ser desangrado el mismo operario amarra una de las patas traseras del cerdo a la cadena transportadora que suspende al animal para ser trasladado a la tina de escaldado, contribuyendo además la posición y la gravedad al final sangrado. Toda la sangre del cerdo es filtrada por una rejilla y trasladada hasta la planta de acopio, en donde un colaborador adicional llena tachos para su posterior traslado a la planta de harinas y aceites en las instalaciones de Arequipa.

AL llegar a la tina de escaldado (ver ***Ilustración 18***), otros dos operarios se encargan de bajar al cerdo de la cadena y sumergirlo en agua a temperatura de 58 °C, el escaldado se realiza con el objetivo de dilatar el folículo piloso del animal y facilitar el pelado en la máquina pelado

Ilustración 18: Ingreso a escaldadora



Fuente: Propia

Trasladado por la tina de escaldado el cerdo ingresa a la peladora automática, en donde dedillos de goma que giran, desprenden de la piel del animal las cerdas y las pezuñas, que son destinadas a ser almacenadas en pailas con destino a planta de harinas y aceites.

Ilustración 19: Ingreso a la peladora automática



Fuente: Propia

Cuando la máquina peladora expulsa al cerdo después de ser pelado, un colaborador engancha a las patas del animal un gancho horizontal que vuelve a ingresar al cerdo a la línea transportadora.

Ilustración 20: Reingreso a línea productiva



Fuente: Propia

Cuatro operarios se encargan de repasar la piel del cerdo, para eliminar cualquier rastro de cerdas o pezuñas del animal, y para poder asegurar el repasado un colaborador adicional se encarga de flamear el cuerpo del cerdo, eliminando así cualquier cerda sobrante.

Ilustración 21: Repasado y Flameado



Fuente: propia

Antes de pasar a la siguiente estación, una ducha después del flameado limpia la superficie de la piel del cerdo.

En la estación de eviscerado, dos operarios (relevándose el trabajo periódicamente) se encargan de acarrear al cerdo y eviscerarlo, primero haciendo el corte transversal desde la garganta hasta el final del vientre y retiran las vísceras separándolas por destino en dos tipos:

- Vísceras blancas: Que constan de los intestinos delgado y grueso, y el estómago.
- Vísceras rojas: Que constan del hígado, la tráquea, el corazón, los pulmones y restos del diafragma.

Adicionalmente se desprende de la carcasa los genitales, en el caso de los machos los testículos y en el de las hembras todo el sistema reproductivo.

Ilustración 22: Evisceración



Fuente: propio

El destino de las vísceras puede ser variable y se da de la siguiente forma:

Tabla 7: Destino de vísceras por su naturaleza

Tipo de víscera	VISCERA	TRATAMIENTO	DESTINO
BLANCA	Intestino delgado	Limpieza	Materia prima para embutidos
	Intestino grueso	Limpieza	Planta de Harinas
	Estómago	Limpieza y centrifugado	Materia prima para embutidos
ROJA	Corazón	Limpieza	Planta de harinas
	Pulmones	Limpieza	Planta de Harinas
	Tráquea	Limpieza	Consumo
	Hígado	Limpieza	Consumo
	Diafragma (restos)	Limpieza	Consumo

Fuente: propia

Siguiendo el camino por la línea de rodillo, la carcasa (libre de vísceras), es liberada de la empella o grasa pectoral (de uso en la línea de embutidos), para luego pasar al desprendimiento o retiro de patas, las cuales tienen como destino el consumo humano, por lo que son limpiadas y almacenadas junto con las carcasas. En el caso de tratarse de cerdos que superen los 90 kg de peso, también se desprende de ellos las cabezas, para ser deshuesada, teniendo como destino los huesos la planta de harinas, y la carne rescatada de las cabezas la planta de embutidos.

Ilustración 23: Extracción de grasa pectoral, y patas



Fuente: propia

Luego de que la carcasa es desprendida de las patas (y la cabeza si es necesario), pasa a la estación de limpieza y desinfección, en donde se le administra en raciones de agua un detergente denominado Dibosam.

Ilustración 24: Limpieza y desinfección



Fuente: propia

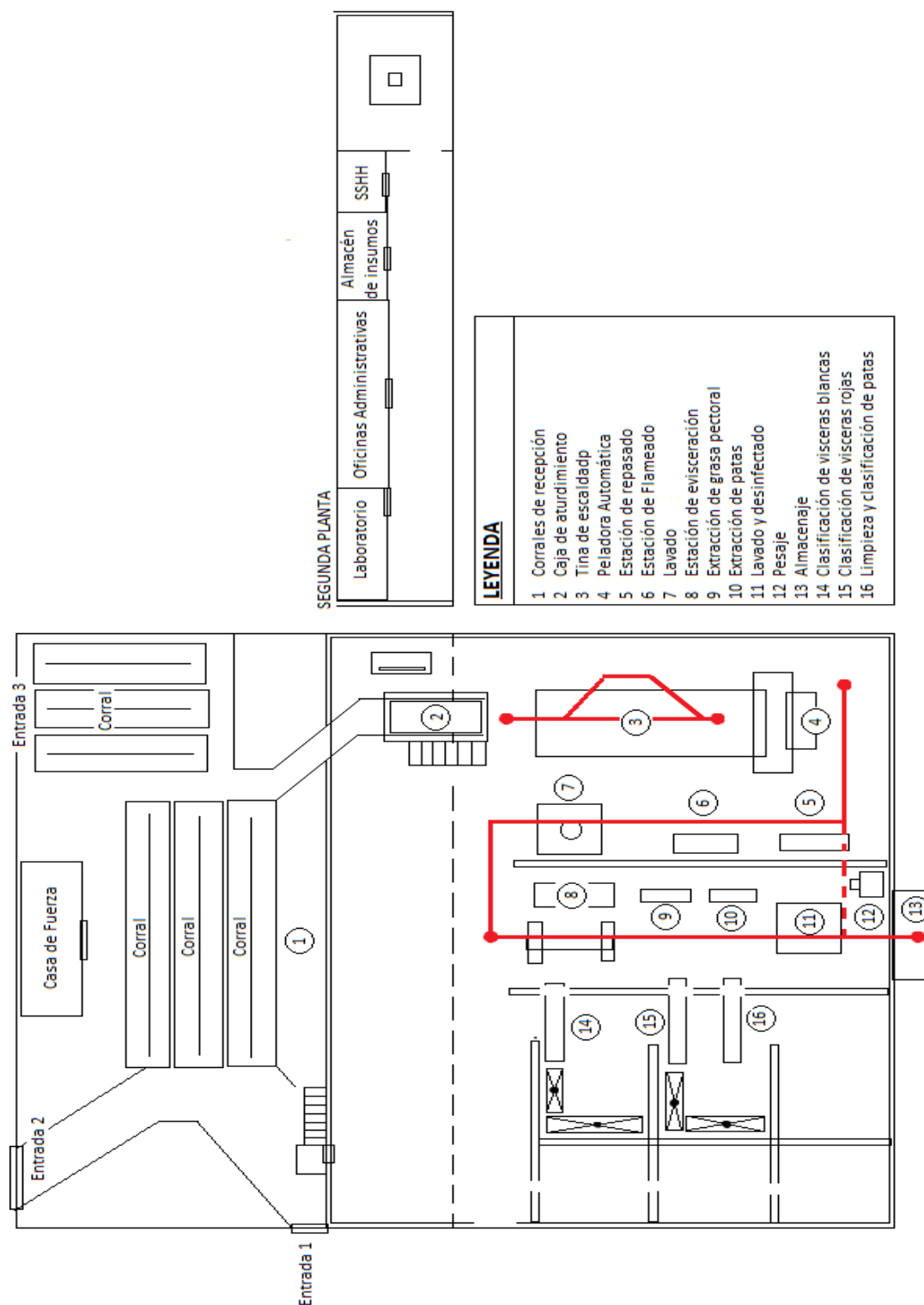
Posteriormente se pesa la carcasa con un sistema de sensor anclado en la línea y se almacena en las cuatro cámaras de congelado para su posterior despacho a los diferentes centros de distribución (CDs) o a planta de embutidos. El camal de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC, es el único camal en el país que asegura el almacenaje de las carcasas posterior al sacrificio, y asegura una disminución de la temperatura del cerdo desde 39 o 40 °C a 5° C durante un periodo de tiempo de 20 horas, asegurando la calidad del producto a despachar.

Ilustración 25: Pesaje y almacenaje



Fuente: propia

3.3. DISPOSICIÓN DE PLANTA DEL CAMAL DE CERDOS



3.4. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

RESIDUALES

El sistema de Tratamiento actual de las aguas residuales industriales de la organización es muy antiguo y resulta insuficiente para lograr reducir los valores de parámetros fisicoquímicos hasta los valores indicados en la norma sobre valores máximos Admisibles (VMA), esto se debe principalmente a los siguientes Factores:

- Tecnología obsoleta, mal diseño del sistema de tratamiento para el tipo de efluente que se genera, debido a que cuando la planta fue concebida no se tomaron en cuenta aspectos técnicos ni medioambientales en el diseño y la construcción para realizar una correcta depuración de efluentes, a su vez no se han realizado modificaciones de las distintas unidades que conforman el sistema de tratamiento.
- Falta de seguimiento y monitoreo en las diferentes etapas, al no contarse con un responsable o supervisor directo y herramientas de gestión (procedimientos, checklists, etc.) no se realiza un seguimiento que permita garantizar la calidad de los efluentes tratados.
- El caudal de los efluentes actuales sobrepasa la capacidad instalada, ya que la demanda del producto es cada vez mayor y por lo tanto la cantidad de animales sacrificados aumenta año tras año, de manera

muy significativa, generándose de esta manera un caudal de efluentes elevado y variable.

La eficiencia se calcula como:

$$E = \left[\frac{(S_f - S)}{S_f} \right] \times 100 \%$$

Dónde:

E = Eficiencia en porcentaje

S_f = Concentración del sustrato en el afluente (mg/l)

S = Concentración del sustrato en el efluente (mg/l)

El efluente actual de planta de beneficio de cerdos, no cuenta con ningún tipo de tratamiento, solo es almacenado en una poza de oxidación.

3.5. ESTUDIO DE LOS EFLUENTES ACTUALES (MATERIA PRIMA)

La materia prima para el proyecto es el efluente que proviene de la planta de Sacrificio de Cerdos que ha de ser tratado y enviado a la red pública de alcantarillado. Entendemos por efluente: Agua o aguas residuales que fluyen fuera de un embalse o de una planta de tratamiento (**Unesco 2010**).

Deben de considerarse como tal, todas las descargas residuales derivadas de los procesos industriales, como así también los vertidos originados por distintos usos del agua industrial, generalmente continúen sustancias orgánicas disueltas incluyendo tóxicos, materiales biodegradables y persistentes, sustancias inorgánicas disueltas, nutrientes, sustancias orgánicas insolubles y solubles.

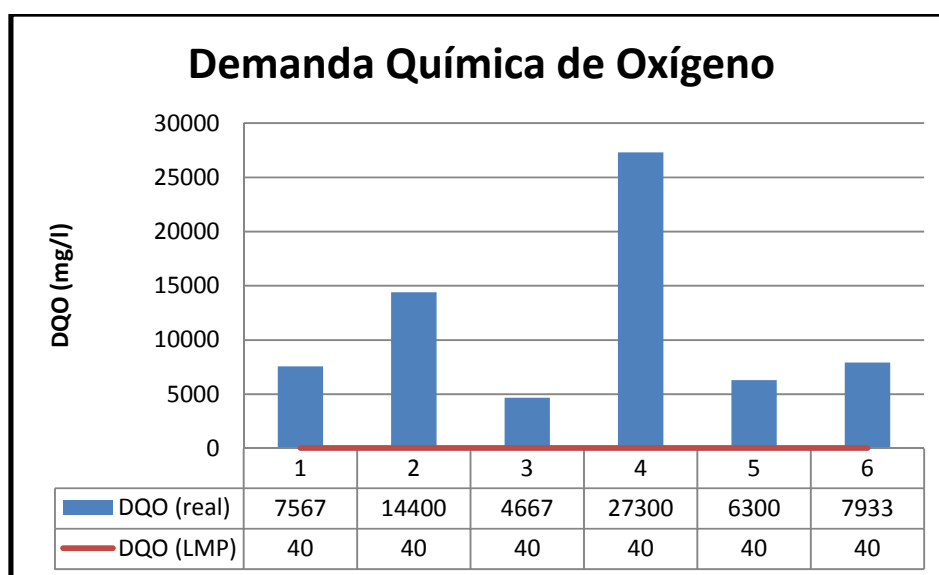
El análisis preliminar del efluente arrojó los siguientes datos:

Tabla 8: Análisis preliminar del efluente del camal

FECHA DE MUESTREO	EFLUENTE	HORA	RESULTADOS	LMP (D.S. 002-2008 MINAM)
			Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	Demanda Química de Oxígeno (mg/l)
05/03/2013	Efluente salida de laguna de oxidación	12:00	7567	40
05/03/2013	Efluente zona saranda N° 1	12:10	14400	40
05/03/2013	Efluente zona saranda N° 2	12:45	4667	40
05/03/2013	Efluente zona saranda N° 3	13:30	27300	40
05/03/2013	Efluente zona saranda N° 4	14:15	6300	40
05/03/2013	Efluente zona saranda N° 5	15:00	7933	40

Fuente: propia

Ilustración 26: Muestro de Demanda Química de oxígeno del efluente del camal



Fuente: propio

La caracterización de parámetros del efluente del camal de cerdos se muestra en los anexos (anexo 2), y el del agua utilizada para el beneficio de cerdos antes de clorar también (anexo 3).

A) Caracterización y diagnóstico de los efluentes generados

La caracterización y diagnóstico es un paso fundamental en la determinación de la tecnología que se utilizará en el tratamiento. Se realizó un muestreo del influente utilizado para el proceso del camal de cerdos, y se rotulo en frascos analizados en laboratorio con los siguientes datos:

Ilustración 25: Etiqueta para toma de muestras

Punto de Muestreo: Efluente del camal	
Código: Mo1	
Parámetros a analizar: DBO ₅ , DQO, SST y AYG	
Responsable: Luis Barreda	
Fecha: 13 - 12 - 12	Hora: 15:30

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27: Desagüe del Camal de Cerdos



Fuente: Fotografía propia

Una vez tomada las muestras para los parámetros fisicoquímicos se lleva a laboratorio donde se realizarán los análisis correspondientes de acuerdo a los métodos de ensayo acreditados bajo el sistema Peruano de acreditación (adaptación de Estándar Methodsfortheexamination of wáter and wastewater 5210 B 21 st.Edition)

Ilustración 28: Estufa a 20°C para obtener el valor de la DBO5



Fuente: Fotografía propia

Los resultados de los parámetros analizados son los siguientes (M1):

Tabla 9: Resultados de laboratorio de parámetros analizados

Parámetro	Abreviatura	Método	Unidad	Muestra 1
Demanda Bioquímica de oxígeno	DBO5	SMEWW 5210 - B	mg/lit.	2320
Demanda Química de oxígeno	DQO	SMEWW 5220 - C	mg/lit.	3280
Sólidos Suspendidos Totales	SST	SMEWW 2540 - D	mg/lit.	1150
Aceites y Grasas	A y G	Ensayo para AyG en agua por extracción	mg/lit.	294

Fuente: Informes de laboratorio (Véase anexos)

3.6. SERVICIO QUE BRINDARÁ EL PROYECTO:

Todas las etapas de la PTAR, se han agrupado en tres etapas principales que constituyen el tratamiento del efluente.

Los servicios, denominados así a las etapas del procesamiento, son los siguientes;

1. Pre tratamiento: Llámese a la homogenización de los efluentes de la planta de beneficio de cerdos ingresantes a la PTAR.
2. Tratamiento primario: Se denomina tratamiento primario al proceso que sufre el influente al pasar por los cuatro reactores.
3. Tratamiento secundario: Llámese a este último, el proceso de clarificación y clorificación del influente procesado.

3.7. BENEFICIOS DEL PROYECTO:

El proyecto de Instalación de la Planta de tratamiento de Aguas residuales para el caudal de la planta de beneficio de cerdos de la empresa RICO POLLO S.A.C., tiene los siguientes beneficios tanto como para la organización, como para la comunidad afectada por el desenvolvimiento de las actividades de la empresa:

- Reutilización de aguas tratadas para uso sanitario.
- Reutilización de aguas tratadas para uso industrial, tanto en las zonas de lavado y desinfección de cerdos, como en las áreas de escaldado y repasado.
- Reducción de malos olores producidos por la poza de oxidación ya existente en planta.
- Menor impacto ambiental producido por la empresa, así como una mejora en la percepción de los vecinos a la planta de beneficio de cerdos.

3.8. ESTUDIO DE LOS EFLUENTES VERTIDOS POR LA PLANTA DE BENEFICIO Y SU PROYECCIÓN EN DIEZ AÑOS (ANÁLISIS DE LA DEMANDA)

1. Cuantía del caudal para el proyecto estará condicionada por las proyecciones realizadas de efluentes que se generarán en la próxima expansión del camal de cerdos, habiendo aumentado la producción de 500 a 800 cerdos, y siendo el ratio tomado de la información real de un aproximado de 2 lit/s.:

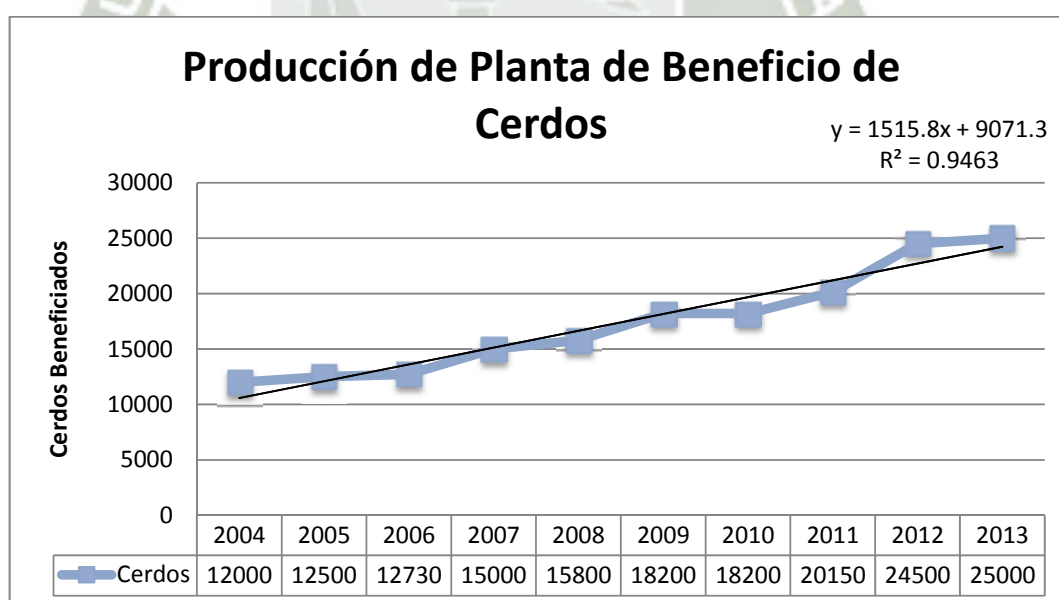
En la siguiente tabla podemos observar la producción anual de la planta de beneficio de cerdos:

Tabla 11: Producción anual de beneficio de cerdos 2004-2013

Periodo (año)	Promedio Anual de cerdos beneficiados
2004	12000
2005	12500
2006	12730
2007	15000
2008	15800
2009	18200
2010	18200
2011	20150
2012	24500
2013	25000

Fuente: Informes de Producción

Ilustración N 23-A: Producción de Planta de cerdos (2004-2013)



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al gráfico con el valor de R^2 que está cerca de uno podríamos afirmar que los datos presentados son ajustables a una tendencia lineal y con la ecuación obtenida realizamos la proyección para los próximos 10 años y estimamos los caudales correspondientes.

Es importante mencionar que las aguas residuales domésticas producto del personal que labora en la organización no se mezclan con las aguas residuales de la planta de beneficio de cerdos. Estas son directamente descargadas a la red pública del alcantarillado.

Periodo (año)	Cerdos Proyectados (miles/año)	Caudal (2 lit/s)	Caudal (3 lit/s)	Caudal (4 lit/s)
2014	25745.1	196.80	228.80	244.80
2015	27260.9	203.20	235.20	251.20
2016	28776.7	206.40	238.40	256.00
2017	30292.5	211.20	227.20	259.20
2018	31808.3	214.40	230.40	262.40
2019	33324.1	217.60	233.60	265.60
2020	34839.9	220.80	236.80	268.80
2021	36355.7	222.40	238.40	270.40
2022	37871.5	223.20	239.20	271.20
2023	39387.3	224.00	240.00	272.00

Tabla 10: Alternativas de caudales para el diseño óptimo de planta

Alternativa	Cuantía del caudal
I	160 m ³ /día.
II	176 m ³ /día
III	180 m ³ /día

Fuente: Elaboración propia

La selección de la alternativa más viable es revisada posteriormente en el punto 4.2.4. Tamaño óptimo de planta. Resultando la alternativa más óptima la **alternativa “II”**. Para poder aproximar el constante ingreso del caudal (posterior a la expansión de la producción de cerdos) y medir un tiempo hidráulico de retorno adecuado, se debe de multiplicar el caudal diario de la planta por un 10%.

CAPITULO 4

LOCALIZACIÓN Y TAMAÑO DEL PROYECTO

4.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

A) Generalidades:

El concepto de localización de una planta industrial se refiere a la ubicación de la nueva unidad productora o de servicios. Los elementos más importantes que se consideran en un análisis de localización son:

- La suma de los costos de transporte de materias primas hacia la planta y de los productos terminados al cliente.
- Acceso a la infraestructura industrial; caminos de acceso, abastecimiento de energía, abastecimiento de agua, etc.
- Estímulos fiscales, leyes y reglamentos, así como estilos de vida.
- Servicios de transporte: Carreteras, ferrocarriles, etc. (Díaz et.al. 2003).

B) Criterio de localización:

Factor dominante: Más que una técnica es un concepto, puesto que no otorga alternativas de localización. Es el caso de la minería, el petróleo, donde la ubicación esta acondicionada por el servicio de agua potable y debe instalarse, entonces, donde existe la fuente de agua. Si

el lugar no cuenta con este servicio no es posible la instalación (Díaz et. Al. 2003).

Para el caso específico del proyecto estaríamos inmersos dentro de este concepto ya que la planta de tratamiento de aguas residuales tendrá que estar contigua al camal de cerdos que es la productora del efluente industrial (materia prima para la planta procesadora). Considerando también que la empresa es dueña de estos predios. Por lo tanto la alternativa de localización es:

Irrigación “El Cural” Lote N° 5 - Uchumayo – Arequipa

C) Evaluación cuantitativas de la localización:

Se realizó empleando el método de ranking de factores, que emplea un sistema de evaluación tomando en consideración los factores de la localización de planta, tales como materias primas, mano de obra, transporte, servicios, energía y otros. De estos factores deben relacionarse aquellos pertinentes en el caso específico.

1. Paso 1:

Listado de los factores de localización que sean importantes para el sector industrial de estudio, en nuestro caso:

- Proximidad a los efluentes industriales (materia prima)
- Proximidad a la red de alcantarillado
- Disponibilidad de Mano de Obra
- Abastecimiento de energía
- Servicios de montaje, construcción y mantenimiento
- Eliminación de desechos
- Reglamento fiscales y legales

2. Paso 2:

Analizar el nivel de importancia relativa de cada uno de los factores y asignarles una ponderación relativa (h_i). Para la ponderación de factores se tiene en cuenta lo siguiente:

- Incidencia del factor sobre las operaciones de la planta
- Proyección de su relevancia en el tiempo

Con estos criterios debe evaluarse la importancia relativa de cada factor con respecto a otro, para ello se utilizara una matriz de enfrentamiento. Se establece como regla lo siguiente:

Se asigna un valor de (1) a aquel factor “más importante” que el factor con el cual es comparado. Se asigna un valor de (0) si el

factor analizado es “menos importante” que el factor con el cual es comparado. En casos donde la importancia es equivalente ambos factores tendrán el valor de (1) en el casillero correspondiente. En la columna del extremo derecho se contabilizarán los puntos para cada factor y se evaluará el porcentaje correspondiente, en el cual representará la ponderación de dicho factor. Se asigna la calificación (Cij) de cada factor en la localidad alternativa, se puede utilizar la siguiente puntuación:

Tabla 11: Puntuación asignada para evaluar la calificación de las distintas alternativas

Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Deficiente	2

Fuente: Elaboración propia

Luego se debe evaluar el puntaje (Pij) que deberá tener cada factor en cada localidad, multiplicando la ponderación por la calificación $P_{ij} = h_{ij} \cdot C_{ij}$

Finalmente se realiza la sumatoria de puntajes, se determina la locación elegida de acuerdo con la evaluación considerando la que tenga mayor puntaje.



Matriz 2: Matriz de enfrentamiento para evaluar la importancia de los factores de localización

FACTORES	Proximidad a los efluentes industriales	Proximidad al alcantarillado	Disponibilidad de MO	Abastecimiento de energía	Servicio de montaje	Eliminación de desechos	Reglamento fiscales y legales	Conteo	Real %	Ponderado
Proximidad a los efluentes industriales		1	1	1	1	1	1	6	21.43 %	21.00%
Proximidad al alcantarillado	1		1	1	1	1	0	5	17.86 %	18.00%
Disponibilidad de MO	0	0		0	1	1	0	2	7.14%	7.00%
Abastecimiento de energía	1	1	1		1	1	0	5	17.86 %	18.00%
Servicio de montaje	0	0	1	1		1	0	3	10.71 %	11.00%
Eliminación de desechos	0	0	0	0	0		1	1	3.57%	4.00%
Reglamento fiscales y legales	1	1	1	1	1	1		6	21.43 %	21.00%
TOTALES								28	1	100.00%

Luego se desarrolla el ranking de factores:

Localización N° 1:

Irrigación el Cural Lote 5 Uchumayo – Arequipa **Ubicación al Noroeste del camal**

Tabla 12: Tabla de ranking de factores para la localización N° 1

Factores de Localización	Ponderación %	Localización	
		Calificación	Punt.
Proximidad a los efluentes industriales	22	2	44
Proximidad a red de alcantarillado	18	8	144
Disponibilidad de Mano de Obra	7	10	70
Abastecimiento de energía	18	2	36
Servicios de montaje construcción y mantenimiento	11	4	44
Eliminación de desechos	4	2	8
Reglamentos fiscales y legales	22	10	220
TOTAL	100%		566

Fuente: Elaboración propia

Localización N° 2:

Irrigación el Cural Lote 5 Uchumayo – Arequipa **Ubicación al Suroeste del camal**

Tabla 13: Tabla de ranking de factores para la localización N° 2

Factores de Localización	Ponderación %	Localización	
		Calificación	Punt.
Proximidad a los efluentes industriales	22	10	220
Proximidad a red de alcantarillado	18	8	144
Disponibilidad de Mano de Obra	7	10	70
Abastecimiento de energía	18	6	108
Servicios de montaje construcción y mantenimiento	11	10	110
Eliminación de desechos	4	6	24
Reglamentos fiscales y legales	22	10	220
TOTAL	100%		1004

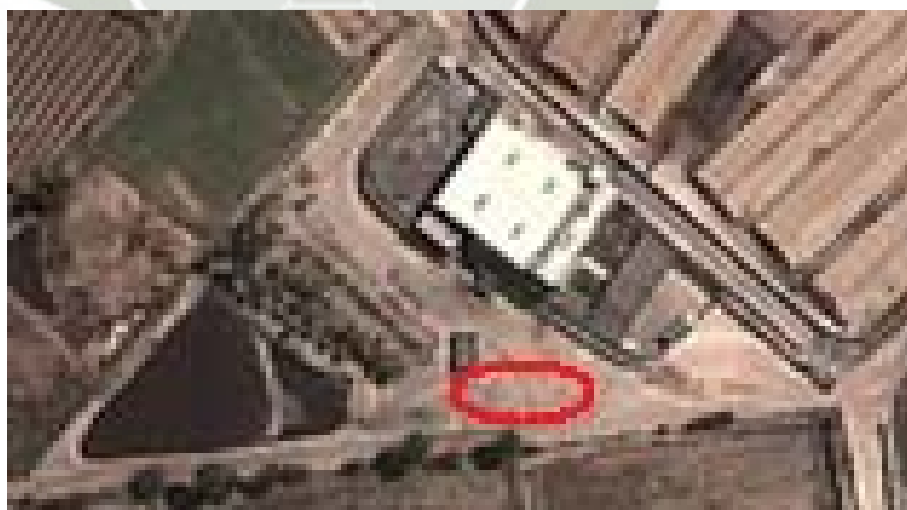
Fuente: Elaboración propia

Conclusión: De acuerdo a los resultados obtenidos tomamos como la alternativa más viable aquella en la que se logra un mayor valor, por lo tanto la localización será:

Irrigación “El Cural” Lote 5 Uchumayo – Arequipa
Ubicación al Suroeste del camal

- **Macrolocalización:** Departamento de Arequipa – Provincia de Arequipa – Distrito de Uchumayo.
- **Microlocalización:** Distrito Uchumayo – Irrigación el Cural Lote 5 – Ubicación Suroeste

Ilustración 29: Vista satelital de la ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth

4.2. TAMAÑO DEL PROYECTO:

A) Generalidades

El tamaño de planta representa la capacidad de depuración de la planta de tratamiento de aguas residuales en sus tres etapas, para un determinado volumen de efluentes industriales bajo condiciones normales de operación.

Para obtener el tamaño óptimo de planta se proponen alternativas, las que posteriormente se someterán a una evaluación a nivel de avance tecnológico, tamaño de inversión, eficiencia de planta e impacto ambiental.

B) Alternativas de Tamaño

Basándonos en la optimización de resultados operativos, y de acuerdo a las proyecciones de caudales que se generarán en los próximos 10 años presentados en la tabla N° 3-7 se dan las siguientes alternativas:

Tabla 14: Alternativas de caudales para el diseño óptimo de planta (resultados de Tabla N° 3-4)

Alternativa	Cuántía del caudal
I	160 m ³ /día
II	176 m ³ /día
III	182 m ³ /día

Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse las alternativas de tamaño expuesta obedecen a los niveles de cuantía de volumen planteados para el proyecto, ya que si no se generan efluentes en la planta no se puede realizar el tratamiento.

C) Relaciones de Tamaño

Cada uno de los tamaños alternativos los cotejamos con las diferentes disponibilidades de factores como: Disponibilidad de Efluentes Industriales, tecnología, inversión, impacto ambiental, etc.

El análisis de esta relación identifica a la alternativa conveniente que finalmente será el tamaño óptimo de planta.

- **Tamaño – disponibilidad de efluentes del camal de cerdos**

Las cantidades de cerdo que se sacrifica durante el año están garantizadas por lo que no habrá problemas de abastecimiento de efluentes para la planta de tratamientos de aguas residuales.

- **Tamaño – tecnología**

La tecnología se define como el conjunto de elementos que incluye el proceso, equipo, maquinarias y método. El sistema de tratamiento, así como los recursos empleados por la planta de tratamiento deberá

ser analizado de acuerdo a los resultados de caracterización y diagnóstico inicial del efluente. La tecnología a utilizarse o que se ofrece en el mercado podría estar dentro de estos dos parámetros:

- Altamente automatizada
- Manual y mecánica

Por lo tanto debe de escogerse entre varias propuestas de tecnología, en la cual una de sus principales características será su capacidad o volumen de producción.

- **Tamaño – Financiamiento**

En este punto será necesario analizar las restricciones que se tengan en los recursos financieros para satisfacer las necesidades de inversión. El proyecto debe tener la decidida intención de llevarse a cabo, dado los beneficios en el nivel económico (pago de multas), social, ambiental y empresarial. Por lo tanto las limitaciones financieras que ofrece cada una de las alternativas se procuraran salvar. Más bien la decisión del tamaño óptimo ira encaminada a elegir la opción que ofrezca mayores ventajas de liquidación de compromisos contraídos (PAMA), procurando aprovechar las promociones del sector, periodos de gracia, etc.

- **Tamaño – Disponibilidad de Mano de Obra**

Dado que las diferentes alternativas utilizan distintos sistemas de tratamiento de efluentes, las especificaciones de mano de obra varían. Por lo tanto existen también dificultades para conseguir mano de obra calificada considerando que en Arequipa son pocas las industrias que dan un correcto tratamiento a las aguas residuales que generan.

Para remediar esta situación, existe la posibilidad de contemplar la figura de la capacitación, la que nos permitirá salvar algún impase y ampliar nuestra gama de opciones a cualquiera de los tres tamaños de presupuestos.

D) Tamaño Óptimo de Planta

Luego de comparar las diferentes alternativas, tomando en cuenta las proyecciones de caudales que se generarían, podemos inferir que la planta deberá tener una capacidad de tratamiento de $160 \text{ m}^3/\text{día}$ siendo así la segunda alternativa la más idónea y correcta (considerando el 10% de holgura para asegurar un tiempo de estadía adecuado).

Empezaremos el proyecto con la base de cálculo de $20 \text{ m}^3/\text{h}$, considerando que la inversión es significativa y la demanda de cerdo en Arequipa

aumente (como se mostró recientemente con el aumento de 500 cerdos beneficiados semanalmente hasta 800).

Se podría reformular el proyecto y aumentar el tamaño de planta en un futuro. Para todos los casos analizaremos y veremos todas las implicaciones de diseño y económicas con la alternativa elegida.



CAPITULO 5

INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1. GENERALIDADES

En el capítulo de Ingeniería del proyecto, se analiza la secuencia y planificación del proceso de tratamiento de aguas, dimensionando, disposición de los equipos y la integridad de planta, gestión de calidad e higiene industrial. También se describe los procedimientos y métodos a los que el proyecto recurre para obtener el agua residual finalmente tratada.

5.2. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

A) VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS POSIBLES:

a. Tratamiento por lodos activados:

***Tabla 15: Ventajas y Desventajas del tratamiento por lodos
activados***

Ventajas	Desventajas
- Antecedentes de tratamientos exitosos en efluentes industriales de mataderos. - Superficie comparativamente pequeña - Tiempo de residencia hidráulica corto - Alta eficiencia de remoción de	- Requiere tratamiento previo. - Elevado costo de inversión en infraestructura (Dependiendo del diseño de planta o la tecnología a utilizarse). - Posible uso de productos químicos. - Obra civil importante (cemento,

carga orgánica sustancialmente más alta que la que se alcanza en otros procesos, como los del tipo convencional por Cultivo Fijo. - Aspecto Tecnológico - Procesos Artificiales - Minimización de olores y ausencia de insectos - Re-uso de del agua proveniente de la planta de tratamiento. - Flexibilidad de operación a través de un control racional de la biomasa presente en el proceso. - Generación de lodos secundarios “estabilizados” que al igual que los sistemas convencionales pueden ser aprovechados como fertilizantes, mejoradores de suelo y obtención de biogás. - Posibilidades de regular energía consumida para variaciones de carga orgánica.	sistemas de agitación, reactores, etc.) - Energía eléctrica para mezcla y aporte de gases y/o aireación importante. - Mano de Obra muy especializada (ingenieros, electricistas, mecánicos) - Generación de lodos elevada. - Se puede prolongar el proceso de adaptación inicial del inóculo para el licor de mezcla. - Gastos de mantenimiento y operación. - Riesgo de tapamiento de los dispositivos de aireación durante ciclos operativos específicos. - Requiere de un control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.
--	--

Fuente: Elaboración propia

b. Tratamiento con reactor de Manto de lodos y flujo ascendente

Tabla 16: Ventajas y Desventajas del UASB

Ventajas	Desventajas
- Aplicable en pequeña, mediana y gran escala, para residuos industriales y domésticos - Presenta una producción de lodos comparativamente menores y estabilizados - Instalaciones compactas que demandan poco espacio en comparación con otros. - Constituye una fuente de energía alternativa (CH₄) - Permite la aplicación de elevadas cargas orgánicas. - Menor requerimiento energético - Posibilidad de disponer del lodo como abono o mejoramiento de suelos. - Aspecto tecnológico	- Emisión de olores desagradables (H₂S) - Sensibilidad a bajas temperaturas, cambio brusco de pH y a la presencia de oxígeno disuelto. - Lento proceso de arranque y por ello largos periodos para estabilización (inóculos). - Complejidad en los consorcios bacterianos. - Calidad de los efluentes inferior a los procesos

Fuente: Elaboración propia

c. Tratamiento por lagunas de oxidación

**Tabla 17: Ventajas y Desventajas del sistema de tratamiento por
Lagunas de oxidación**

Ventajas	Desventajas
- Integración con el paisaje - Gran adaptabilidad a variaciones de carga hidráulica. - Bajo coste de producción y de explotación. - Buen rendimiento en la eliminación de microorganismos. - Buen rendimiento en la eliminación de nutrientes. - Buena mineralización de los fangos.	- Necesidad de grandes superficies. - Efluentes finales con sólidos en suspensión (algas). - Sensibilidad a bajas temperaturas y radiación solar - Sensible a influentes concentrados y/o sépticos - En general no son sistemas adecuados para efluentes industriales con componentes tóxicos

- No requiere una fuente de energía externa. - Requiere poca mano de obra y no excesivamente especializada.	- Potencial riesgo de olores en caso de mal funcionamiento (especialmente anaerobias) - Conveniente disponer de terrenos fácilmente impermeabilizados y de poca pendiente. - Pocas posibilidades de intervención rápida en el proceso, procesos naturales a velocidad “natural”, TRH muy largo.
--	---

Fuente: Elaboración propia

B) COMPARACION CUANTITATIVA DE LAS ALTERNATIVAS

Tabla 18: Comparación de las diferentes alternativas para el proceso de tratamiento

	Lodos Activados	UASB	Lagunas de oxidación
Eficiencia de remoción de contaminantes (DBO y DQO) %	85-99	75-90	60-70
Tiempo de residencia Hidráulica (Hrs)	3-7	4-12	1-12
Tiempo de puesta en marcha para operación (días)	10-14	10-20	+20
Costos de instalación e infraestructura	Caro	Caro	Económico
Área de terreno	Regular	Regular	Grandes extensiones
Principal tipo de desechos que se generan	Lodos	Lodos	Lodos, malos olores
Condiciones especiales	Pre – tratamiento, caudal a régimen	Pre – tratamiento gránulos estables,	Proceso: laguna anaerobia, laguna facultativa,

	regular, inóculos aptos, aireación inducida, etc.	sistemas de recolección de gas, etc.	laguna aerobia. Zonas aireadas
Tipo de mano de obra	Especializada	Especializada	No especializada

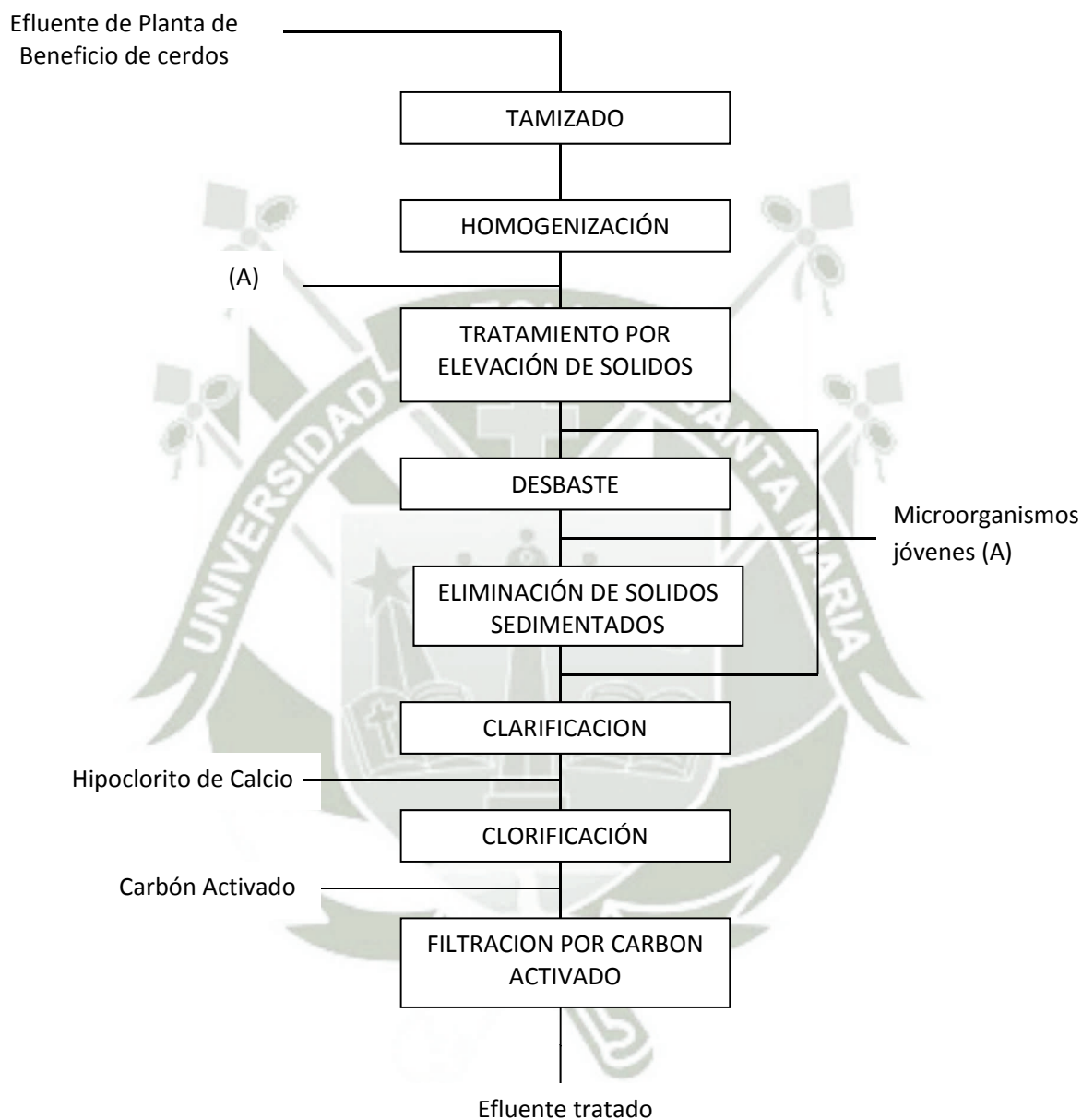
Fuente: Elaboración propia

Conclusión:

De acuerdo a las diferentes metodologías para la depuración de aguas residuales presentadas en el capítulo II y punto 5.2, los resultados obtenidos de la caracterización y diagnóstico inicial, bibliografía y tomando como antecedentes la referencia de tratamientos exitosos por lodos activados en otras latitudes, a continuación se propone un sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) para el caso específico de efluentes industriales en el camal de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC, que combina las ventajas de cada uno de los sistemas aislados, buscándose de esta manera en el tratamiento primario disminuir al máximo los sólidos suspendidos, DBO, aceites y grasas del efluente para luego en el tratamiento secundario buscar el mayor acercamiento a los VMA.

Dicho sistema es el de lodos activados utilizando tecnología de turbo aireación y degradación total de los efluentes

5.3. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA CON EL SISTEMA SELECCIONADO:



5.4. ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

Para poder realizar de forma satisfactoria el tratamiento por Turboaeración y degradación total, se debe haber 4 etapas de instalación que en sinergia genere el PTAR, las cuales son:

- **Infraestructura:** Llámese a las obras civiles de construcción
- **Sistema de aireación:** Que se encarga de la distribución y alimentación al sistema de aire disuelto para la elevación y alimentación de lodos.
- **Sistema de flujo de aguas:** Llámese al equipo requerido para que el influente fluya de forma natural por toda la infraestructura.
- **Sistema de lodos:** Equipo recolector de lodos que retroalimenta los lodos a la PTAR.

Se debe de apostar por los siguientes equipos adicionales a la infraestructura adecuada para su óptimo funcionamiento:

Tabla 19: Equipo y accesorios requeridos por etapas del proyecto

Infraestructura		Sistema de aireación		Sistema de flujo de aguas		Sistema de Lodos	
Descripción	Cant.	Descripción	Cant.	Descripción	Cant.	Descripción	Cant.
Poza de homogenización	1	Paquetes de sopladores acoplado a motor de 60HP	2	Tubo PVC 6" Clase 10	54 m	Electrobomba viajera de 2"	1
Reactores	4	Difusores tubulares	70	Tee PVC 6" Clase 10	6	Electrobomba aspiradora 2"	1
Estación de Clarificación	1	Tubo de cemento	10	Tubo PVC 8" Clase 10	11 m	Tubo INOX. 2"	44 m
Estación de almacenaje de agua tratada	1	Sistema de purga para reactores	5	Tee PVC 8" Clase 10	1	Codos de 90° INOX 2"	8
Estación de almacenaje de agua tratada	1			Válvula de bronce 6"	2		
Casa de Fuerza	1			Canaleta Dentada	1		
				Trampa de flotantes	1		

5.4.1. DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO:

Sistema de Aireación:

SOPLADOR DE AIRE GARDNER DENVER

Marca: HELIFLOW

Modelo: HF514

Configuración: Horizontal

Entrada y Salida de aire: 6" de diámetro

Presión de aire: 10PSIG

Volumen de aire: 1510 m³/Hr. (626 SCFM)

Velocidad de operación: 2587 RPM

Potencia de freno: 52.4 BHP

Temperatura: 285 F°

Equipados con:

- Base estructural con rieles tensores del motor
- Filtro-silenciador de admisión con elemento filtrante en Poliester
- Silenciador en la succión
- Silenciador en la descarga
- Sistema de acoplamiento motor soplador por poleas y bandas con guardabandas
- Tacones anti vibratorios para la base

- Manómetro de presión con glicerina
- Válvula de seguridad fabricada de bronce
- Válvula check cuerpo de hierro fundido disco vástago y resorte en acero INOX.
- Motor eléctrico de 60 HP, 220/440 V, trifásico 60Hz. 3600 RPM.

Ilustración 30: Corte lateral de Soplador lobular



Fuente: GARDNER DENVER

Ilustración 31 Equipo de soplador instalado



Fuente: GARDNER DENVER

DIFUSORES DE BURBUJA FINA TUBULAR

Marca: SADDLE

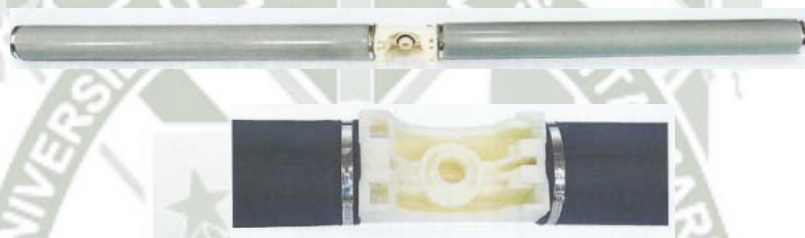
Modelo: AFTS3100-P

Longitud de burbuja: 3.7" DIAM x 39" LONG.

Tipo de membrana: Membrana fina PTFE (Recubrimiento de teflón)

Cada juego incluye dos tubos de silleta de montaje

Ilustración 32: Difusor tubular



Fuente: SADDLE

Ilustración 33: Instalación de difusores tubulares



Fuente: propi

Sistema de Flujo de agua:

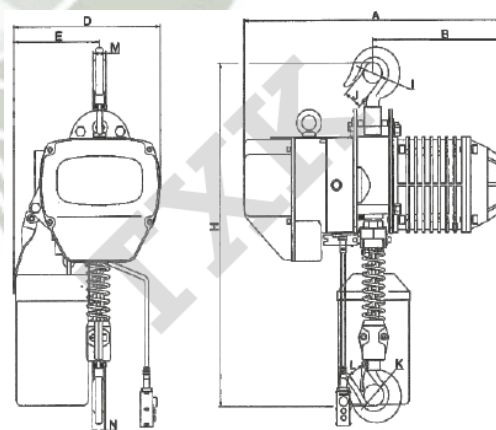
EQUIPO:

- 54 ML. PVC 6" CLASE 10
- 6 T's PVC 6" CLASE 10
- 11 ML. PVC 8" CLASE 10
- 1 T PVC 8" CLASE 10
- 2 Válvulas de bronce "
- 1 Canaleta dentada 4 x 0.15 x 0.20 M de acero INOX
- 1 Trampa de Flotantes y corte de acero INOX

Sistema de Lodos:

- Tacle eléctrico:

Ilustración 34: Fotografía de tacle eléctrico, diseño y medidas



● Datos Técnicos													
Tipo	Capacidad (TN)	Izaje (m)	Motor de Tecla					Motor de Trolley					
			Velocidad (m/min)	Potencia (kw)	Rpm	Fases	Voltaje (V)	Velocidad (m/min)	Potencia (kw)	Fases	Rpm	Voltaje (V)	Ancho de Ala Viga (mm)
SSDHL01 - 01	1	3	7,9	1,5 kw	1440	3	220/380/440	...	...	...	...	...	...
● Dimensiones del Equipo													
Tipo	Capacidad (TN)	Dimensiones (mm)											
		H	A	B	D	E	I	J	K	L	M	N	Cadena
SSDHL01 - 01	1	650	520	260	300	176	φ 42	32	φ 42	32	24	24	φ71

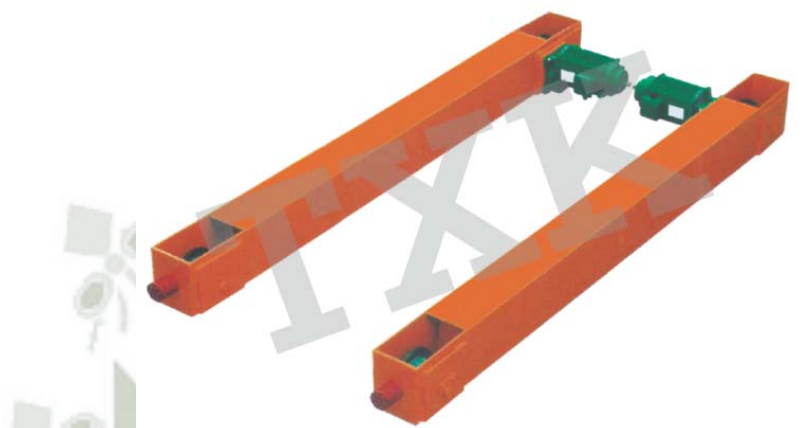
Fuente: THX Japanese Industries

- **Testereros:**

Juego de viguetas testeras de 1 Ton a 30 Ton, carros que trabajan en paralelo o de manera independiente. Estos equipos trabajan sobre una pista de riel, su estructura es de acero forjado, tratado térmicamente, para una mayor resistencia y durabilidad.

Mecanismo de control múltiple, para el control centralizado, control de dispersión, o el modo de control distribuido, y los carros son capaces de realizar operaciones automatizadas según el trabajo. Pueden ser utilizados en diversos sistemas de traslado de cargas, siendo los puentes grúa, el más común. Sistema de freno electromagnético regulable, ruedas dentadas directo al motor para un arranque inicial suave.

Ilustración 35: Rieles de testers metálicos



● Datos Técnicos						
Model	Longitud(m)	Potencia (kw)	Orbita (kg)	Diámetro de Rueda (φ)	Grupo de Trabajo	Capacidad (ton)
T0.75-120	0.75	0.37	9	120	M3	1T
T1.2-150	1.2	0.37	9	150	M3	1.5T
T1.5-150	1.5	0.37	9	150	M3	2T
T2.0-180	2	0.37	12	180	M4	3T
T2.5-200	2.5	0.6	12	200	M4	5T
T2.0-250	2	0.6	15	250	M4	7.5T
T2.5-250	2.5	0.6	15	250	M4	7.5T
T3.0-250	3	0.6	15	250	M4	10T
T2.5-280	2.5	0.6	22	280	M5	10T
T3.0-280	3	1.5	22	280	M5	10T
T2.5-300	2.5	1.5-2.2	30	300	M5	15T
T3.0-300	3	1.5-2.2	30	300	M5	15T

Fuente: THX Japanese Industries

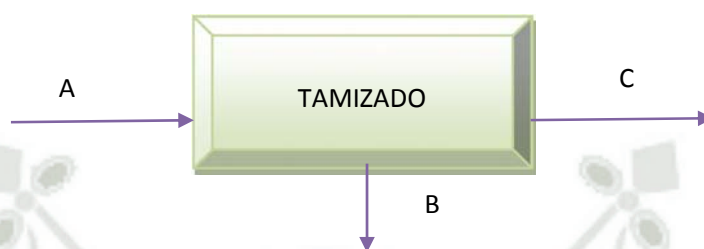
5.5. Balance de materia:

a) Tamizado:

Se toma como unidad de medida la DBO_5 , y la cantidad de sólidos suspendidos, de esta forma se indica cuanto de lodos se eliminan por etapas, puesto que al querer considerar una cantidad aproximada de

materia de lodos para hacer el balance podríamos cometer errores de proporción.

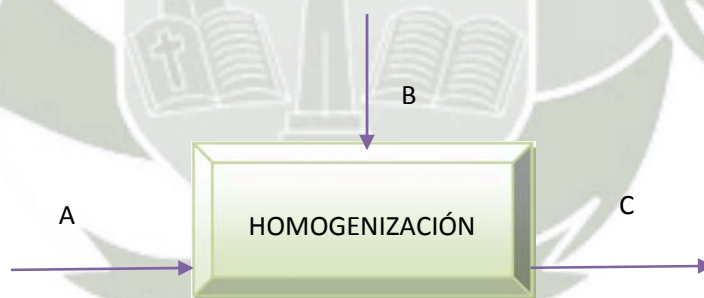
Para el tamizado se considera los sólidos mayores suspendidos.



MATERIAL	LÍNEA	Cant. Sólidos (%)	Rend.
Efluente de planta	A	100%	
Sólidos Suspendidos	B	4%	
Efluente que ingresa a Homog.	C	96%	96%

b) Homogenización:

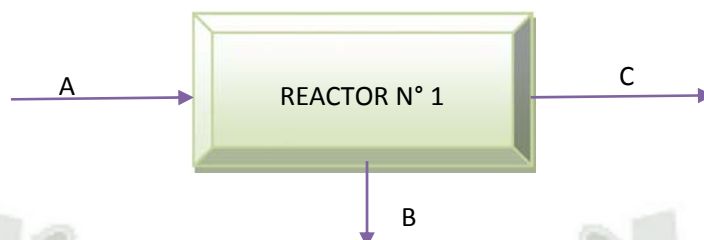
Para la homogenización se considera el DBO_5 .



MATERIAL	LÍNEA	Cantidad DBO_5 (%)	Rend.
Efluente que ingresa a Homog.	A	100%	
Aumento en homogenización	B	0%	
Efluente que ingresa a reactores	C	100%	100%

c) **Reactor N° 1:**

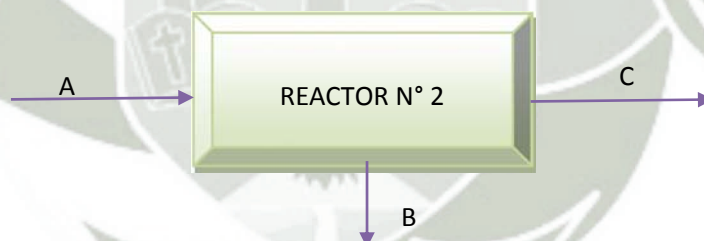
Para esta etapa se considera el DBO₅.



MATERIAL	LÍNEA	Cantidad DBO ₅ (%)	Rend.
Influente	A	100%	
Tratado por DAF	B	50%	
Efluente que ingresa a reactor	C	50%	50%

d) **Reactor N° 2:**

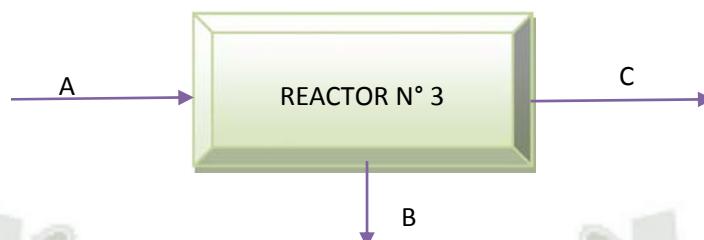
Para esta etapa se considera el DBO₅.



MATERIAL	LÍNEA	Cantidad DBO ₅ (%)	Rend.
Influente	A	100%	
Tratado por DAF	B	70%	20%
Efluente que ingresa a reactor	C	30%	30%

e) **Reactor N° 3:**

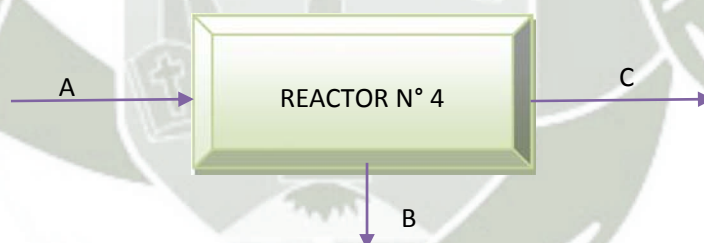
Para esta etapa se considera el DBO_5 .



MATERIAL	LÍNEA	Cantidad DBO_5 (%)	Rend.
Influente	A	100%	
Tratado por DAF	B	78%	8%
Efluente que ingresa a reactor	C	22%	22%

f) **Reactor N° 4:**

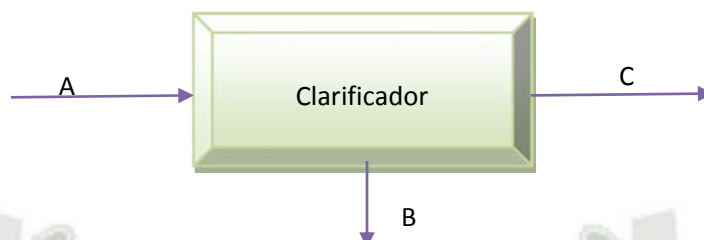
Para esta etapa se considera el DBO_5 .



MATERIAL	LÍNEA	Cantidad DBO_5 (%)	Rend.
Influente	A	100%	
Tratado por DAF	B	80.4%	2.4%
Efluente que ingresa a reactor	C	19.6%	19.6%

a) Clarificador:

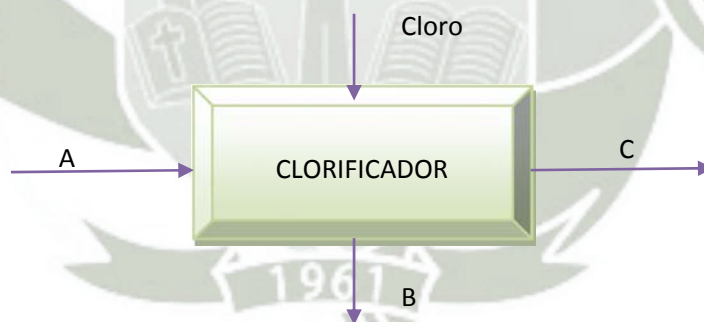
Para esta etapa se considera el DBO_5 .



MATERIAL	LÍNEA	Cantidad DBO_5 (%)	Rend.
Influente	A	100%	
Tratado por Clarificación	B	95.5%	15.1%
Efluente que ingresa a reactor	C	5.5%	5.5%

a) Clorificación y carbón activado:

Para esta etapa se considera el DBO_5 .



MATERIAL	LÍNEA	Cantidad DBO_5 (%)	Rend.
Influente	A	100%	
Tratado por clorificación	B	98.9%	3.4%
Efluente que ingresa a reactor	C	1.1%	1.1%

5.6. Requerimiento de Mano de Obra

Para el normal funcionamiento de la PTAR se requiere de un personal que se encargará de velar por el buen funcionamiento de los motores, sistemas eléctricos y manutención de los filtros y equipos de retención, como lo son los difusores. A este personal se le denominará SUPERVISOR DE PLANTA DE TRATAMIENTO, y ocasionalmente podrá tener bajo su disposición el apoyo de un personal del camal para el soporte de la PTAR. De igual forma el personal de mantenimiento del camal es el que velará por el normal funcionamiento de la planta. Los horarios de trabajo del supervisor estarán ligados a los de funcionamiento de la planta de beneficio de cerdos, que labora de lunes a viernes 8 horas, y los sábados hasta el mediodía.

Los días domingos la planta no funcionará, más solo para almacenar lo procesado durante la semana.

5.7. Distribución de planta

A) Generalidades:

La distribución de planta comprende la disposición física de todos los espacios necesarios para la localización de máquinas, equipos, zona de almacenaje, desplazamiento de los trabajadores y otros requerimientos. Dicha distribución tendrá en cuenta criterios de diseño para realizar el menos esfuerzo físico, además de crear un ambiente laboral funcional y agradable entre otros. Véase anexos.

B) Tipos de distribución de planta:

El tipo de sistema productivo o tipo de servicio a brindar, es uno de los factores determinantes de la disposición. Es así que la planta de tratamiento opta por un sistema de producción en cadena o en línea, donde la materia prima (Efluente del camal de cerdos), fluye de una operación a otra pasando por todos los procesos, permaneciendo la maquinaria y equipo estáticos. Este tipo de distribución se usa generalmente cuando un producto o servicio está estandarizado.

C) SISTEMA DE PLANEAMIENTO DE DISTRIBUCION DE PLANTA (SYSTEMATIC LAYOUT PLAYING – SLP):

a) Análisis de proximidad:

El análisis de proximidad, se realiza con una tabla relacional que es un cuadro organizado en diagonal, que tiene por objeto dar a conocer las relaciones de cercanía o proximidad entre cada actividad (entre cada función, entre cada sector), exponiendo los motivos correspondientes y apoyándose en una codificación adecuada.

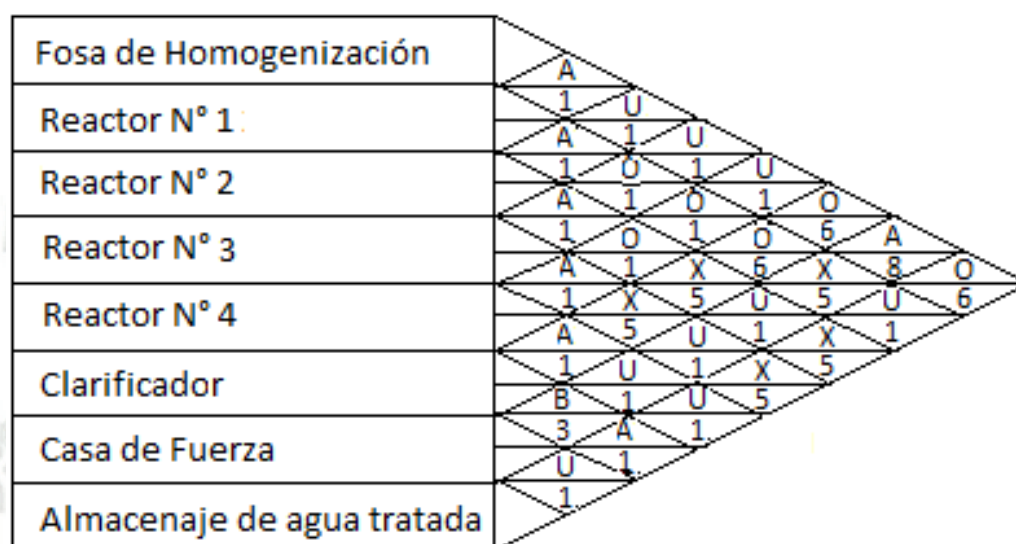
**Tabla 17: Tabla relacional de las actividades de la Planta de
Tratamiento de aguas residuales**

Codificación	Proximidad
A	Necesidad absoluta
B	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal u ordinario
U	Sin importancia
X	No recomendable

Codificación	Razón
1	Por el seguimiento del proceso
2	Contacto directo con personas
3	Por las tuberías de agua y desagüe
4	Comodidad y cercanía
5	Por higiene y seguridad
6	No relacionado
7	Por facilidad de limpieza y remoción de
8	residuos
	Por control y Supervisión

ANÁLISIS DE PROXIMIDAD:

Ilustración 36: Análisis de proximidad



Fuente: Propia

a) Determinación de la superficie requerida

Luego de realizar un estudio de plantas de tratamiento similares, respecto de sus necesidades y actual uso de áreas tanto productivas como administrativas y de acuerdo a las dimensiones de las unidades de tratamiento seleccionadas se confecciona a partir de estos criterios, una lista de los requerimientos de superficies del proyecto. La tabla N° 5-15 muestra las especificaciones de los requerimientos del proyecto en cuanto a espacios:

**Tabla 20: Requerimiento de áreas para la planta de tratamiento
de aguas residuales**

Descripción	Área (m ²)
Fosa de homogenización	16
Reactores (4 estaciones)	288.44
Clarificador	16
Fosa de agua tratada	12
Fosa de agua tratada con CA	8
Cuarto de control	12
Caseta de vigilancia	4
Cárcamo de desvío	10
Banqueta	95.8
Total	462.52

Fuente: Elaboración propi

b) Análisis de Recorrido:

Es una técnica que permite observar gráficamente todas las actividades en estudio de acuerdo a su grado de proximidad entre ellos. Este análisis pretende mostrar en forma gráfica las direcciones y caminos que seguirá el efluente, desde que ingresa proveniente de la planta de beneficio hasta que abandona la planta de tratamiento. El diagrama de recorrida se construye con ayuda del análisis de proximidad.

Tabla 21: Simbología utilizada para el diagrama de recorrido

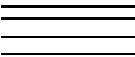
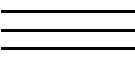
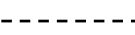
Codificación	TIPO DE LINEA	Proximidad
A		Necesidad absoluta
B		Especialmente necesario
I		Importante
O		Normal u ordinario
U		Sin importancia
X		No recomendable
		

Diagrama N° 3-5

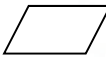
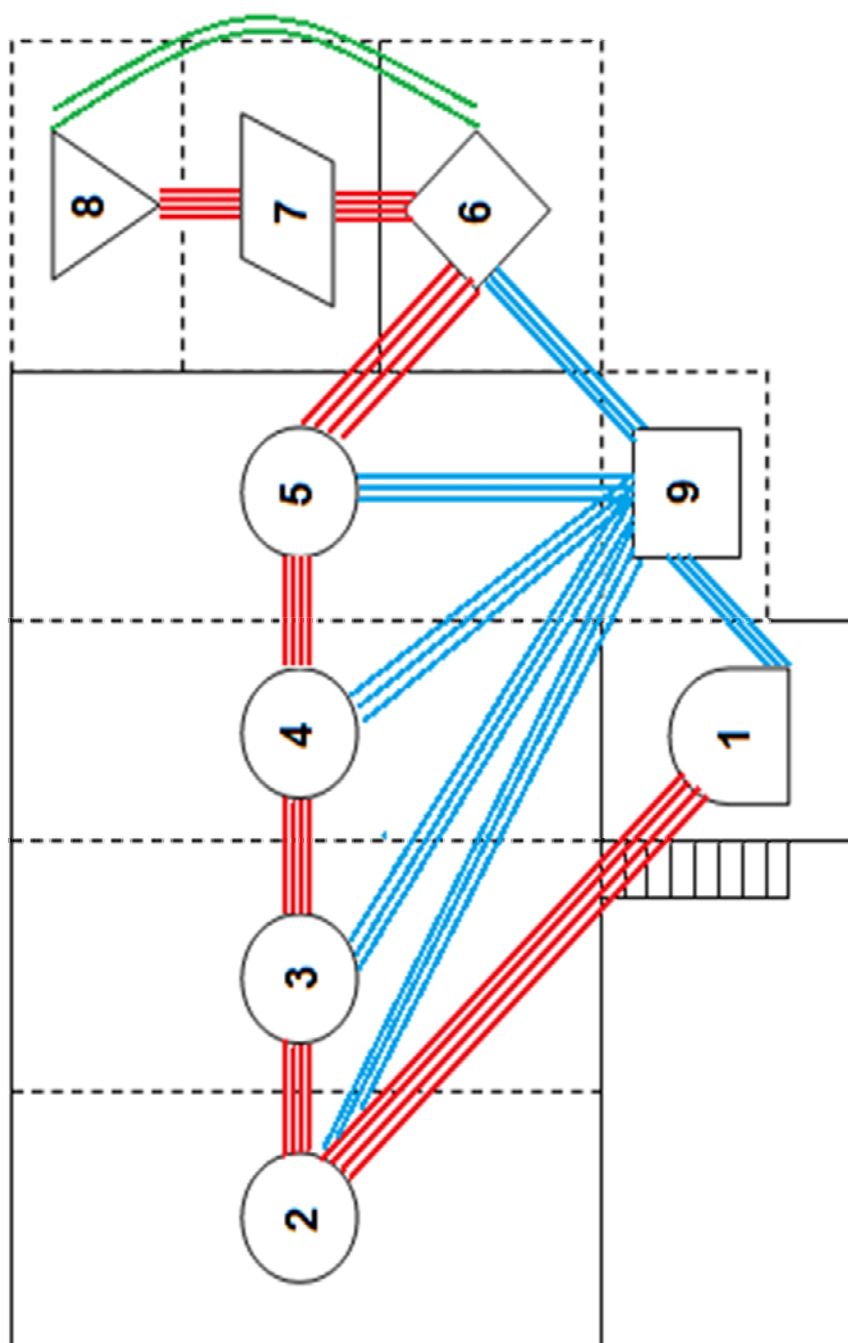
SIMBOLO	DESCRIPCION
	Fosa de Homogenización
	Reactor N° 1
	Reactor N° 2
	Reactor N° 3
	Reactor N°4
	Clarificador
	Fosa de agua tratada
	Fosa de agua tratada con cloro y carbón activado
	Casa de Fuerza

Ilustración 37: Diagrama de recorrido



Fuente: Propia

C) Comparación con PTAR de empresa competidora:

AQUA
industrial watertreatment

Proyecto : Rico Pollo, Arequipa, Perú
Oferta : 12/W/1521a
Fecha : 17 de julio de 2012

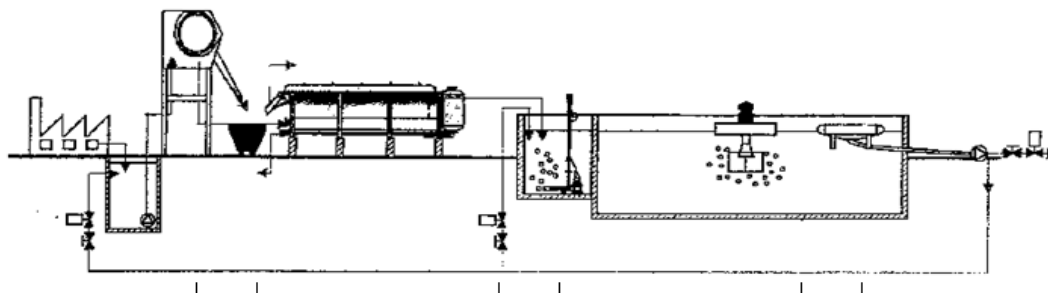
CBH
INTERNATIONAL

3. SISTEMA PROPUESTO

3.1. Diagrama de caudal

El sistema de tratamiento propuesto se refleja en los diagramas de caudal siguientes:

3.1.1. Pre-tratamiento y tratamiento biológico



La planta que se muestra a continuación es una propuesta de una empresa ecuatoriana denominada AQUA, dicha propuesta muestra un proceso de homogenización, tamizado, reactor inicial, y DAF único, la siguiente tabla muestra las diferencias entre ambas PTAR, y explicar por qué se optó por el sistema planteado.

Tabla 22: Comparación de Tecnologías para Tratamiento de efluentes

Sistema de DAF (AQUA)	Sistema Propuesto
• Costo de Inversión: s/. 2580230.00 • C. de Mantenimiento: s/. 25230.00 • Insumos: Poco Seguros • N° de reactores: 1 • VMA final (DBO₅): 80 • Cantidad de lodos: Alta • Costos de Obras civiles: Alta • THR: Moderado	• Costo de Inversión: s/. 1497614.00 • C. de Mantenimiento: s/. 17782.00 • Insumos: Más seguros • N° de reactores 4 • VMA final (DBO₅): 40 • Cantidad de lodos: Nula • Costos de obras civiles: Moderada • THR: Alto

Elaboración: Propia

D) GESTIÓN DE LA CALIDAD

Calidad: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos **(ISO 9000:2005)**.

La gestión de la calidad es el conjunto de acciones que la empresa asume en el desarrollo de su organización en torno a la calidad tanto del producto final o servicio brindado como en las demás actividades de la empresa, para ello practica filosofías de calidad y programas de calidad. Se debe tener la gestión de la calidad en todas las áreas como:

- En el producto o servicio
- En el proceso
- En las instalaciones
- En las máquinas y equipos

- En el personal

La gestión de la calidad en el proceso, se puede definir como el direccionamiento u orientación de todas las acciones o actividades del proceso productivo para la plena atención y satisfacción del cliente.

La exigencia de una organización bien definida que posea una estructura que garantice el mantenimiento de los resultados esperados dentro de la definición de calidad utilizada obliga a adecuarnos a la noción de sistema ya que las acciones y filosofías fundamentales del esfuerzo de la calidad son mejores definidas por la utilización de conceptos extraídos de la teoría general de sistemas.

Los sistemas son estructuras dinámicas que cambian con el tiempo. Su naturaleza es similar a la de los seres vivos: su destino natural es la evolución. El ambiente propicio se puede lograr a través de la capacitación, círculos de calidad, relaciones coordinadas y coherentes. La estructura y comportamiento organizacional correcto hace que este aspecto sea bastante fuerte como ventaja de la organización.

El control integrado de la calidad, es un sistema efectivo para integrar las acciones de desarrollo y mantenimiento, y mejoramiento de la calidad, por parte de los distintos componentes de la organización.

a) **Gestión de la calidad en la planta de tratamiento de aguas
residuales (PTAR):**

En la PTAR se establecerá tres acciones básicas para establecer una gestión adecuada de la calidad de efluentes industriales:

1. **Compromiso:** Los directivos de la empresa deben reconocer que la calidad de sus actividades y el desarrollo sostenible son condiciones vitales para el crecimiento, prosperidad e incluso la supervivencia de la misma.
2. **Formación:** Todos y cada uno de los empleados deberán comprender su papel en el proceso de mejora de los efluentes industriales.
3. **Implementación:** El proceso de mejora de la calidad de los efluentes debe de establecerse como una cuestión de comunicación y flujo de acciones lógicas, implementando para ello grupos de trabajo que garanticen su ejecución y retroalimentación.

La inspección de calidad es la función destinada a apreciar hasta qué punto el producto o servicio responde a las especificaciones establecidas (Valores Máximos Admisibles). Las especificaciones

referidas a la aceptación o el rechazo basado en atributos de una unidad o muestra, con las especificaciones correspondientes.

La inspección se efectuará:

- Inmediatamente antes de iniciar el proceso de tratamiento de efluentes propiamente dicho.
- Durante el proceso de tratamiento
- Al finalizar el proceso de tratamiento, en el efluente final.

b) Control de Calidad del Proyecto:

Es muy importante efectuar adecuado control de calidad inicial (caracterización y diagnóstico) de los efluentes del camal de cerdos que ingresan a planta de tratamiento de aguas residuales, ya que dichos resultados permitirán ajustar algunas variables y tiempos del proceso de depuración.

I. En el proceso:

El control de calidad en esta etapa se refiere básicamente a evaluar el correcto funcionamiento y eficiencia de las distintas unidades del sistema de tratamiento, para lo cual se establece puntos de muestreo específicos en donde llevar el control.

II. En el efluente final:

Aquí el control de calidad se hace a fin de comprobar la eficiencia del sistema para cumplir con los requisitos legales pertinentes.

E) SEGURIDAD INDUSTRIAL:

La gestión de la seguridad puede entenderse como la selección, empleo y supervisión de los recursos materiales y humanos para la prevención o reducción del riesgo. La importancia de la seguridad e Higiene Industrial ya no da lugar a dudas, cualquier organización sin importar la dimensión, tipo de muestra, condición financiera, puede eliminar la posibilidad de incidentes en el trabajo.

Razones de tipo humano, social, económico, de prestigio y competitividad son las que justifican la necesidad de tomar medidas en materia de seguridad e Higiene Industrial. Otro aspecto son sus efectos en la producción que muchas veces resultan ser trascendentales e irreversibles, ocasionando la interrupción de procesos, equipos destruidos y hasta pérdidas humanas en el peor de los casos.

a) Definiciones Importantes:

- **Seguridad y Salud en el trabajo:** Condiciones y factores que afectan, o podrían afectar a la salud y seguridad de los empleados o

de otros trabajadores (Incluyendo a los trabajadores temporales y personal contratado), visitantes o cualquier otra persona en el lugar de trabajo (**OHSAS 18001:2007**)

- **Peligro:** Fuente, situación o acto con potencial de causar daño en términos de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de estos (**OHSAS 18001:2007**).
- **Riesgo:** Combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición (**OHSAS 18001:2007**)
- **Incidente:** Suceso o sucesos relacionados con el trabajo en el cual ocurre o podría haber ocurrido un daño, o deterioro de la salud (sin tener en cuenta la gravedad), o una fatalidad (**OHSAS 18001:2007**).
- **Nota 1:** Un accidente es un incidente que ha dado lugar a un daño, deterioro a la salud o fatalidad,
- **Nota 2:** Se puede hacer referencia a un incidente donde no se ha producido un daño, deterioro de la salud o una fatalidad como cuasi accidente

- **Nota 3:** Una situación de emergencia (véase apartado 4.4.7. de la Norma) es un tipo particular de incidente (**OHSAS 18000:2007**)
- **Evaluación de riesgos:** Proceso de evaluar el riesgo o riesgos que surgen de uno o varios tipos de peligro, teniendo en cuenta lo adecuado de los controles existentes, y decidir si el riesgo o riesgos son o no zona aceptables (**OHSAS 18001:2007**)
- **Riesgo Aceptable:** Riesgo que se ha producido a un nivel que puede ser tolerado por la organización teniendo en consideración sus obligaciones legales y su propia política (**OHSAS 18001:2007**)

A continuación se propone un modelo de matriz IPER (Identificación de peligros y evaluación de riesgos) para la evaluación de riesgos, se tomarán en consideración los siguientes criterios:

Para la gravedad utilizar la siguiente tabla

Tabla 23: ¿Cuál es la gravedad del riesgo?

Puntaje	GRAVEDAD
	Daño a Personas
0	Sin lesión
2	Incidente sin tiempo perdido/sin enfermedad ocupacional
4	Incidente con tiempo perdido o enfermedad ocupacional
6	Pérdida de vida

Fuente: Carrasco 2011

Para la repetitividad utilizar la siguiente tabla:

Tabla 24: ¿Cuál es la frecuencia de ejecución de la actividad o tarea?

Puntaje	Frecuencia de ejecución de la actividad
1	Baja: Cuando la actividad se realiza en forma anual o a periodos mayores
2	Media: Cuando la actividad se realiza de forma trimestral
3	Alta: cuando la actividad se realiza en forma continua: diaria, semanal y mensual

Fuente: Carrasco 2011

VALORACION DEL RIESGO = GRAVEDAD + PROBABILIDAD REPETITIVA

Tabla 25: ¿Cuál es la probabilidad de que suceda el riesgo?

Puntaje	Probabilidad
-1	Menor que la probabilidad promedio que suceda
0	Probabilidad promedio que suceda el riesgo
1	Mayor que la probabilidad promedio que suceda el riesgo

Tipo de Riesgo	Rango
Aceptable	[1-6]
No aceptable	[7-10]

Fuente: Carrazco 2011



Matriz 3: Matriz de Identificación de peligros y evaluación de riesgos críticos (IPERC)

Actividad:

Mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Nº	Peligro	Riesgo		Evaluación del riesgo puro				Result.	Propio	Tercero	Situación		Controles					Evaluación de riesgo residual				Resultado Final
		Lesión o enfermedad		Gravedad	Repetitividad	Probabilidad	Valor				Normal	Anormal	Eliminación	Sustitución	Ingeniería	Administrativo	EPP	Gravedad	Repetitividad	Probabilidad	Valor	
1	Manipulación de superficies contaminadas y residuos con potencial patógeno	Riesgo biológico dermatitis		4	3	0	7	RNA	X			X				Procedimientos de control operacional, instrucción y capacitación	Uso de mamelucos, mandiles, guantes, lentes	2	3	-1	4	RA
2	Acarreo de cargas pesadas	Riesgos ergonómicos, lumbalgias y fatiga		4	3	0	7	RNA	x		x					Capacitaciones en ergonomía (posicional) rotación del puesto	Faja lumbar	2	3	-1	4	RA

5.8. Determinación y valoración de impactos ambientales

A continuación se muestra la lista de chequeo y matrices de valoración de impacto ambientales en sus distintas categorías (física, biológica y socioeconómica) para el proyecto de Instalación de una planta de tratamiento de Aguas Residuales por el Sistema de Lodos Activados utilizando el sistema de Turbo aireación y degradación total en el camal de Cerdos de la empresa RICO POLLO SAC localizada en Irrigación el Cural Lote 5 Uchumayo – Arequipa.



Matriz 4: CHECK LIST PARA LA CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y CIERRE DE LA P.T.A.R.

CATEGORÍAS AMBIENTALES	CONSTRUCCION				OPERACIÓN					CIERRE		
	Preparación del área de terreno	Const. De oficinas y otros	Construcción civil	instalación de maquinarias	Operación de tratamiento preliminar	Operación de tratamiento primaria	Operación de tratamiento secundaria	Vertido de efluentes	Mantenimiento de equipos	Desmontaje y traslado de equipos	Demolición de obra	Fijación de cobertura vegetal
1. Atmosfera												
Partículas suspendidas en el aire	X	X	X								X	
Malos olores					X	X	X	X				
Emisiones sonoras	X	X	X	X		X	X		X	X	X	
Polvo en la etapa de construcción	X	X	X								X	
2. Suelo												
Residuos		X			X	X	X		X	X	X	
Contaminación y alteración por Movimiento de tierras					X	X	X	X	X			
3. Agua												
Calidad de aguas subterráneas	X											
Usos potenciales de efluentes								X				
Calidad del efluente de la planta							X	X				
4. Flora y fauna												
Alteración de la flora	X											
Alteración de la fauna	X											
Modificación del hábitat	X	X	X	X								
5. Socioeconómico												
Participación de la comunidad												X
Generación de empleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Enfermedades profesionales						X	X	X				
Calidad de vida								X				X
6. Legal												
Normas de vertidos (VMA)								X				

EVALUACION DE ASPECTOS FÍSICOS A RAIZ DEL INICIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR

ITEM	COD	IMPACTO	C	P	I	O	E	D	R	TOTAL	CALIFICACION
Construcción	1	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de preparación del área de terreno y construcción.	-1	3	3	3	1	2	3	-15	Significativo
	2	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de oficinas y otros.	-1	2	1	2	1	1	2	-9	Moderado
	3	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura tratamiento preliminar	-1	3	3	3	1	1	2	-13	Moderado
	4	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento primario	-1	3	3	3	1	1	2	-13	Moderado
	5	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento secundario	-1	3	3	3	1	1	2	-13	Moderado
	6	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento	-1	2	3	3	1	2	1	-12	Moderado
	7	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento	-1	2	3	3	1	2	1	-12	Moderado
	8	Incremento de ruido emitido	-1	2	2	3	1	3	2	-12	Moderado

	9	por la maquinaria en la etapa de preparación de terreno Incremento de ruido emitido por la maquinaria en las etapas de: tratamiento preliminar, primario y secundario Alteración de la permeabilidad propia del terreno por construcción de sistemas de drenaje, instalación de equipos y otros Remoción de la capa del suelo por movimientos de tierras	-1	2	2	3	1	2	2	-12	Moderado
Operación	10	Emanación de olores	+1	2	3	3	2	3	2	+15	Significativo (+)
	11	desagradables	-1	1	1	2	1	2	2	-10	Moderado
	12	Incremento de ruido durante el tratamiento primario	-1	2	2	2	1	2	2	-11	Moderado
	13	Incremento de ruido durante el tratamiento secundario	-1	3	3	3	1	3	2	-15	Significativo (-)
	14	Contaminación de suelos por derrame de efluentes	+1	3	3	3	2	3	1	+15	Significativo (+)
		Incremento de la calidad del efluente del camal									

EVALUACION DE ASPECTOS BIOLÓGICO A RAIZ DEL INICIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR

ITEM	COD	IMPACTO	C	P	I	O	E	D	R	TOTAL	CALIFICACION
Construcción	1	Modificación del hábitat por el movimiento de tierra en el área de la planta de tratamiento de agua.	-1	1	1	2	1	3	2	-10	Moderado
	2	Modificación del hábitat por la construcción de infraestructura de tratamiento preliminar	-1	1	1	1	1	3	1	-8	Compatible
	3	Modificación del hábitat por la construcción de infraestructura de tratamiento primario	-1	1	1	1	1	3	1	-8	Compatible
	4	Modificación del hábitat por la construcción de infraestructura de tratamiento secundario	-1	1	1	1	1	3	1	-8	Compatible
	5	Modificación del hábitat por la construcción de infraestructura de tratamiento secundario	-1	1	1	2	1	3	1	-11	Moderado
Operación	6	Migración de la fauna del lugar debido al proyecto	-1	1	1	2	1	3	1	-9	Compatible
	7	Alteración de la flora propia del lugar	-1	1	1	2	1	3	1	-9	Compatible
		Modificación de la fauna									

		propia del lugar										
Cierre	8	Modificación del hábitat por nuevas especies de flora y fauna	-1	2	2	2	2	3	2	-13	Moderado	
	9	Cobertura vegetal	+1	3	2	2	1	3	1	11	Medio (+)	
ITEM	COD	IMPACTO	C	P	I	O	E	D	R	TOTAL	CALIFICACION	
Construcción	1	Generación de empleo en la etapa de movimiento de tierras	+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado	
	2	Generación de empleo en la construcción del área administrativa	+1	2	3	3	1	1	2	+12	Medio	
	3		+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado	
	4		+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado	
	5		+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado	
		Generación de empleo en la construcción de la infraestructura para el tratamiento primario										
		Generación de empleo en la construcción de la infraestructura para el										

		tratamiento secundario									
Operación	6	Generación de empleo en el área administrativa	+1	1	3	3	1	3	1	+12	Medio
	7	Generación de empleo para la planta de tratamiento en sus diferentes etapas	+1	2	3	3	2	3	1	+14	Moderado
	8	Generación de empleo para la planta de tratamiento en el área de mantenimiento.	+1	2	3	2	1	1	1	+10	Medio
	9	Mejora la calidad de los efluentes industriales	+1	3	3	3	2	2	1	+14	Moderado
	10	Disminución significativa de emanación de olores desagradables	+1	3	3	3	2	3	1	+15	Significativo (+)
Cierre	11	Generación de empleo en demolición de obra	+1	2	3	2	1	1	2	+11	Medio
	9	Generación de empleo en desmontaje de equipos y otros	+1	1	3	3	1	1	1	10	Medio
		Modificación del paisaje con la instalación de una cubierta vegetal	+1	2	2	2	1	3	1	11	Medio

a) Propuesta de mitigación

**Tabla 24: Propuesta de mitigación de los impactos ambientales
significativos**

IMPACTO AMBIENTAL	MITIGACION
Incremento de partículas suspendidas en la etapa de preparación del área de terreno y construcción	- Se dispondrá la utilización de cisternas u otros para que realicen un riego por aspersión en todas las zonas donde exista movimiento de tierras - Monitoreo con equipos para medir la cantidad de partículas suspendidas en el aire
Contaminación del suelo por derrame de efluentes	- Realizar planes de mantenimiento predictivo de todas las unidades del sistema de tratamiento para evitar desbordes o filtraciones - Contemplar planes de contingencia y emergencia en el caso de desbordes imprevistos - Realizar monitoreos permanentes a partir de las tomas de muestras de suelo y evaluar su variación en el tiempo

Fuente: Elaboración propio

CAPITULO 6

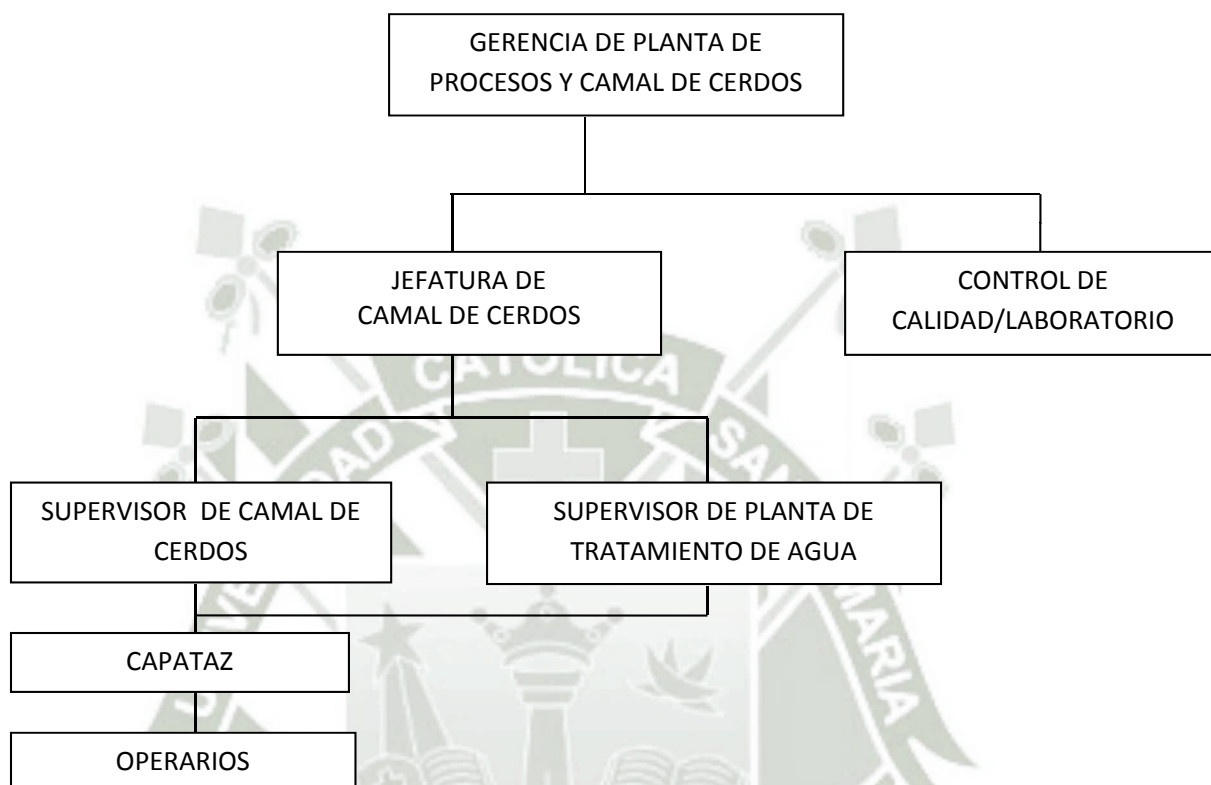
ORGANIZACIÓN E INVERSIONES DEL PROYECTO

6.1. ORGANIZACIÓN

A) Organigrama estructural de la planta

El organigrama estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales, es la representación esquemática de la estructura orgánica propuesta, que valiéndose de herramientas gráficas refiere la funcionalidad y distribución jerárquica de la planta, así como sus vínculos de interdependencia da a conocer claramente toda la organización de la planta de tratamiento. Cabe resaltar que la organización de la PTAR se comparte con la de la PBC (Planta de beneficio de cerdos).

Ilustración 38: Organigrama correspondiente al proyecto



B) Descripción de funciones y responsabilidades:

a) Jefe de planta de Planta de Beneficio de Cerdos y PTAR (1)

- a. Encargado de la gestión total de la planta de tratamiento
- b. Responde a los requerimientos del directorio sobre los asuntos para los que fue contratado
- c. Asignación de actividades a supervisores y obreros
- d. Control de entradas y salidas de material en almacenes

- e. Diagnosticar los problemas de operación y proceso, determinar las causas principales de las dificultades que se presentan. Presentar un análisis de los hechos a la gerencia general.
- f. Formular programas de compras y abastecimientos de insumos y materiales para planta

b) Supervisor de planta de tratamiento (1)

- a. Establecer con la ayuda de otras áreas de la organización (laboratorio principalmente), las especificaciones de calidad para los procesos de la planta de tratamiento.
- b. Obedecer y llevar a cabo políticas de la empresa en los aspectos de:
 - i. Seguridad
 - ii. Mantenimiento
 - iii. Programación de operaciones
 - iv. Control de calidad
- c. Efectuar reportes de operación de las distintas unidades que conforman el sistema de tratamiento y guardar un archivo de los mismos.
- d. Otras atribuciones encomendadas por la jefatura.

REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA:

Para el normal funcionamiento de la PTAR se requiere de un personal que se encargará de velar por el buen funcionamiento de los motores, sistemas eléctricos y manutención de los filtros y equipos de retención, como lo son los difusores. A este personal se le denominará SUPERVISOR DE PLANTA DE TRATAMIENTO, y ocasionalmente podrá tener bajo su disposición el apoyo de un personal del camal para el soporte de la PTAR. De igual forma el personal de mantenimiento del camal es el que velará por el normal funcionamiento de la planta

Los horarios de trabajo del supervisor estarán ligados a los de funcionamiento de la planta de beneficio de cerdos, que labora de lunes a viernes 8 horas, y los sábados hasta el mediodía.

Los días domingos la planta no funcionará, más solo para almacenar lo procesado durante la semana

6.2. INVERSIONES

A) Aspectos preliminares:

La decisión de llevar adelante un proyecto significa asignar a su realización una cantidad de recursos tangibles e intangibles expresados en términos monetarios. Se requieren para la instalación y operación del proyecto:

- Inversiones fijas o tangibles
- Inversiones intangibles
- Capital de trabajo

B) Inversiones Fijas o tangibles:

Las inversiones fijas o tangibles, se caracterizan porque no son materia de transacción y tienen una vida útil duradera, estos recursos una vez adquiridos son reconocidos como patrimonio del proyecto, siendo incorporados a la nueva unidad de producción hasta su extinción por agotamiento, obsolescencia o liquidación final.

Las inversiones fijas se realizan en el periodo pre-operativo o instalación del proyecto, comprende bienes que están sujetos a depreciación tales como: edificaciones, maquinarias, equipos inmobiliarios y equipos de oficina, vehículos e imprevistos. En la tabla

Nº 6-1 se registra la determinación del monto de inversiones fijas expresadas en moneda nacional y extranjera.

Tabla 26: Inversiones Fijas

INVERSIONES TANGIBLES	S/. 1,408,439.05
Obras civiles	S/. 1,123,884.19
Instalaciones provisionales	S/. 6,200.00
Trabajos preliminares	S/. 6,800.81
Movimiento de tierras	S/. 30,850.77
Concreto simple	S/. 24,552.56
Concreto armado	S/. 673,249.01
Muros y tabiques de albañilerías	S/. 1,106.82
Revoques enlucidos y moldaduras	S/. 59,938.40
Cierlorrasos	S/. 378.86
Pisos y pavimentos	S/. 276.09
Contrazócalos	S/. 213.69
Carpintería metálica	S/. 11,974.07
Vidrio, crsiales y similares	S/. 246.60
Pintura	S/. 342.39
Water Stop	S/. 8,711.76
Instalaciones eléctricas	S/. 3,039.25
Insalación sanitaria	S/. 331.29
Costo Directo	S/. 828,212.37
Gastos generales y dirección	
técnica (8%)	S/. 66,256.99
Utilidad (7%)	S/. 57,974.87
IGV (18%)	S/. 171,439.96
Sistema de aireación	S/. 206,454.69
Fabricación e instalación	S/. 30,873.23
Suministros	S/. 50,960.66
Sopladores de aire	S/. 112,560.00
Equipo operativo	S/. 10,928.89
Equipo de apoyo	S/. 1,131.91
Sistema de retorno de lodos	S/. 30,116.07
Equipos de retorno de lodos	S/. 14,560.00
Suministros	S/. 1,536.19
Suministros 2	S/. 1,694.00

Estructuras metálicas	S/. 8,200.80
Fabricación e instalación	S/. 4,125.08
Sistema de flujo de aguas	S/. 2,984.10
Tubos PVC 6" (6)	S/. 1,320.00
Suministros (abrazadera de 6")	S/. 804.10
Instalación	S/. 360.00
Tubo de PVC 8" (1)	S/. 500.00
Suministros (abrazadera de 8")	S/. 141.70
Instalación	S/. 70.00
Sistema eléctrico	S/. 45,000.00
Substación eléctrica (300 KV)	S/. 30,000.00
Cableado e instalación de tableros electrónicos	S/. 5,000.00
Acometidas (NKY)	S/. 10,000.00

Fuente: Elaboración propia

C) Inversiones intangibles:

Las inversiones intangibles, se dan en el periodo pre-operativo del proyecto, son gastos que se realizan antes de que se comience a producir los bienes o brindar los servicios. Estas inversiones se caracterizan por su inmaterialidad.

Los principales rubros de inversiones intangibles son:

- Estudio de pre – inversión
- Estudios definitivos de ingeniería, organización, gestión capitalización
- Montaje industrial
- Pruebas
- Puesta en marcha, y

- Interés pre-operativos

La tabla N°6-2 muestra la determinación de inversiones intangibles del proyecto:

Tabla 27: Inversiones intangibles del proyecto

INVERSIONES INTAGIBLES	S/. 68,000.00
Patente de tecnología ARTHROBACTER del bajío	S/. 63,000.00
Visita de consultor	S/. 4,000.00
Viáticos y pasajes del consultor	S/. 1,000.00

Fuente: Elaborado para el proyecto, aplicando parámetros técnico-económicos de estudios de pre-inversión similares

D) Capital de trabajo

El capital de trabajo es un conjunto de recursos reales y financieros que formarán parte del patrimonio de la planta de tratamiento de aguas residuales, los cuales son necesarios como activos corrientes para la puesta en operación del proyecto durante un ciclo productivo. El capital de trabajo considera aquellos recursos que requiere el proyecto para atender las operaciones de producción y comercialización de bienes o servicios y contempla el monto de dinero que se precisa para dar inicio al ciclo productivo del proyecto en su fase de funcionamiento. En otras palabras es el capital adicional con el que se debe contar para que comience a funcionar el proyecto, esto es financiar la producción antes de percibir ingresos.

Tabla 28 : Capital de trabajo

Capital de Trabajo	Reservas (meses)	Año 1 (s/.)
Mano de Obra Directa (Supervisión)	1	S/. 11,278.69
Mano de Obra Indirecta	1	S/. 965.48
Materiales Indirectos (insumos)	1	S/. 1,500.00
Gastos de Administración (ligados al camal)	1	S/. 4,731.04
Otros (Transporte de Sólidos - Pta harinas)	1	S/. 2,250.30
TOTAL		S/. 20,725.51

Fuente: Elaboración propia

E) Inversiones totales del proyecto

Las inversiones totales del proyecto son la acumulación de cada uno de los resultados de las inversiones fijas, inversiones intangibles y el capital de trabajo. EN la tabla N° 6-4, se presenta el cuadro general de inversiones y montos de cada ítem, tanto en moneda nacional (s/.), moneda extranjera (\$) y composición porcentual

Tabla 29: Inversiones totales del proyecto

Inversiones Totales	S/.
Inversiones Fijas	S/. 1,408,439.05
Inversiones Intangibles	S/. 68,000.00
Capital de trabajo	S/. 20,725.51
TOTAL	S/. 1,497,164.56

Fuente: Elaboración propia

F) Cronograma de inversiones del proyecto

Es el diagrama en que, en forma gráfica y cronológica, se indica el tiempo de ejecución de cada una de las inversiones previas a la instalación de la planta, durante y en su periodo operativo. En la siguiente tabla se muestra el cronograma de ejecución del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 30: Cronograma de actividades del proyecto

Etapa	Plazo (días)
Aprobación Gubernamental	75
Estudios de pre-factibilidad y definitivos de factibilidad	60
Construcciones y obras civiles	120
Adquisición de equipos y maquinaria	45
Montaje industrial	120
Capacitación y adiestramiento del personal	15
Prueba y puesta en marcha	20

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39: Diagrama de Gantt de cronograma de actividades

	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Aprobación Gubernamental																																				
Estudios de Pre-factibilidad y factibilidad																																				
Construcciones y obras civiles																																				
Adquisición de maquinaria																																				
Instalación sistema de aireación																																				
Instalación Sistema de retorno de lodos																																				
Instalación Sistema de comunicación de aguas																																				
Instalación de Sistema eléctrico																																				
Capacitación de personal																																				
Prueba y puesta en marcha																																				

Fuente: Elaboración propia

6.3. FINANCIAMIENTO

La financiación conocida indistintamente como financiamiento, es la actividad mediante la cual se obtienen los recursos financieros, para la implementación y funcionamiento del proyecto.

Las organizaciones pueden financiar sus proyectos con fuentes propias o aquellos que provienen de instituciones financieras como: La banca comercial, banca de fomento, crédito del intermediario financiero, etc. En la mayoría de ocasiones se gestiona la adquisición de maquinarias y equipos.

A) Fuente de financiamiento:

El proyecto será ejecutado en su totalidad con los aportes propios de la empresa.

CAPITULO 7

EVALUACIÓN DEL PROYECTO

7.1. GENERALIDADES.

El objetivo de la evaluación del proyecto es la obtención de los elementos de juicio necesarios para tomar decisiones respecto a la ejecución, postergación o rechazo del proyecto.

El presente proyecto se evalúa desde el punto de vista empresarial o privado, que busca la maximización de las utilidades y rapidez en la recuperación de la inversión. Así mismo, se evalúa desde el punto de vista social que busca la generación de empleo, densidad del capital y aumento del valor agregado de la materia prima.

7.2. INDICADORES DE EVALUACIÓN

a) Valor Actual Neto (VAN):

Llamado también Valor Presente Neto, es la cantidad de excedente actualizado neto que otorga el proyecto después de haber pagado la inversión y el valor de la renta exigida al proyecto, para una tasa de descuento previamente especificada.

Regla de Decisión

Se acepta el Proyecto si el VAN es mayor que cero (0). Si el efecto del financiamiento es adecuado, se tendrá que:

$$VAN_F > VAN_E$$

Se aplican las siguientes fórmulas para determinar el VAN Económico y el VAN Financiero.

nn

$$VAN_E = \sum_{i=1}^{nn} FE_i \cdot fsa(r, i) + V_n \cdot fsa(r, n) - \sum_{i=1}^{1=-m} I_i \cdot fsa(r, n)$$

i=1

1=-m

Donde: VAN_E : Valor Actual Neto Económico

VAN_F : Valor Actual Neto Financiero

FE : Flujos Económicos

V_n : Valor de Recupero

fsa : Factor Simple de Actualización

I_i : Inversión Total

A_i : Aporte Propio de Capital

r : Tasa de Actualización Adoptada

n : Horizonte de Planeamiento del Proyecto

Cálculo del TMAR para el proyecto:

La inversión es financiada enteramente por la empresa, por lo que el TMAR se definirá (dato brindado por la empresa) de 12%

Cálculo de los Indicadores de Evaluación Económica.

A) ALTERNATIVA 1: Planta de tratamiento de aguas residuales de Arthro Bacter del Bajío

Flujos Económicos:

Costos de Mantenimiento

Cant.	Descripción	C. Unit (\$)	Costo (S/.)
2	Servicio de arranque y pruebas de operación	\$400.00	S/. 1,120.00
1	Viáticos del técnico	\$3,125.00	S/. 8,750.00
1	Kit Overhoul para el soplador	\$1,913.00	S/. 5,356.40
1	Cubeta de aceite de 20 lits.	\$399.00	S/. 1,117.20

		Cada "n" Hrs.	Cada "n" días
1	Cambio de aceite (5 Lits.) para sopladores	500	21
1	Cambio de aceite (5 Lits.) para sopladores	4000	167
1	Recambio de rodamientos (Kit Overhaul)	8000	333

		Año 1	Año 2 a más
2	Servicio de arranque y pruebas de operación	S/. 2,240.00	
1	Viáticos del técnico	S/. 8,750.00	
1	Mantenimiento de equipos	S/. 6,792.80	S/. 6,792.80
		S/. 17,782.80	S/. 6,792.80

Ahorros (Multas y reutilización de energía)

Ahorro Multas	
UIT	S/. 3,750.00
1ra Multa (50 UIT)	S/. 187,500.00
2da Multa (50 UIT)	S/. 187,500.00
Ahorro de Energía	
Mensual	S/. 10,000.00
Anual	S/. 120,000.00

Mensualmente se hace el gasto en energía eléctrica para el bombeo del agua desde el reservorio a aproximadamente 950 metros del camal hasta dicha fuente de agua, el bombeo se realiza con una bomba eléctrica con un motor de 10 HP de fuerza, por información brindada por la empresa, el gasto mensual calculado para un motor

con estas características es de aproximadamente s/. 1000.00 (mil nuevos soles) por esto es que se toma para el caso práctico.

Tabla 31: Inversiones costos e ingresos VAN Y B/C

Año	Flujos Económicos (\$)	Tasa de Descuento	Beneficios Netos Actualizados (\$)	f.s.a 100%	Beneficios Netos Actualizados (\$)
0	-1,497,164.56	1.00000	-1,497,164.56	1.000000	-1,497,164.56
1	364,217.20	0.88000	320,511.14	0.500000	182,108.60
2	5,207.20	0.77440	4,032.46	0.250000	1,301.80
3	5,207.20	0.68147	3,548.56	0.125000	650.90
4	5,207.20	0.59970	3,122.73	0.062500	325.45
5	5,207.20	0.52773	2,748.01	0.031250	162.73
6	375,207.20	0.46440	174,247.76	0.015630	5,864.49
7	5,207.20	0.40868	2,128.06	0.007810	40.67
8	5,207.20	0.35963	1,872.69	0.003910	20.36
9	5,207.20	0.31648	1,647.97	0.001950	10.15
10	375,207.20	0.27850	104,495.57	0.000980	367.70
VAN			-878,809.63		-1,306,311.71

Año	Inversiones (\$)	Tasa de Descuento	Beneficios Actualizados (\$)	Costos Actualizados (\$)
0	-1,497,164.56	1.000000	-1,497,163.56	
1		0.880000	336,160.00	15,648.86
2		0.774400	9,292.80	5,260.34
3		0.681472	8,177.66	4,629.10
4		0.599695	7,196.34	4,073.61
5		0.527732	6,332.78	3,584.78
6		0.464404	177,402.36	3,154.60
7		0.408676	4,904.11	2,776.05
8		0.359635	4,315.61	2,442.93
9		0.316478	3,797.74	2,149.77
10		0.278501	106,387.37	1,891.80
VAN			-833,196.77	45,611.86
B/C	18.27			

Fuente: Elaboración Propia

ALTERNATIVA 2: Planta de tratamiento de aguas residuales de Aqua Inc.

Flujos Económicos:

Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento que tiene la empresa AQUA, para el sostenimiento anual de su planta de tratamiento de agua asciende a s/. 25230.00 nuevos soles aproximadamente (dato brindado por la empresa) Como los niveles de DBO que asegura esta empresa son considerablemente mayores a los que asegura ARTHRO BACTER DEL BAJIO, es que no se puede contemplar reutilizar el agua obtenida de esta PTAR para el uso en la planta de beneficio de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC.

Tabla 32: Inversiones costos e ingresos del proyecto VAN Y

B/C

Año	Flujos Económicos (\$)	Tasa de Descuento	Beneficios Netos Actualizados (\$)	f.s.a 100%	Beneficios Netos Actualizados (\$)
0	-2,580,230.00	1.00000	-2,580,230.00	1.000000	-2,580,230.00
1	349,770.00	0.88000	307,797.60	0.500000	174,885.00
2	-25,230.00	0.77440	-19,538.11	0.250000	-6,307.50
3	-25,230.00	0.68147	-17,193.54	0.125000	-3,153.75
4	-25,230.00	0.59970	-15,130.31	0.062500	-1,576.88
5	-25,230.00	0.52773	-13,314.68	0.031250	-788.44
6	349,770.00	0.46440	162,434.62	0.015630	5,466.91
7	-25,230.00	0.40868	-10,310.89	0.007810	-197.05
8	-25,230.00	0.35963	-9,073.58	0.003910	-98.65
9	-25,230.00	0.31648	-7,984.75	0.001950	-49.20
10	349,770.00	0.27850	97,411.29	0.000980	342.77
VAN			-2,105,132.35		-2,411,706.78

Año	Inversiones (\$)	Tasa de Descuento	Beneficios Actualizados (\$)	Costos Actualizados (\$)
0	-2,580,230.00	1.000000	-2,580,229.00	
1		0.880000	330,000.00	22,202.40
2		0.774400	0.00	19,538.11
3		0.681472	0.00	17,193.54
4		.599695	0.00	15,130.31
5		0.527732	0.00	13,314.68
6		0.464404	174,151.53	11,716.92
7		0.408676	0.00	10,310.89
8		0.359635	0.00	9,073.58
9		0.316478	0.00	7,984.75
10		0.278501	104,437.87	7,026.58
VAN			-1,971,639.60	133,491.75

B/C **14.77**

Fuente: Elaboración Propia

a) Resumen de la comparación de la evaluación económica:

En la tabla 7-4 se presenta el Resumen de la Evaluación Económica de ambas propuestas, considerando sus distintos costos de mantenimiento y la cantidad de ahorros que pueden generar cada uno de ellos.

Tabla 33: Resumen de evaluación económica

	ARTHRO BACTER DEL BAJIO	AQUA INC
VAN	-878809.63	-2105132.35
B/C	18.28	14.77

Fuente: Elaboración Propia

Como se presenta en la tabla comparativa, el Valor actual neto del proyecto presentado por la empresa ARTRHO BACTER DEL BAJIO, es mayor que el de AQUA INC. De igual forma el beneficio/costo, puesto que la empresa mejicana presenta mayores oportunidades de ahorro (reutilización de las aguas procesadas) que la ecuatoriana (que solo asegura el ahorro en multas impuestas a la empresa).

Adicional a esto se debe tener en cuenta que:

La utilidad anual del camal de cerdo es actualmente de **s/. 12'850'236.80 (Valor calculado brindado por la empresa)**, de esta forma, la principal función de la PTAR es evitar la clausura

de la planta por mal manejo de residuos al medio ambiente, por lo que si no se hiciera el proyecto la empresa dejaría de percibir estas utilidades anuales. Entonces, consideraríamos el ahorro de este monto como beneficio de ahorro del proyecto (ingreso), concluyendo que la inversión inicial (**s/. 1,497,164.56**) se recupera a raíz de dicho ahorro. De igual forma, se percibe un ahorro en multas por la **DIGESA**, y en reutilización del agua tratada (Con los VMA admisibles para el beneficio de cerdo, por debajo de las **40 mg/lit de DBO₅**), indicando esto un satisfactorio reúso de los efluentes para beneficio de la misma organización.

b) Evaluación Social

La Evaluación Social tiene por objetivo medir el valor del proyecto para la economía regional y/o nacional. Los principales indicadores de evaluación social (por la naturaleza del proyecto) son: densidad de Capital y generación de Empleo.

Tabla 34: Evaluación Social del Proyecto

Indicadores de Evaluación	Evaluación Social
1. Generación de empleo	El Proyecto generara nuevos puestos de Trabajo para el montaje de la obra civil de 50 personas
2. Densidad de Capital	$Dk = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Nro de Puestos generado}}$
	$Dk = \frac{1,497,164.56}{50 \text{ puestos de trabajo}}$
	$Dk = 29,943$

Fuente: Elaboración Propio

CONCLUSIONES

1. Los mataderos de cerdos producen gran cantidad de efluentes líquidos industriales, que se caracterizan por tener elevadas concentraciones de materia orgánica, materia suspendida, grasas, proteínas, etc. Tras realizar la caracterización del diagnóstico de DBO5 en la planta de beneficio de cerdos de la empresa RICO POLLO SAC, se obtuvieron los valores entre: 6300 y 27300 en un muestreo en horas punta de producción, para los parámetros citados respectivamente, superiores a los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por la legislación vigente.
2. Los caudales proyectados mediante cálculo de producción, se verá acrecentado hasta superar los 160 m³/día, por lo que para poder laborar con normalidad, y mostrando un aumento de beneficio de 500 a 800 cerdos por semana, es que la capacidad de planta es cuantificada en 176 m³/día.
3. Tras realizar la evaluación de diferentes tecnologías de depuración de aguas residuales se optó por el sistema de tratamiento por turboaereación y biodegradación total de lodos. Los resultados utilizando la PTAR estiman que los VMA serán inferiores a 40 mg/lit y luego de pasar por el tratamiento por carbón activado en la última instancia de la planta llegará hasta 1mg/lit de DBO5 o hasta menos.

4. La instalación de la PTAR tiene efectos positivos para el medio ambiente, pues permitirá un manejo más adecuado de los efluentes (que hasta ahora ha sido almacenada en una poza de almacenaje), y permitirá su reúso para el camaleo de cerdos, o en proyectos en los que decida embarcarse la empresa.
5. El beneficio económico de la instalación de la PTAR se desprende de los siguientes: En primer lugar el cumplimiento de los VMA, que llevará en consecuencia el ahorro de multas por parte de la autoridad ambiental y de vivienda, así como una buena regulación por parte de SENASA. En segundo lugar es una tecnología mucho más limpia, eficiente y económica que otras, de igual forma evitará la paralización o cierre de actividades de la planta. En tercer lugar, siendo el flujo de agua para usarse en la planta de 100 m³/día en el camal de cerdos, y la de la PTAR 160 m³/día, se podrá recircular para su uso en el beneficio de cerdos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones que permitan determinar la eficiencia tecnológica del tratamiento de efluentes industriales contaminados con materia orgánica y emulsiones de agua-aceite, empleando tecnologías emergentes como la electrocoagulación tan poco conocida en nuestro país.
2. Implementar en el menor tiempo posible un sistema de tratamiento eficaz y efectivo para los efluentes generados en la planta de beneficio de cerdos con lo descrito en el presente proyecto, evaluado y elegido como la alternativa más viable.
3. Continuar con el uso de tecnología bioamigable en diferentes puntos de procesamiento de la empresa RICO POLLO SAC, como es el caso del camal de pollos, en donde el tratamiento del agua residual es poco eficiente.

BIBLIOGRAFIA

A) LIBROS

- ABREU, MARTIN 2009 Formulación y evaluación de proyectos de inversión. México: Limusa
- DEL NERY, V; DAMIANOVIC, M BARROS, F. 2001. The use of upflow anaerobic blanket reactors in the treatment of poultry slaughterhouse wastewater water Sci. Technol. USA: Gardner
- Departamento de sanidad del Estado de New York. 1996. Manual de tratamiento de aguas. New York. Limusa
- DIAZ,B; JARUFE, B; NORIEGA, M 2003. Disposición de planta. Perú. Universidad de Lima.
- Fondo de crédito industrial. 2000. Manual para la evaluación y formulación de proyectos. Venezuela: Eker
- GALLEGOS, R; QUEQUEZANA, M 2008. Bioprocesos Industriales, Perú.
- MATSUMURA, E; MIERZWA, J. 2008. Water conservation and reuse in poultry processing plant .A case study, USA: Gardner.
- Organización de las naciones unidas para el desarrollo Industrial (ONUDI). 2003. El agua y el desarrollo industrial sostenible. USA
- Organización panamericana de la salud (OPS); organización mundial de la salud (OMS) Área de desarrollo sostenible y medio

ambiente. 2005. Guía para el diseño de tanques septos, tanques Imhoof y lagunas de estabilización. PERU

- RAMALHO, R 2004. Tratamiento de aguas residuales. España
- WEBER, WALTER Jr. 1992. Control de calidad del agua: procesos físicoquímicos, México: Reverté

B) TESIS

- ARENAS, C 2011. Anteproyecto para la instalación de una planta de oxidación de efluentes químicos en refinería ConchanPetro-Perú. EPIQ-UNSA
- GUTI, J; MACEDO, K; ORTIZ M. Estudio de factibilidad para la instalación de una planta productora de harinas de plumas de ave. EPII – UNSA
- SANCHEZ, J; CARPIO, MARCO 2010. Estudio comparativo de los métodos de floculación aplicados a los efluentes residuales y a la evaluación de los aspectos ambientales del camal metropolitano C&Q Arequipa. EPIQ – UNSA.
- VILLEGAS, D. 1997. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta dedicada a la elaboración de productos cárnicos en Arequipa. EPII-UNSA.

C) ARTICULOS DE REVISTAS Y PERIODICOS

- Caldera, Y; Gutierrez, E; luengo, M; Chavez, J; L. Ruesga, L. 2010. Evaluación del sistema de trataiento de aguas residuales de una industria avícola. Revista científica FCV-LUZ/VOI XX N°4, 409-416 Venezuela.
- Cervantes, A; Cruz, M; Aguilar, R; Castilla, P; Meraz, M. 2011. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tratada en un reactor UASB a escala piloto. Revista Mexicana de Ingeniería Química/Vol. X, N° 1 67-77 México
- D.S. 003-2010-MINAM, Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas residuales Domésticas o Municipales. El peruano, Lima, Mar. 17/2010.
- D.S. 021-2009 – Vivienda, Aprueban Límites Máximos Admisibles (VMA), en las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado. El peruano, Lima Nov. 20/2009
- Enriquez, L. 2005. La aplicación de instrumentación on-line en el tratamiento de aguas residuales. Revista Agua y Medio Ambiente Año 1 N°-1, 25-27, Perú.
- Gil, M. 1998. Modelo dinámico del proceso secundario de depuración de aguas residuales urbanas. Revista Internacional de métodos numéricos para cálculo y Diseño en Ingeniería Vol. 14, N°4, 525-538 España.

- Loaiza, J; Fall C. 2010. Modelación del proceso de lodos activados en la planta de tratamiento de aguas residuales en una industria avícola. Revista de Ingeniería UC. Vol 11, No 2, 92-101 Venezuela.
- Pabón, L; Suarez J. 2009. Arranque y operación a escala real de un sistema de tratamiento de lodos activados par aguas residuales de matadero. Revista Ingeniería e Investigación Vol. 29, N°2, 53-58 Colombia.

D) DOCUMENTOS ELECTRONICOS

- Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua potable y Alcantarillado (ANESAPA). BO. 2004. Tratamiento de Aguas residuales (En línea). La paz BO. Consultado 6. Ene. 2013.
- Banco Mundial (2002, Washington DC, USA) Indicadores Mundiales de desarrollo.
- Directiva del consejo de las comunidades Económicas Europeas 91/271. 1991. Sobre el tratamiento de aguas residuales Urbanas (en línea) CEE.
- Informe de vigilancia tecnológica (2006, Madrid, España). Tratamientos avanzados de aguas residuales Industriales.
- Instituto nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), PE. 2012.

Métodos de ensayo y de acreditación bajo el sistema Peruano de acreditación (en línea). Lima, PE.

- Ley N° 28611. Ley general del ambiente (en línea) PE.
- Management Perú, PE, 2013. La operación fue un éxito pero el paciente murió.
- Management Perú, PE, 2013. Impacto ambiental en los proyectos de inversión (En línea).



ANEXOS

A. COPIA DE CONTRATO CON ARTRHO BACTER DEL BAJIO



B. CARACTERIZACIÓN DEL INFLUENTE DEL CAMAL DE CERDOS

**C. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA (PTAR)**

D. TRATAMIENTO DE LODOS POR FILTRO PRENSA BANDAS

Los lodos en exceso de las diferentes unidades como de los sedimentadores del tratamiento biológico, conocidos como lodos biológicos, los de las pozas de sedimentación y otros, podrían ser deshidratados en un equipo de filtro prensa. Este equipo es capaz de deshidratar lodos con una concentración que oscila entre 0.1 – 7% en peso para dar como resultado una pasta concentrada de 20% en peso. EL funcionamiento de la unidad filtro prensa se lleva a cabo como sigue: La tubería de succión de lodos conduce a los mismos desde el depósito temporal hasta el cuerpo de la bomba, una vez que el lodo pasa a la tubería de descarga de la bomba se pone en forma inmediata con un polímero de alto peso molecular, el lodo recorre la tubería en contacto con el polímero, hasta llegar al tanque de mezcla instalado en la línea de alimentación al filtro prensa, posteriormente se efectúa la descarga en la zona de presecado, como se muestra en la siguiente figura:

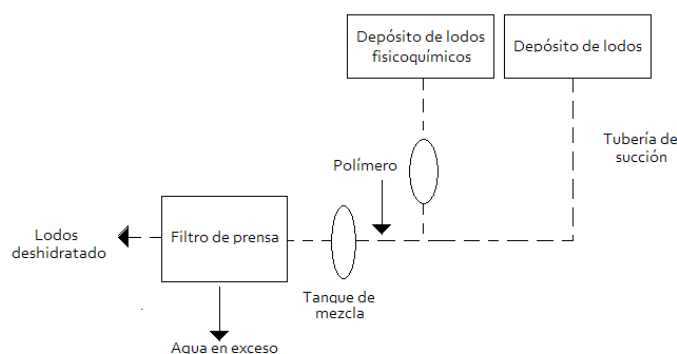


Figura: Tratamiento de lodos

El filtro de prensa de bandas, es un líquido de deshidratación de lodos, donde los lodos de alimentación caen en la zona de presecado y se elimina parte del agua por gravedad, el lodo es transportado sobre la banda hasta la zona de alta presión, donde son deshidratados mediante la aplicación mecánica de presión, esta presión, esta presión ejerce entre dos bandas porosas opuestas en movimiento sobre rodillos estacionarios. El destino final de lodos prensados debe ser una tolva de recepción que mediante un mecanismo de tornillo los transporta hasta un camión para su traslado a un vertedero.

Figura: Filtro prensa de bandas



Fuente: jhonsonscreems.com

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta ideal para pequeñas plantas de tratamiento.

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

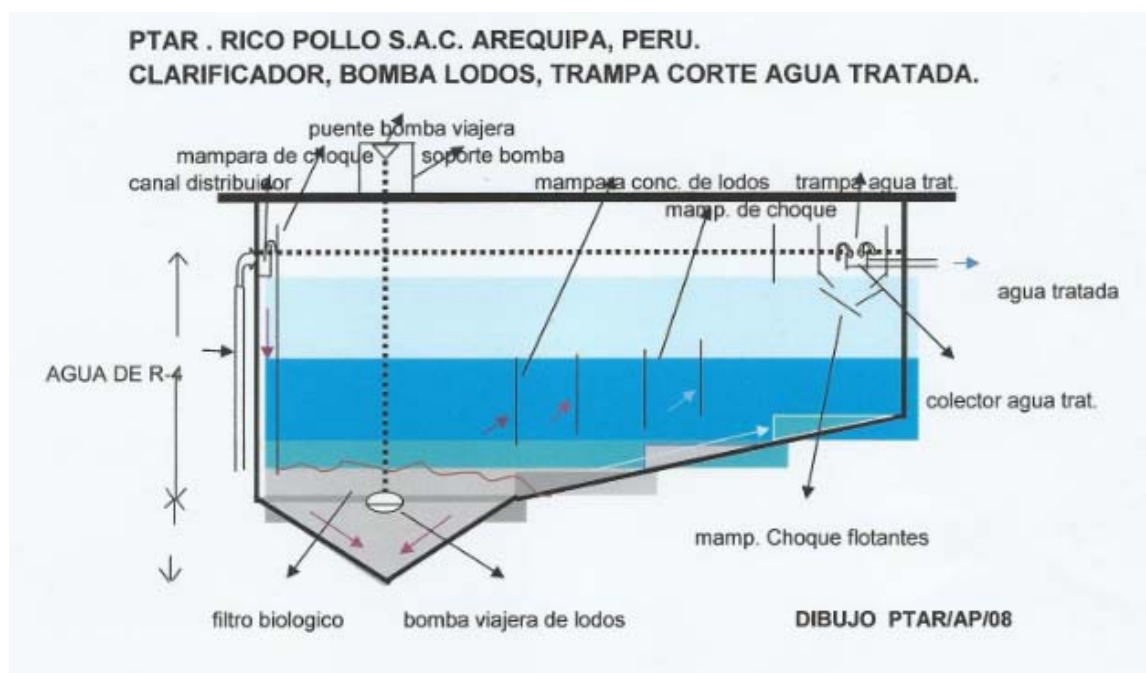
Medio de drenaje:

El medio de drenaje es generalmente de 0.30 de espesor y debe tener los siguientes componentes;

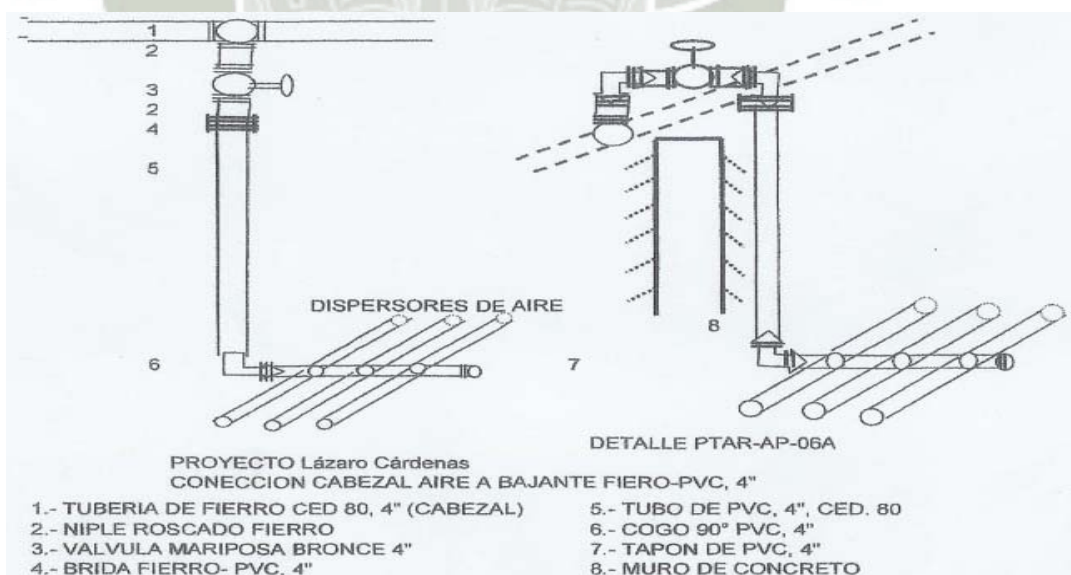
- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 15 cm formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3 cm llena de arena.
- La arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 mm; y un coeficiente de uniformidad de entre 2 y 5.
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1.6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0.2m de espesor.

E. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

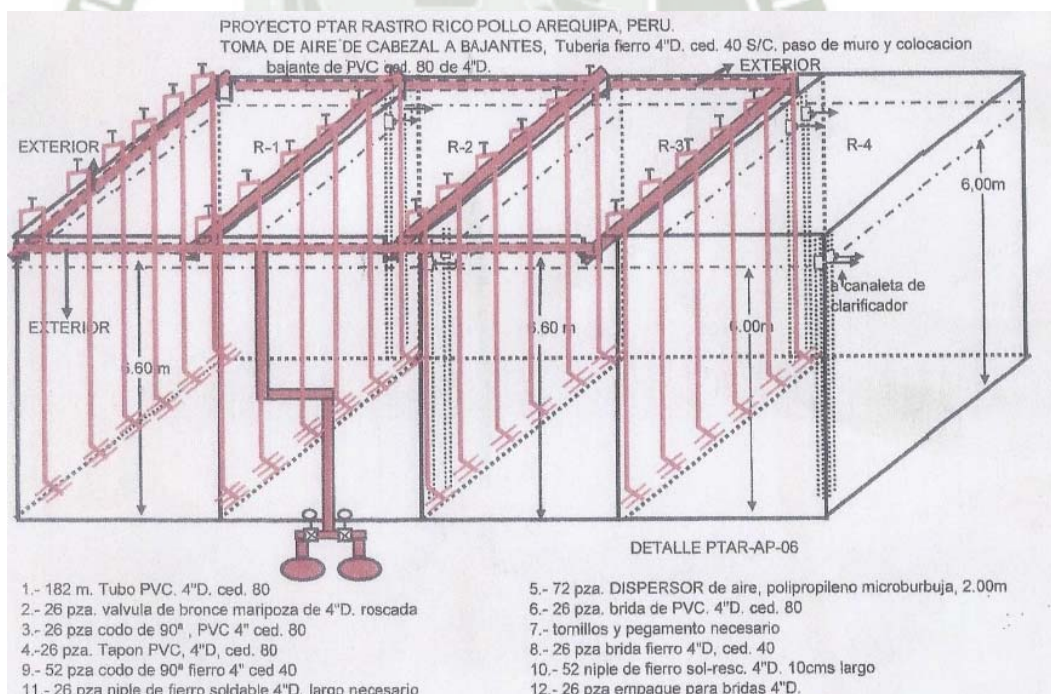
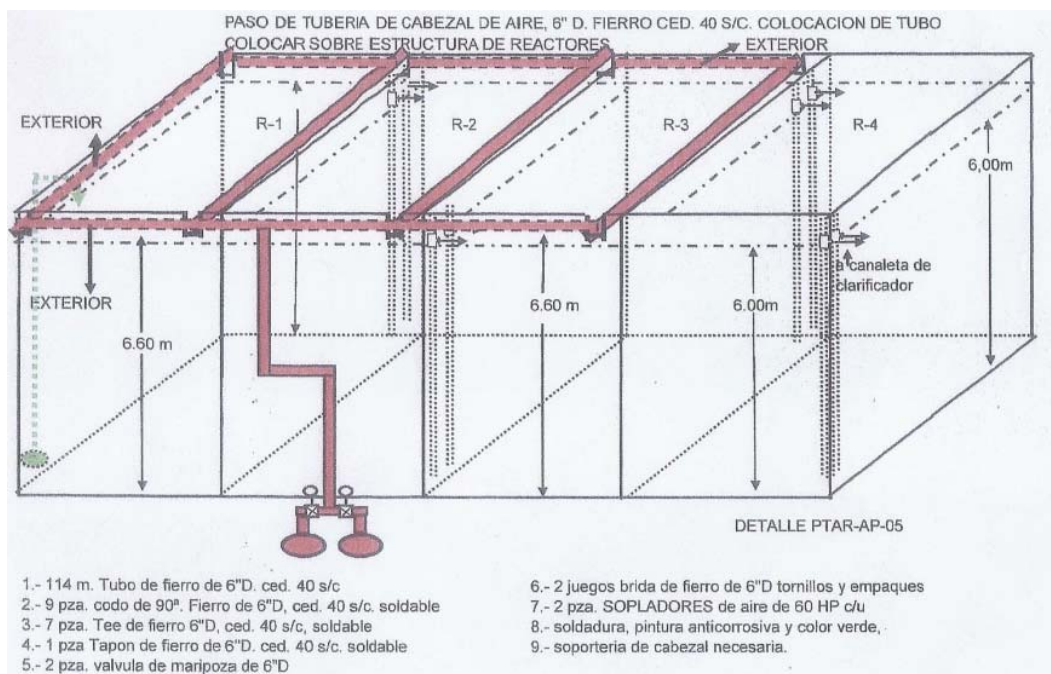
CLARIFICADOR, BOMBA DE LODOS Y TRAMPA DE CORTE



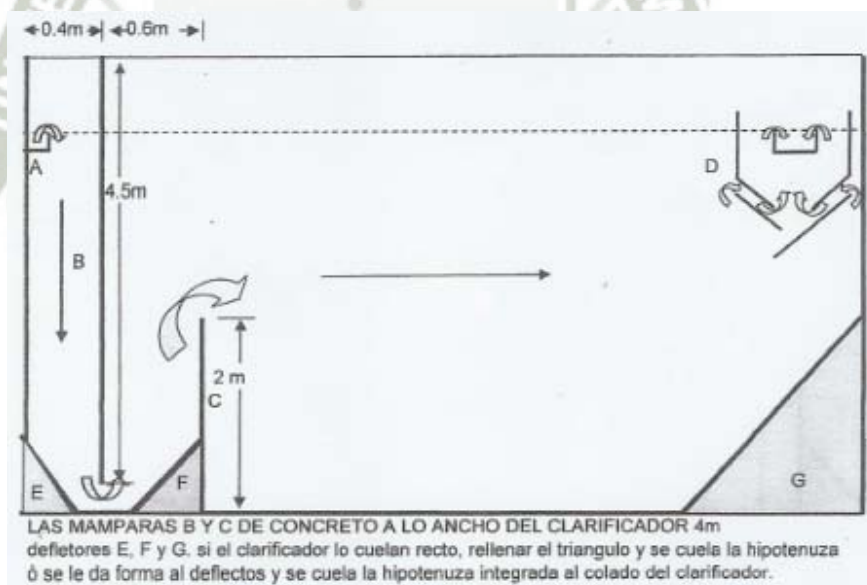
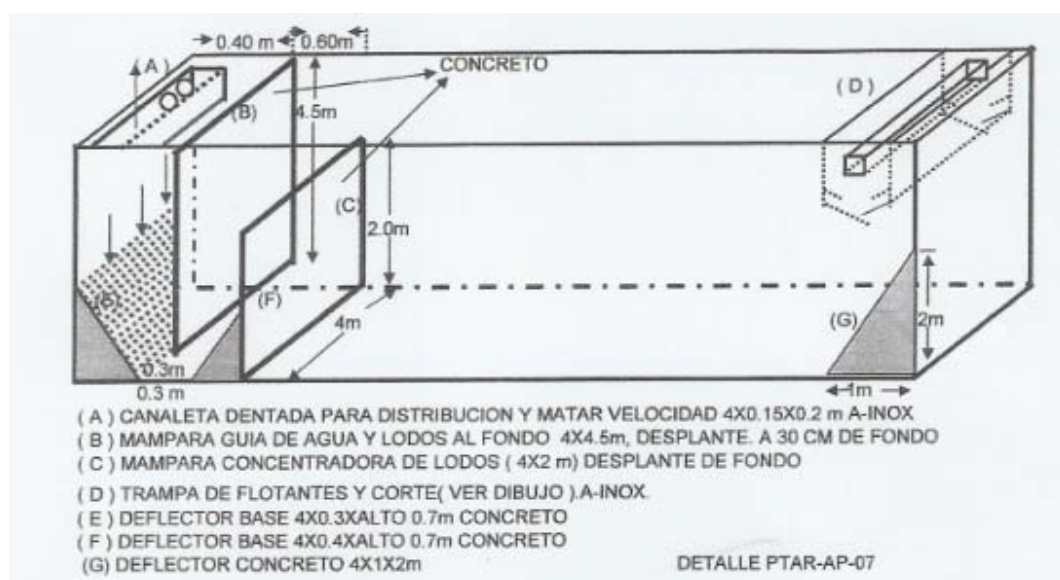
DISPOSICION DE DIFUSORES



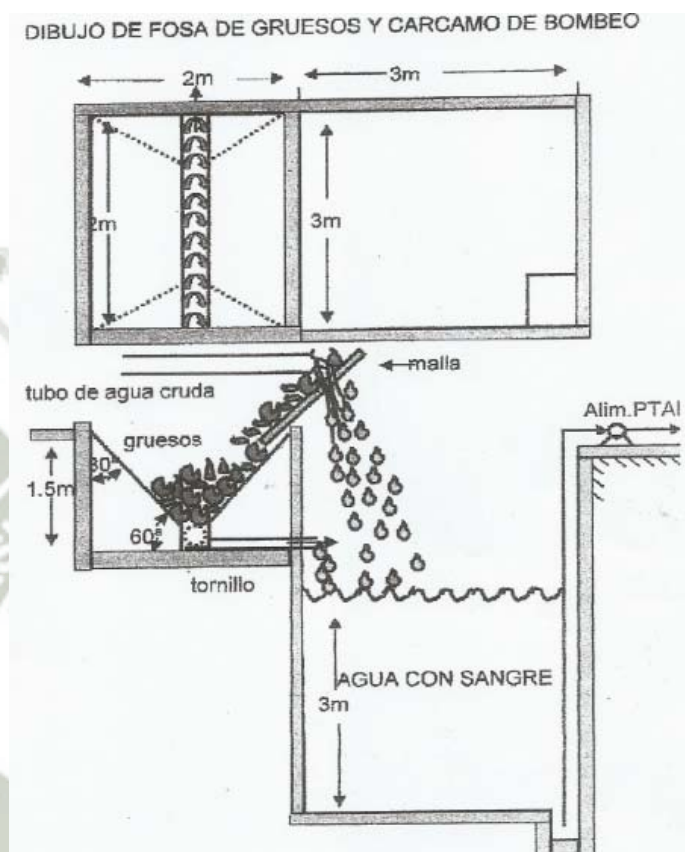
SISTEMA DE AIREACION



EQUIPO DE CLARIFICADOR



FOSA DE HOMOGENIZACION:



F. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL CAMAL DE CERDOS – RICOPOLLO SAC

PLANTA DE BENEFICIO DE CERDOS RICO POLLO

Generalidades

Ubicación:

Departamento: Arequipa

Provincia: Arequipa

Distrito: Cerro Colorado

Sector: Alto Cural.

Pedio: 02333

Propiedad: Rico Pollo Sac.

Actividad: Planta de Beneficio de Cerdos

1. Evaluación del Proyecto: Infraestructura y Actividad

Proyecto: Planta de Beneficio de Cerdos

Titular: Rico Pollo SAC

Ubicación y Área: El proyecto se ubica en el Lateral 6 del Alto Cural Sección "D", distrito Cerro Colorado, provincia, departamento y región Arequipa.

El área total del terreno donde se ubica la planta es de 7134.97m² con un perímetro de 406.28 m lineales; el área destinada a la planta es de 1 465.00 m², con un perímetro de 162.5 m l.

Las coordenadas UTM que encierran el área total del terreno son

VERTICE	NORTE	ESTE	ALTITUD(msnm)
1	8 186 226.20	220 570.56	2 296
2	8 186 153.04	220 658.08	2 291
3	8 186 128.59	220 493.30	2 282

Fuente: Levantamiento campo (GPS) PSAD 56 (Fotografía N° 2)

Los linderos del terreno donde se ubica la Planta, se detallan seguidamente:

- **Por el NorEste:** Con 114.12 ml. colinda con el Predio N° 02332, terrenos de propiedad de Rico Pollo SAC. Calle de por medio.
- **Por el Oeste:** Con 125.06 ml. Colinda con el Predio N° 02338
- **Por el Sur:** Con 167.02 ml. Colinda con los Predios N° 02347 y 02349 vía de por medio.

2. Descripción General y Técnica del Proyecto: Planta de Beneficio Cerdos

- **Capacidad instalada de la producción:** El proyecto está diseñado para un beneficio de 480 cerdos diarios, tomando en cuenta 8 horas de trabajo (7:00a.m a 3:00 p.m). La jornada semanal está considerada en 6 días (lunes a sábado). La capacidad está dada en base a cerdos comerciales, de 100 a 120 kilos de peso vivo. También serán tratados: marranas, lechones y cerdos de sacrificio (condiciones sanitarias comprobadas).
- **Capacidad inicial de producción y su incremento escalonado:** El proyecto se iniciará con un faenamiento de 120 cerdos comerciales diarios (720 cerdos semanales). Al cabo de 6 meses, se faenarán 200

cerdos diarios (1 200 cerdos semanales). Para finalmente, al año estar en 240 cerdos diarios (1 440 cerdos semanales) y de allí en adelante alcanzar la capacidad instalada de 480 cerdos diarios (2 880 cerdos semanales).

- **Productos y subproductos a elaborarse.-**

El beneficio de cerdos se proyecta con un rendimiento de canal de 80.3% y los siguientes subproductos:

Subproductos para recuperarse en planta de proceso (embutidos)

Patitas, Corazón, Hígados, Riñón, Tripas N° 34-37, Tripas N° 30-33, Diafragma, Mascaras y lengua.

Subproductos para recuperarse en planta Rendering

Sangre, cerdas, pulmón y tráquea, huesos de patitas, hígados, riñón, huesos de la cabeza.

3. Áreas construidas

El camal cuenta con las siguientes áreas construidas y sus respectivas extensiones, son:

ZONA	AMBIENTE	CANTIDAD	AREA
Industrial o Beneficio	Caja de Noqueo o Insensibilización	1	7.78
	Zona de Faena Sucia	1	111.44
	Zona de Faena Limpia	1	84.39
	Sala Vísceras Blancas	1	21.49
	Sala Vísceras Rojas	1	18.32
	Sala de Menudencias externas	1	14.74
	Sala de cabezas	1	11.10
	Sala de Tripas	1	10.88
	Zona de Circulación Sanitaria de Carcasas	1	96.30
	Zona limpieza de carretillas	1	24.42
Ingreso y Recepción de materia prima	Corrales de Relajación	10	578.64
	Entrada cerdos a planta	1	9.89
Producto Terminado (Almacenes)	Cám. Refrigeración N° 1	1	48.51
	Cám. Refrigeración N° 2	1	43.23
Envío del Producto	Área Despacho	1	509.87
Servicios Generales	Vestuario ropa de casa	1	63.45
	Vestuario ropa blanca	1	
	Lavandería	1	19.22
	Cocina (2do nivel)	1	47.54
	Comedor personal (2do nivel)	1	
	Despensas (2do nivel)	2	13.39
	S.S.H.H. Damas (3er nivel)	1	4.05
	S.S.H.H. Varones (1er nivel)	3	5.0
	Pasajes circulación (interna y externa)		91.79
Administración	Dirección del camal	1	28.29
	Salón de Reuniones	1	27.37
	Oficinas	2	40.93
	Recepción	1	9.38
	S.S.H.H. Damas Dirección	1	3.95
	S.S.H.H. varones Dirección	1	3.95
	Vestuario Administrativos	1	9.44

Primer Nivel	Área almacenamiento combustibles	1	80.89
TOTAL			2 038.61

4. Descripción del abastecimiento y consumo de energía eléctrica y otras fuente

5.1 Energía eléctrica

Fuente de suministro: La energía eléctrica provendrá de la empresa Sociedad Eléctrica del Sur Oeste-SEAL, a través del sistema de distribución llegará a un transformador ubicado en planta y de allí al tablero general y tableros de distribución.

Fuentes alternativas: En caso de faltas de energía eléctrica sea por falta de flujo eléctrico, cortes en el sistema, etc; se tendrá un generador de capacidad de 100kW, con lo cual se suplirá los requerimientos de planta y áreas complementarias.

Requerimiento de Combustibles

El combustible a usarse para generar energía eléctrica en caso de corte de fluido eléctrico de SEAL es el diesel N°2, y el gas propano es para uso en el flameado (parte del proceso productivo) y cocina.

Tipo: Los combustibles a utilizarse son: Diesel 2 combustible líquido derivado de hidrocarburo; y combustible gaseoso: gas propano.

Consumo por unidad de tiempo: El consumo se proyecta en:

Tipo Combustible	Cantidad semanal	Cantidad mensual	Cantidad anual
Diesel 2-D2	320 glns.	1 280 glns.	15 360 glns.
Gas Licuado de Petróleo	52.50 Lt	210 Lt	2 520 Lt

Forma de almacenamiento: El diesel 2 (D2) será almacenado en cilindros de 55glns, de capacidad, ubicados en la parte posterior de la planta, próximo a la zona del caldero, donde será utilizado.

El GLP, será almacenado en tanque de capacidad de 200 Lt, ubicado en la zona próxima a corrales, desde donde se distribuirá hacia la cocina y zona de flameado. La empresa proveedora será quien realice la dotación conforme se solicite.

Medidas de seguridad en el manejo: Se considerarán medidas como:

- o Indicar al chofer del vehículo distribuidor donde debe estacionarse sobretodo, cuando da reversa, colocando el camión tanque en un lugar plano y nivelado, preferiblemente cerca de la boca del tanque.
- o Se exigirá al chofer que coloque el extintor cerca del área de descarga, alejando a los espectadores, no permitiendo que nadie fume ni produzca chispas y/o llamas en los alrededores. Asimismo, que se coloquen los conos de señalización para impedir el acceso de vehículos al área de recepción.

- o Se medirá el tanque de almacenamiento para comprobar la existencia de combustible, asegurándose que la cantidad a descargar cabe en dicho tanque. Esta medida le servirá para establecer la cantidad de producto recibida y para evitar derrame por sobrellenado.
- o Se verificará que el tipo de producto coincide con el solicitado e indicado en la factura comercial y que el producto está libre de impurezas y/o contaminación.
- o Bajo ninguna circunstancia se recibirá producto contaminado.
- o Se tendrán sistemas de amagos de incendios (extintor) así como arena y/o material oleofílico, para proceder a absorber cualquier pequeño derrame que acontezca en esta zona.
- o Se tendrán contenedores de residuos especiales para los residuos que se generen en esta área, así como para tierras contaminadas y trapos industriales.
- o Se señalizará según codificaciones de seguridad especiales para el área de almacenamiento de combustibles, como: No fumar, No encender fuego a menos de 50m, entre otras.
- o Las recepciones de los combustibles siempre serán en horas de la tarde, nunca durante la mañana

5.2 Energía derivada de Vapor:

Otra fuente de energía que se requiere en el proceso productivo es la del vapor, el cual se generará en dos calderos verticales, este vapor se direccionará hacia la zona de escaldado, con la finalidad de calentar el agua y realizar el escaldado.

Para cubrir las necesidades de vapor del camal se tienen los equipos siguientes

Cuadro 5.2: Energía y Vapor Generados por el caldero

CALDERO	ENERGIA (en BHP)	VAPOR (en lb vapor/h)
1	18	517
2	30	1030

Fuente: Elaboración Propia

Se cuenta con dos calderos con sus respectivos tanques de agua, uno funciona (30BHP) durante 8 horas/día, utilizando combustible diesel 2, con un consumo diario de 110 gal/ caldero/día; el otro (18BHP) únicamente funciona cuando se hacen trabajos de mantenimiento del caldero grande(30BHP).

Características de los Calderos

Caldero 30BHP:

- Capacidad 30 BHP.
- Sistema de calentamiento piro tubular de 3 pasos.
- 1030 libras de vapor por hora (1'000.000 BTU/hora).
- Estructura tanque interior metálico en plancha naval ASTM 131- Grado A de 1/2", espejos de 1" y tubos de caldero diámetro de 2".(norma de tubo DIN17175/ST35.8)
- Forro externo en acero inoxidable
- Aislamiento térmico tanque externo con lana mineral de roca y lana de vidrio.
- Cámara de combustión interna fundidas con cemento refractario para 1.600°C.
- Salida de vapor de 2" (con brida C/40).
- Válvula para descarga de sedimentos 2".
- Doble válvula de seguridad de 1"y 3/4".
- Cuatro registros de limpieza.
- Tablero eléctrico de mandos

Caldero 18 BHP

- Capacidad 18 BHP.
- Sistema de calentamiento piro tubular de 3 pasos 517 libras de vapor por hora (500.000 BTU/hora).

- Estructura tanque interior metálico en plancha naval ASTM 131-Grado A de 5/16", espejos de 5/16" y tubos de caldero diámetro de 2".(norma de tubo DIN17175/ST35.8)
- Forro externo en acero inoxidable
- Aislamiento térmico tanque externo con lana de vidrio
- Cámara de combustión interna fundidas con cemento refractario para 1.600°C
- Salida de vapor de 1".
- Válvula para descarga de sedimentos 2".
- Doble válvula de seguridad de 1"y 3/4"
- Un registro de limpieza.
- Tablero eléctrico de mandos

5. Descripción de infraestructura abastecimiento agua potable, fría y caliente

Nuestro establecimiento cuenta con suministro suficiente de agua, con instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución, protegidas contra la contaminación. Para el proceso de matanza se asegura una disponibilidad de 350Lt/cerdo.

1. Tipo: En el proceso productivo se consumirá agua potable fría y caliente; así el agua potable fría es para la mayoría de actividades tanto del

proceso, como de limpieza y para permanencia del personal. Mientras que el agua caliente se usará en escaldado (calentada con vapor) y duchas para aseo del personal.

2. Consumo por unidad de beneficio

Considerando un proyectado de beneficio de 480 cerdos/día, sumado a la reserva (30%) tendremos un consumo de $218.40\text{m}^3/\text{día}$.

Para el consumo por permanencia de personal, con un estimado de 25 personas, y con un consumo de 100 Lt/persona tenemos $2.5\text{m}^3/\text{día}$.

3. Fuente de suministro: Se consideran dos fuentes de suministro de agua:

- 1) El agua superficial de regadío (canal) que será potabilizada para su uso en el proceso de faenado y
- 2) El agua potable que será para uso del personal

La potabilización del agua se hace bajo responsabilidad del titular del proyecto, este proceso consiste en la eliminación de los sólidos suspendidos, y otros contaminantes mediante sedimentación, decantación de los coloides, eliminación de olor y sabor, filtración y desinfección para eliminar organismos patógenos, todo ello realizado en la zona de tratamiento de agua. Mediante este sistema de potabilización se asegura hacer el agua apta para su consumo.

Potabilización agua de regadío:

El proceso de potabilización se realiza en la granja N°2 que esta contigua a la planta de beneficio de cerdos y es como sigue:

- 1) Toma del agua, esta se realiza del canal de regadío de la zona del cural y pasa a través de un sistema de rejas/tamices, para separar todos los sólidos gruesos.
- 2) Desarenador, sigue al tamiz un sistema de 05 pozos que trabajan como desarenadores, donde sedimentan la mayoría de tierras y arenas suspendidas para evitar dañar las bombas. Estos pozos son de 9 m x 1,2 m x 4 m.
- 3) Decantador, el agua ingresa a un sistema de decantador de alto volumen donde reposa, lo que permite se depositen las impurezas en el fondo junto a ciertas bacterias. Estos pozos de decantación son 02 de 50 m x 5 m x 3,5 m (875.0 m³) cada uno.
- 4) Filtrado, el agua del decantador es absorbida mediante bomba hacia el filtro donde pasa a través de sucesivas capas de arena de distinto grosor, lo que la purifica ampliamente.
- 5) Desinfección, para asegurar la potabilidad del agua se le agrega cloro granulado, con lo que se elimina el exceso de bacterias y lo que es muy importante, su desarrollo en el recorrido hasta el consumo.
La desinfección/cloración se realiza en 02 pozos de 6 m x 3 m x 1.5 m.
- 6) Derivación, el agua ya desinfectada se envía mediante tubería de PVC de 2" hacia un tanque bajo nivel del piso de la planta de beneficio de cerdos, en este punto se dosifica nuevamente cloro, de allí el agua es bombeada hacia el tanque elevado de 32.7m³ de capacidad, ubicado en

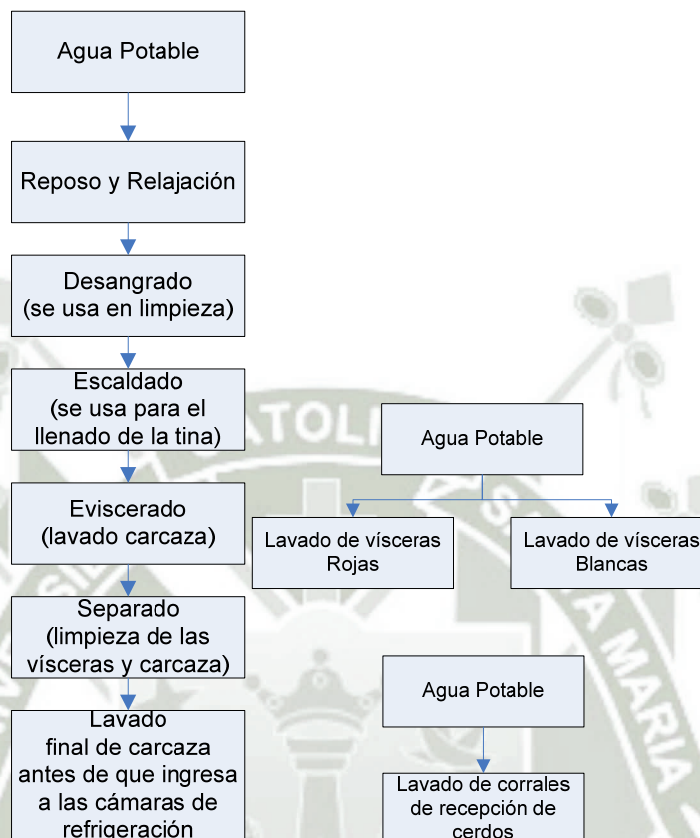
el cuarto nivel de la planta, para de allí distribuir el agua hacia toda la planta de beneficio de cerdos.

Agua potable:

El agua potable es comprada dos veces por semana y depositada en un tanque de polietileno de 5m³ de capacidad. Esta agua es para consumo de los trabajadores en duchas, comedor y cocina.

4. Fuentes alternativas: Como fuentes alternativas ante falta del recurso agua, se tiene la compra de agua potable desde SEDAPAR, y su transporte hacia la Planta a través de camiones cisternas autorizados.
5. Factibilidad y programas de reciclaje, volúmenes: Por la naturaleza del proceso no es factible el reciclaje para el reuso en la actividad, pero si para otros fines como el uso agrícola, riego de áreas verdes y/o actividades de limpieza.
6. Factibilidad y programas de tratamiento: Se considera el tratamiento del volumen total del agua a consumirse tanto en el uso industrial: faenado y limpieza de la planta (mediante planta compacta de tratamiento biológico-turboaireación) como los gastos por consumo doméstico (mediante pozo séptico).

Diagrama de flujo de los usos del agua



Requerimientos de agua caliente

Se incluye en el proyecto el diseño de las instalaciones de agua caliente, por lo cual se usará tuberías de Hidro 3, DN = 3/4", a partir del equipo de calentamiento (caldero) que se ubicará en el primer piso.

El agua caliente se requiere únicamente para la escaldadora y limpieza de menudencia.

La cantidad de agua caliente requerida en las operaciones de producción es de aproximadamente $6.0\text{m}^3/\text{día}$.

El cálculo de la capacidad del equipo de calefacción y el tanque de almacenamiento de agua caliente es de acuerdo al RNE.

Como el edificio es de tres niveles la presión instalada es suficiente para mantener una buena presión en las redes de agua caliente, suficiente para mantener la presión a un valor superior a 2m de columna de agua en el punto más desfavorable; que se halla en la ducha del baño más alejado.

6. Descripción de infraestructura tratamiento efluentes

El sistema de tratamiento de efluentes residuales industriales y domésticos será del modo siguiente:

Efluentes residuales domésticos: Estos efluentes serán tratados mediante Pozos Sépticos.

Las aguas residuales domésticas serán tratadas mediante sistema con trampa de grasas, tanque séptico y campo de infiltración en el terreno. El pozo séptico será construido en concreto y constará de dos cámaras. Como factor de seguridad por variaciones de caudal, así como para tener un volumen adicional por acumulación de lodos, la capacidad se incrementará en 15% el volumen total. Para el tanque de dos compartimientos, el primero de ellos tendrá una capacidad al menos igual a la mitad o a los dos tercios del volumen total, que su

ancho sea menor que el largo y que la profundidad no supere los 2 m. y se deberá dejar un borde libre, arriba del nivel del líquido de 30 cm. El efluente del tanque séptico será dispuesto en el terreno mediante campo de infiltración, el cual permite un tratamiento de tipo secundario, mediante las bacterias propias del terreno. En caso del pozo séptico, el retiro de lodos se realizará con una frecuencia mínima de un año.

Efluentes residuales industriales: Con el fin de recuperar el agua usada en el proceso de beneficio y limpieza de la planta, así como para evitar olores desagradables y aparición de plagas; se ha buscado una nueva tecnología para el tratamiento de los efluentes, la misma que se proyecta como la mejor opción para alcanzar la calidad deseada del efluente (que cumpla con los ECAs del agua), esta tecnología es de origen mexicano y es la patentada por Arthrobacter del Bajío de C.V.

El tratamiento aplicará: La turbo aereación de alta eficiencia, este sistema trata grandes volúmenes de efluentes en espacios muy reducidos y en corto tiempo, en comparación con los sistemas de tratamiento tradicionales.

La tecnología de Turbo-aereación de alta eficiencia consiste en la alimentación de los reactores biológicos con una corriente de aire de características tales que proporciona una superficie de contacto óptima de la materia con los microorganismos presentes en la masa

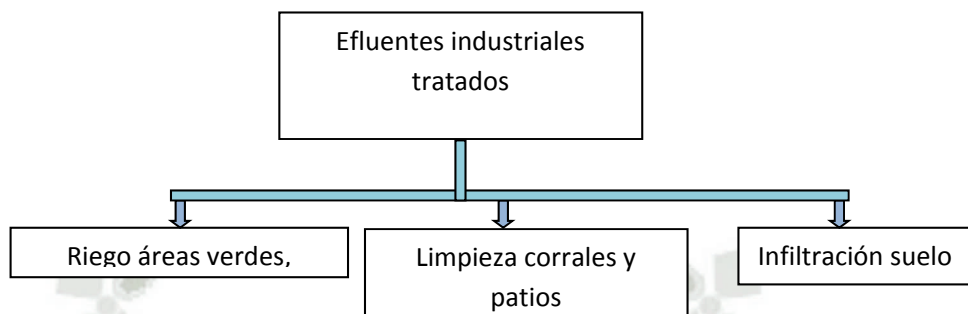
biótica. Esto asegura la máxima eficiencia posible, así como una velocidad acelerada de la biodegradación total de los contaminantes orgánicos contenidos en el agua residual. Esta tecnología en la práctica es eficiente encima del 99%.

La biodegradación total, consiste en lograr una digestión total de la carga orgánica de las aguas residuales y también la degradación de los lodos biológicos generados como producto de la digestión. El sistema genera una cantidad mínima de lodos biológicos que se reciclan como microorganismos reproductivos y así se cierra el ciclo continuo de tratamiento.

Otra de las características del sistema, es la transferencia del efluente por gravedad de un reactor biológico a otro, lo que permite una gran versatilidad en el diseño de la planta de tratamiento, pudiendo integrar tantos reactores modulares de turboaereación individuales como sean necesarios, lo cual va de acuerdo a los volúmenes de agua residual que se van a someter a tratamiento biológico. De esta manera el sistema se maneja con un mínimo de controles, dado que al ser la transferencia por gravedad, la mano de obra para su operación y mantenimiento es mínima y el costo de transferencia será nulo.

El agua obtenida después de ser sometida a este tratamiento será reutilizada en labores de riego de áreas verdes, riego de caminos, limpieza de patios, y corrales.

Usos de los Efluentes



7. Descripción de equipos y maquinaria

- Cajón noqueador: con electrodo de tres puntas
- Mesón de acero inoxidable para desangrado
- Esterilizador de cuchillos
- Cubeta escaldadora con PLC
- Maquina peladora automática
- Plataforma elevadora para flameado
- Chumacera para flameado
- Plataforma elevadora para eviscerado
- Plataforma elevadora para cabezas y patas
- Maquina lavadora de tripas
- Ducha lavadora de canales
- Lavadora rotativa múltiple
- Mesón calibrador
- Lavabotas colectivo manual de tres cepillos

- Cámaras refrigeradoras Capacidad 240 cerdos
- Sistema de rieleras-intercomunicación y transporte de carcazas de cerdo
- Carros de transportes vísceras
- Canaletas transporte de vísceras
- Mesa fijadora de vísceras

El mantenimiento de estos equipos, quedará bajo la responsabilidad del área de mantenimiento de la empresa, que aplicará el sistema de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo cuando amerite.

Materiales e Insumos.- En el proceso se utilizarán los materiales e insumos siguientes:

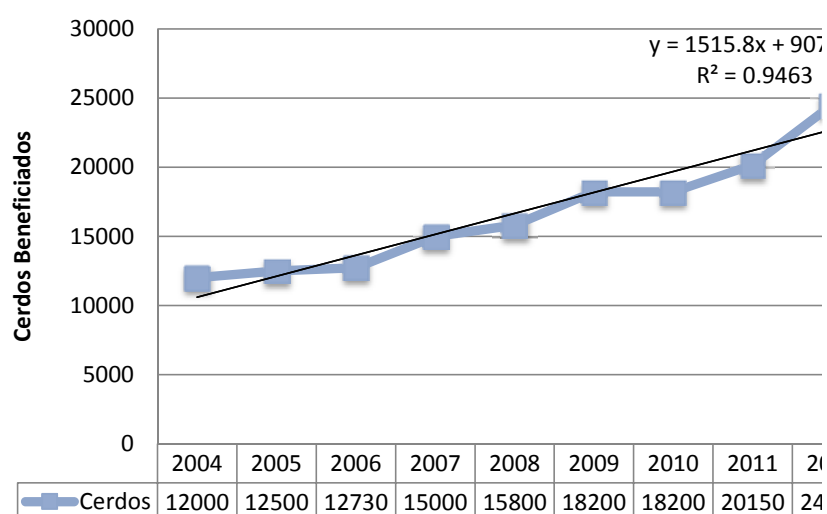
Insumos	Unidades	Procedencia	Características especiales de almacenamiento	Cantidad Utilizar/ año
Dióxido de cloro (sanitizante)	Litros	Nacional	En almacén de insumos Temperatura controlada	8 400.00
Sal Industrial	Toneladas	Nacional	Almacén insumos- T°ambiente	800.00
Desinfectantes (CID 20)	Litros	Nacional	Almacén insumos-T° ambiente	8 800.00
Detergentes biodegradables	Kilos	Nacional		8 800.00

Diesel	Galones	Nacional	Tanques de almacenamiento	15 360.00
Gas propano	Kilos	Nacional		540.00
Agua	Metros Cúbicos	Nacional	Pozos	2 880.00
Electricidad	Kw /h	Nacional	----	163 425.00
Bandejas plásticas (acarreo)	Unidades	Nacional	Almacén insumos-T° ambiente	100.00
Hielo	Toneladas	Nacional	Cámaras refrigeración controlada T°	730.00



	Periodo (año)	Promedio Anual de cerdos beneficiados		Periodo (año)
1	2004	12000	11	2014
2	2005	12500	12	2015
3	2006	12730	13	2016
4	2007	15000	14	2017
5	2008	15800	15	2018
6	2009	18200	16	2019
7	2010	18200	17	2020
8	2011	20150	18	2021
9	2012	24500	19	2022
10	2013	25000	20	2023

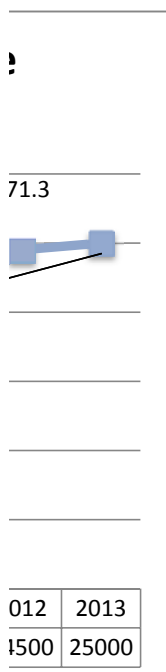
Producción de Planta de Beneficio de Cerdos



Cerdos Proyectados (miles/año)	Caudal (2 lit/s)	Caudal (3 lit/s)	Caudal (4 lit/s)
25745.1	196.80	228.80	244.80
27260.9	203.20	235.20	251.20
28776.7	206.40	238.40	256.00
30292.5	211.20	227.20	259.20
31808.3	214.40	230.40	262.40
33324.1	217.60	233.60	265.60
34839.9	220.80	236.80	268.80
36355.7	222.40	238.40	270.40
37871.5	223.20	239.20	271.20
39387.3	224.00	240.00	272.00

cerdos/día

515	86
545	91
576	96
606	101
636	106
666	111
697	116
727	121
757	126
788	131



Costos de mantenimiento

Cant.	Descripción	C. Unit (\$)	Costo (S/.)
2	Servicio de arranque y pruebas de operación	\$400.00	S/. 1,120.00
1	Viáticos del técnico	\$3,125.00	S/. 8,750.00
1	Kit Overhoul para el soplador	\$1,913.00	S/. 5,356.40
1	Cubeta de aceite de 20 lits.	\$399.00	S/. 1,117.20

Prorratio por año

		Cada "n" Hrs.	Cada "n" días
1	Cambio de aceite (5 Lits.) para sopladores	500	21
1	Cambio de aceite (5 Lits.) para sopladores	4000	167
1	Recambio de rodamiento (Kit Overhoul)	8000	333

Costos Totales

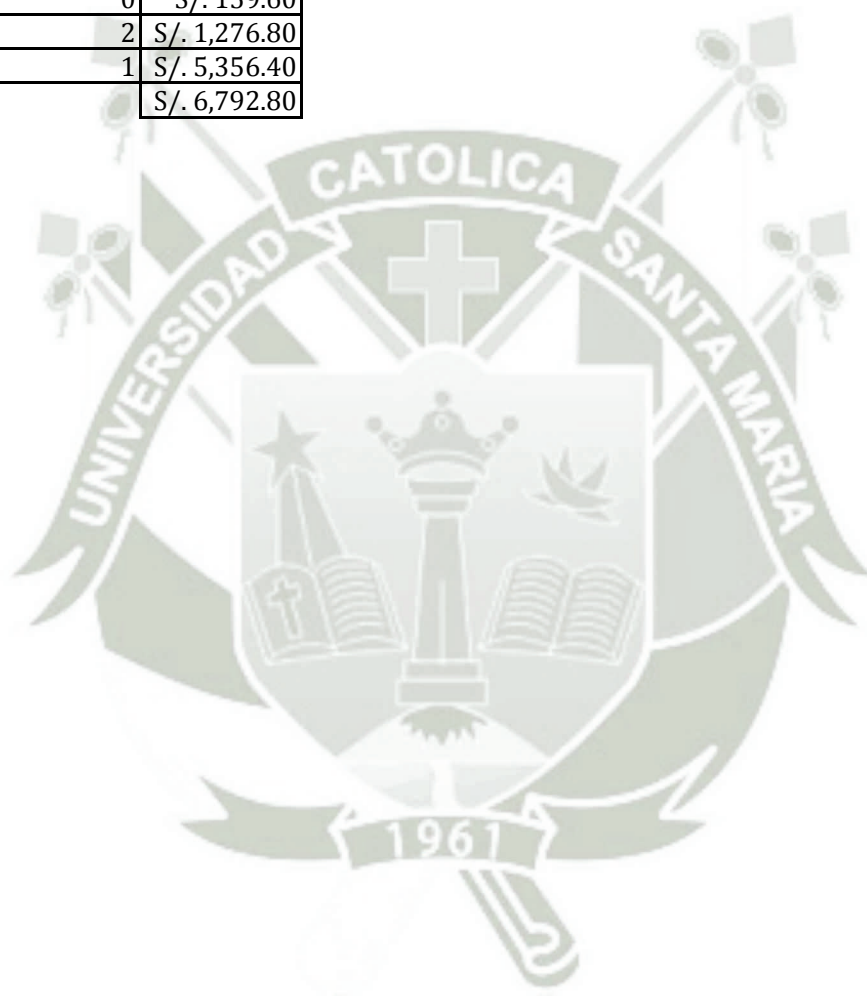
		Año 1	Año 2 a más
2	Servicio de arranque y pruebas de operación	S/. 2,240.00	
1	Viáticos del técnico	S/. 8,750.00	
1	Mantenimiento de equipos	S/. 6,792.80	S/. 6,792.80
		S/. 17,782.80	S/. 6,792.80

C. Total (S/.)
S/. 2,240.00
S/. 8,750.00
S/. 5,356.40
S/. 1,117.20
S/. 17,463.60

0.1428571

0.8571429 0.2857143

Cada "n" mese	Veces al año	Costo (s/.)
1	0	S/. 159.60
6	2	S/. 1,276.80
0	1	S/. 5,356.40
		S/. 6,792.80



Tasa de Descuento 12.00

Evaluación Económica: VAN, TIR, PRI.

Año	Flujos Económicos (\$)	Valor de Recupero (\$)	Beneficios Netos (\$)	Tasa de Descuento
0	-1,497,164.56		-1,497,164.56	1.00000
1	364,217.20		364,217.20	0.88000
2	5,207.20		5,207.20	0.77440
3	5,207.20		5,207.20	0.68147
4	5,207.20		5,207.20	0.59970
5	5,207.20		5,207.20	0.52773
6	375,207.20		375,207.20	0.46440
7	5,207.20		5,207.20	0.40868
8	5,207.20		5,207.20	0.35963
9	5,207.20		5,207.20	0.31648
10	375,207.20	0.00	375,207.20	0.27850
VAN				

VAN	-878,809.63
------------	-------------

Evaluación Económica: Relación Beneficio Costo (B/C).

Año	Inversiones (\$)	Costos (\$)	Ingreso (\$)	Tasa de Descuento
0	-1,497,164.56			1.000000
1		17,782.80	382,000.00	0.880000
2		6,792.80	12,000.00	0.774400
3		6,792.80	12,000.00	0.681472
4		6,792.80	12,000.00	0.599695
5		6,792.80	12,000.00	0.527732
6		6,792.80	382,000.00	0.464404
7		6,792.80	12,000.00	0.408676
8		6,792.80	12,000.00	0.359635
9		6,792.80	12,000.00	0.316478
10		6,792.80	382,000.00	0.278501
VAN				
B/C	-18.27			

Beneficios Netos Actualizados (\$)	f.s.a 100%	Beneficios Netos Actualizados (\$)
-1,497,164.56	1.000000	-1,497,164.56
320,511.14	0.500000	182,108.60
4,032.46	0.250000	1,301.80
3,548.56	0.125000	650.90
3,122.73	0.062500	325.45
2,748.01	0.031250	162.73
174,247.76	0.015630	5,864.49
2,128.06	0.007810	40.67
1,872.69	0.003910	20.36
1,647.97	0.001950	10.15
104,495.57	0.000980	367.70
-878,809.63		-1,306,311.71

-1,497,164.56
-1,176,653.42
-1,172,620.97
-1,169,072.41
-1,165,949.67
-1,163,201.67
-988,953.91
-986,825.86
-984,953.17
-983,305.20
-878,809.63

Beneficios Actualizados (\$)	Costos Actualizados
-1,497,163.56	
336,160.00	15,648.86
9,292.80	5,260.34
8,177.66	4,629.10
7,196.34	4,073.61
6,332.78	3,584.78
177,402.36	3,154.60
4,904.11	2,776.05
4,315.61	2,442.93
3,797.74	2,149.77
106,387.37	1,891.80
-833,196.77	45,611.86

Tasa de Descuento 12.00

Evaluación Económica: VAN, TIR, PRI.

Año	Flujos Económicos (\$)	Valor de Recupero (\$)	Beneficios Netos (\$)	Tasa de Descuento
0	-2,580,230.00		-2,580,230.00	1.00000
1	349,770.00		349,770.00	0.88000
2	-25,230.00		-25,230.00	0.77440
3	-25,230.00		-25,230.00	0.68147
4	-25,230.00		-25,230.00	0.59970
5	-25,230.00		-25,230.00	0.52773
6	349,770.00		349,770.00	0.46440
7	-25,230.00		-25,230.00	0.40868
8	-25,230.00		-25,230.00	0.35963
9	-25,230.00		-25,230.00	0.31648
10	349,770.00	0.00	349,770.00	0.27850
VAN				

VAN	-2,105,132.35
------------	---------------

Evaluación Económica: Relación Beneficio Costo (B/C).

Año	Inversiones (\$)	Costos (\$)	Ingreso (\$)	Tasa de Descuento
0	-2,580,230.00			1.000000
1		25,230.00	375,000.00	0.880000
2		25,230.00	0.00	0.774400
3		25,230.00	0.00	0.681472
4		25,230.00	0.00	0.599695
5		25,230.00	0.00	0.527732
6		25,230.00	375,000.00	0.464404
7		25,230.00	0.00	0.408676
8		25,230.00	0.00	0.359635
9		25,230.00	0.00	0.316478
10		25,230.00	375,000.00	0.278501
VAN				

B/C	-14.77
------------	--------

Beneficios Netos Actualizados (\$)	f.s.a 100%	Beneficios Netos Actualizados (\$)	
-2,580,230.00	1.000000	-2,580,230.00	-2,580,230.00
307,797.60	0.500000	174,885.00	-2,272,432.40
-19,538.11	0.250000	-6,307.50	-2,291,970.51
-17,193.54	0.125000	-3,153.75	-2,309,164.05
-15,130.31	0.062500	-1,576.88	-2,324,294.36
-13,314.68	0.031250	-788.44	-2,337,609.04
162,434.62	0.015630	5,466.91	-2,175,174.42
-10,310.89	0.007810	-197.05	-2,185,485.31
-9,073.58	0.003910	-98.65	-2,194,558.89
-7,984.75	0.001950	-49.20	-2,202,543.64
97,411.29	0.000980	342.77	-2,105,132.35
-2,105,132.35		-2,411,706.78	

Beneficios Actualizados (\$)	Costos Actualizados (\$)
-2,580,229.00	
330,000.00	22,202.40
0.00	19,538.11
0.00	17,193.54
0.00	15,130.31
0.00	13,314.68
174,151.53	11,716.92
0.00	10,310.89
0.00	9,073.58
0.00	7,984.75
104,437.87	7,026.58
-1,971,639.60	133,491.75

Matriz 1: Matriz de enfrentamiento para evaluar la importancia de los factores de localización

FACTORES	Proximidad a los efluentes industriales	Proximidad al alcantarillado	Disponibilidad de MO	Abastecimiento de energía	Servicio de montaje	Eliminación de desechos	Reglamento fiscales y legales	Conteo	Real %	Ponderado
Proximidad a los efluentes industriales		1	1	1	1	1	1	6	21.43%	21.00%
Proximidad al alcantarillado	1		1	1	1	1	0	5	17.86%	18.00%
Disponibilidad de MO	0	0		0	1	1	0	2	7.14%	7.00%
Abastecimiento de energía	1	1	1		1	1	0	5	17.86%	18.00%
Servicio de montaje	0	0	1	1		1	0	3	10.71%	11.00%
Eliminación de desechos	0	0	0	0	0		1	1	3.57%	4.00%
Reglamento fiscales y legales	1	1	1	1	1	1		6	21.43%	21.00%
TOTALES								28	1	100.00%

Actividad:

Mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Nº	Peligro	Riesgo		Evaluación del riesgo puro				Result.	Propio	Tercero	Situación		Controles					Evaluación de riesgo residual				Resultado Final
		Lesión o enfermedad		Gravedad	Repetitividad	Probabilidad	Valor				Normal	Anormal	Eliminación	Sustitución	Ingeniería	Administrativ o	EPP	Gravedad	Repetitividad	Probabilidad	Valor	
1	Manipulación de superficies contaminadas y residuos con potencial patógeno	Riesgo biológico dermatitis		4	3	0	7	RNA	X			X				Procedimientos de control operacional, instrucción y capacitación	Uso de mamelucos, mandiles, guantes, lentes	2	3	-1	4	RA
2	Acarreo de cargas pesadas	Riesgos ergonómicos, lumbalgias y fatiga		4	3	0	7	RNA	x		x					Capacitaciones en ergonomía (posicional) rotación del puesto	Faja lumbar	2	3	-1	4	RA

Matriz 1: CHECK LIST PARA LA CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y CIERRE DE LA P.T.A.R.

CATEGORIAS AMBIENTALES	CONSTRUCCION				OPERACIÓN					CIERRE		
	Preparación del área de terreno	Const. De oficinas y otros	Construcción civil	instalación de maquinarias	Operación de tratamiento preliminar	Operación de tratamiento primaria	Operación de tratamiento secundaria	Vertido de efluentes	Mantenimiento de equipos	Desmontaje y traslado de equipos	Demolición de obra	Fijación de cobertura vegetal
1. Atmosfera												
Partículas suspendidas en el aire	X	X	X								X	
Malos olores					X	X	X	X				
Emisiones sonoras	X	X	X	X		X	X		X	X	X	
Polvo en la etapa de construcción	X	X	X								X	
2. Suelo												
Residuos		X			X	X	X		X	X	X	
Contaminación y alteración por Movimiento de tierras					X	X	X	X	X			
3. Agua												
Calidad de aguas subterráneas	X											
Usos potenciales de efluentes								X				
Calidad del efluente de la planta							X	X				
4. Flora y fauna												
Alteración de la flora	X											
Alteración de la fauna	X											
Modificación del hábitat	X	X	X	X								
5. Socioeconómico												
Participación de la comunidad												X
Generación de empleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Enfermedades profesionales						X	X	X				
Calidad de vida								X				X
6. Legal												
Normas de vertidos (VMA)								X				

ITEM	COD	IMPACTO	C	P	I	O	E	D	R	TOTAL	CALIFICACION
Construcción	1	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de preparación del área de terreno y construcción.	-1	3	3	3	1	2	3	-15	Significativo
	2	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de oficinas y otros.	-1	2	1	2	1	1	2	-9	Moderado
	3	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento preliminar	-1	3	3	3	1	1	2	-13	Moderado
	4	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento primario	-1	3	3	3	1	1	2	-13	Moderado
	5	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento primario	-1	3	3	3	1	1	2	-13	Moderado
	6	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento secundario	-1	2	3	3	1	2	1	-12	Moderado
	7	Incremento de partículas suspendidas en la etapa de construcción de infraestructura de tratamiento secundario	-1	2	3	3	1	2	1	-12	Moderado
	8	Incremento de ruido emitido por la maquinaria en la etapa	-1	2	2	3	1	3	2	-12	Moderado

ITEM	COD	IMPACTO	C	P	I	O	E	D	R	TOTAL	CALIFICACION
Construcción	1	Modificación del hábitat por el movimiento de tierra en el área de la planta de tratamiento de agua.	-1	1	1	2	1	3	2	-10	Moderado
	2	Modificación del hábitat por la construcción de infraestructura de tratamiento preliminar	-1	1	1	1	1	3	1	-8	Compatible
	3	Modificación del hábitat por la construcción de infraestructura de tratamiento primario	-1	1	1	1	1	3	1	-8	Compatible
	4	Modificación del hábitat por la construcción de infraestructura de tratamiento secundario	-1	1	1	1	1	3	1	-8	Compatible
	5	Migración de la fauna del lugar debido al proyecto	-1	1	1	2	1	3	1	-11	Moderado
Operación	6	Alteración de la flora propia del lugar	-1	1	1	2	1	3	1	-9	Compatible
	7	Modificación de la fauna propia del lugar	-1	1	1	2	1	3	1	-9	Compatible
Cierre	8	Modificación del hábitat por nuevas especies de flora y	-1	2	2	2	2	3	2	-13	Moderado

	9	fauna Cobertura vegetal	+1	3	2	2	1	3	1	11	Medio (+)
ITEM	COD	IMPACTO	C	P	I	O	E	D	R	TOTAL	CALIFICACION
Construcción	1	Generación de empleo en la etapa de movimiento de tierras	+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado
	2	Generación de empleo en la construcción del área administrativa	+1	2	3	3	1	1	2	+12	Medio
	3		+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado
	4		+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado
	5	Generación de empleo en la construcción de la infraestructura para el tratamiento preliminar	+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado
Operación	6	Generación de empleo en la construcción de la infraestructura para el tratamiento primario	+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado
	7	Generación de empleo en la construcción de la infraestructura para el tratamiento secundario	+1	3	3	3	1	1	2	+13	Moderado
Operación	6	Generación de empleo en el área administrativa	+1	1	3	3	1	3	1	+12	Medio
	7	Generación de empleo para la	+1	2	3	3	2	3	1	+14	Moderado

	8	planta de tratamiento en sus diferentes etapas Generación de empleo para la planta de tratamiento en el área de mantenimiento.	+1	2	3	2	1	1	1	+10	Medio
	9	Mejora la calidad de los efluentes industriales	+1	3	3	3	2	2	1	+14	Moderado
	10	Disminución significativa de emanación de olores desagradables	+1	3	3	3	2	3	1	+15	Significativo (+)
Cierre	11	Generación de empleo en demolición de obra	+1	2	3	2	1	1	2	+11	Medio
	9	Generación de empleo en desmontaje de equipos y otros	+1	1	3	3	1	1	1	10	Medio
		Modificación del paisaje con la instalación de una cubierta vegetal	+1	2	2	2	1	3	1	11	Medio