



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**Tesis en opción al grado académico de Magister en Gestión de
la Producción**

TÍTULO:

**“LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA PILOTO DE PROCESOS
AGROINDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO, SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD AMBIENTAL DEL ENTORNO
Y DISEÑO DE UN PROYECTO DE INTERVENCIÓN”**

AUTOR:

AZUCENA ELIZABETH BERNAL GUTIÉRREZ

TUTOR:

LCDO. NELSON CORRALES SUÁREZ M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

MAYO, 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO
Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, la posgraduada: Azucena Elizabeth Bernal Gutiérrez, con el título de tesis: **“LAS AGUAS RESIDUALES DELA PLANTA PILOTO DE PROCESOS AGROINDUSTRIALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD AMBIENTAL DEL ENTORNO Y DISEÑO DE UN PROYECTO DE INTERVENCIÓN”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga Mayo 14, 2015.

Para constancia firman:

.....
MSc. Giovana Parra
PRESIDENTA

.....
MSc. Renán Lara
MIEMBRO

.....
MSc. Danilo Yáñez
MIEMBRO

.....
PhD. Vicente Córdova
OPONENTE

RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

Del contenido de la presente tesis, se responsabiliza el autor.

AzcucenaElizabeth Bernal Gutiérrez
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN
elizabethbernalg@hotmail.com
Cel 0995873551

AGRADECIMIENTO

A quienes hacen la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) por hacer posible la formación académica.

A quienes hicieron factible el desarrollo de esta investigación en los talleres de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), particularmente a las autoridades de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (FCI).

Allng. Laureano Martínez (+), por entregarse de una forma muy profesional en la guía de este trabajo investigativo, y que de una forma inesperada partió de esta vida terrenal prematuramente.

Al tutor, quien aportó con sus valiosas sugerencias en el desarrollo del presente documento.

Al personal directivo y administrativo de la UTC.

A los miembros del tribunal de tesis por su predisposición y trabajo efectivo en las funciones que a ellos les compete.

A los avaladores del presente documento por sus valiosos criterios y sugerencias.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza espiritual necesaria para seguir adelante sobre todo en los momentos en que había perdido la esperanza.

A mi madre, quien no conforme con darme la vida me ha entregado la suya propia.

A mi esposo, cómplice y compañero de vida por darme fuerzas para no rendirme ante los obstáculos.

A mi entrañable hijo, sublime razón de mi existencia y tierna sobrina, quienes me llenan de alegría e inspiración.

A mi padre y hermano quienes me han apoyado y han estado pendientes de mí en todo momento.

A mis amigas de toda la vida.

INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PROBLEMATIZACIÓN	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1. Análisis Crítico	8
1.1.2. Prognosis	10
1.1.3. Control de la prognosis	10
1.1.4. Delimitación (temporal, espacial y contenido)	11
1.2. PROBLEMÁTICA	12
1.2.1. Formulación del problema	12
1.2.2. Problemas derivados	12
1.3. JUSTIFICACIÓN	13
1.3.1. Interés de la Investigación	13
1.3.2. Utilidad teórica	13

1.3.3. Utilidad práctica.....	14
1.3.4. Utilidad Metodológica.....	14
1.4. RELEVANCIA SOCIAL	15
1.5. OBJETIVOS	16
1.5.1. General	16
1.5.2. Específicos	16
CAPÍTULO II.....	17
FUNDAMENTO TEÓRICO	17
CAPÍTULO III.....	39
METODOLOGÍA.....	39
3.2. FORMA Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.3.1. Exploratoria.....	40
3.3.2. Descriptiva.....	40
3.4. ESTRUCTURA METODOLÓGICA	40
3.5. UNIDAD DE ESTUDIO	40
3.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	41
3.7. HIPÓTESIS.....	42
3.8. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	43
3.9. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	44

3.10.4. Plan de procesamiento de la información	47
CAPÍTULO IV.....	49
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	49
4.1. CARACTERIZAR EL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL TALLER DE LA PLANTA DE AGROINDUSTRIAS DE LA UTEQ Y SUS EFECTOS EN EL AMBIENTE ¡Error! Marcador no definido.	
4.2. DETERMINAR LAS CARGAS DE CONTAMINANTES APORTADAS POR LAS AGUAS RESIDUALES	49
4.2.1. Cálculo del caudal.....	49
4.2.2. Cálculo de las cargas contaminantes.....	51
4.3. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIADIRECTA.....	54
4.4. PERCEPCIÓN SOBRE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS TALLERES DE AGROINDUSTRIA DE LA UTEQ.....	57
4.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
4.5.1. Conclusiones.....	73
4.5.2. Recomendaciones	75
CAPÍTULO V.....	76
LA PROPUESTA	76

5.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	76
5.2.	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	76
5.3.	JUSTIFICACIÓN	77
5.4.	OBJETIVOS	78
5.4.1.	Objetivo general	78
5.4.2.	Objetivos específicos	78
5.5.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	78
5.6.	FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA.....	79
5.6.1.	Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales ...	79
5.6.2.	Dimensionamiento de la Trampa de Grasas – Sedimentador primario	80
5.6.5.	Diseño del Sedimentador Secundario	92
5.7.	METODOLOGÍA	96
5.8.	ADMINISTRACIÓN DE LA PROPUESTA.....	97
5.10.	PLAN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	101
	ANEXOS	104

RESUMEN

El manejo integral de los desechos en la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ es la problemática en torno a esta investigación. El presente trabajo de investigación se basa en la incidencia del manejo de las aguas residuales de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ, en la evaluación de la calidad ambiental del entorno y, para ello específicamente, se efectuó la caracterización de las aguas residuales; la determinación de las cargas de contaminantes aportadas por dichas aguas, así como la calidad del área de influencia directa mediante la evaluación del Impacto Ambiental Ex – Post y la percepción ciudadana al respecto mediante la técnica de la encuesta a profesores y estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial. Una vez determinadas las cargas contaminantes por medición de caudal y análisis de laboratorio, se procedió al dimensionamiento de los procesos de la planta de tratamiento, que constó de una trampa de grasas, un digestor anaerobio convencional y un sistema de lodos activados, con su correspondiente sedimentador secundario, precisamente en esto consistió la elaboración de la propuesta, que una vez implementada, permitirá dar solución al planteamiento hipotético aceptado, de que “el manejo de las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ, incide negativamente en la calidad ambiental de su entorno”.

Palabras claves: Aguas residuales, ambiente, contaminación, percepción ciudadana, planta de tratamiento de aguas residuales, trampa de grasas, digestión anaerobia, sistemas de lodos activados, sedimentación secundaria.

ABSTRACT

The integrated waste management at the agro-industrial plant in UTEQ is the topic about this research. The impact evaluation of waste water treatment at the agro-industrial process plant in UTEQ, like an environmental quality, this research is based on the incidence of managing sewage plant agro-industrial processes; the influential pollutant loadings provided by such water; and the area quality affected by the environmental evaluation impact Ex – Post and the public perception through the survey technique to the Agro-industrial Engineering major teachers and students. Once pollutant loads determined (flow measurement and laboratory analysis), the sizing processes treatment was proceeded, which was a grease trap, an anaerobic digester and a conventional activated mud system with its corresponding secondary settler, being this the proposal development, when it will be implemented, will allow to solve the hypothetical approach: “handling the wastewater plant for agro-industrial processes in the UTEQ, determine an unsatisfactory environmental quality in the environment”.

Keywords: waste water, environment, pollution, public perception, wastewater treatment plant, grease trap, anaerobic digestion, activated mud systems, secondary sedimentation

INTRODUCCIÓN

La planta de procesos agroindustriales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), constituye el lugar donde los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial realizan sus prácticas, que están relacionadas con la transformación de la materia prima agropecuaria en productos conservados por métodos y técnicas que permitirán alargar su tiempo de vida útil.

El manejo de las aguas residuales de la planta, es inexistente. Los residuos líquidos, de la misma manera que egresan de los diferentes procesos, según las especificidades de estos (bebidas y licores, cárnicos, lácteos, frutas y vegetales, harinas y balanceados), son conducidas a través de un canal, hacia la salida de las áreas de la Universidad y, descargadas en el suelo, llegando a intersecar recursos naturales como el propio suelo, los acuíferos (pozos artesianos de la zona), canales de riego y, pequeños humedales y corrientes de agua; además de provocar olores indeseables en toda el área de influencia directa.

En torno a lo que precede se formuló el siguiente problema: “¿Cómo incide el manejo de las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ en la calidad ambiental del entorno?”.

El presente trabajo cuenta con el aval de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería con la representación del Señor Decano Ing. Byron Oviedo, quien ha dado amplia apertura para la realización de la misma.

Los recursos en el desarrollo del presente durante las diferentes fases como toma de muestras, análisis de las mismas, recopilación de datos, sistematización de los resultados, interpretación y discusión de los mismos, las sugerencias y recomendaciones, así como las conclusiones, se llevan a cabo siguiendo una metodología adecuada, contándose para el efecto con la colaboración de expertos en la temática y las orientaciones oportunas del tutor de tesis, aspectos relevantes que hicieron posible el desarrollo de esta investigación

Aquí predomina el enfoque cualitativo y cuantitativo, por cuanto prevé el análisis del agua a partir de muestras recolectadas para detectar las cargas contaminantes y el análisis de calidad mediante la utilización de Estándares de Calidad Ambiental, para medir el grado de contaminación y disturbio ecológico en un área determinada, según se establece en TULSMA (2015) en el Libro VI en el Anexo 1 (De la calidad ambiental. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua); Anexo 2 (Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados) y, en el propio Libro, Título I (De la calidad ambiental).

Además se trabaja con sentido holístico y participativo considerando una realidad dinámica, que al mismo tiempo está orientada a la comprobación de hipótesis con énfasis en los resultados. En este trabajo, se busca el mecanismo de disminuir el impacto ambiental ocasionado por el evacuado ineficiente de las aguas residuales, lo cual mejorará el ambiente de su alrededor.

CAPÍTULO I

PROBLEMATIZACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En su acepción más común, tanto en geografía como en economía, por recurso natural se entiende una determinada propiedad del medio que ha sido evaluada. La citada definición lleva implícitos dos supuestos que quizá convenga aclarar. En primer término es una definición antropocéntrica: los recursos naturales se consideran una función de las capacidades humanas, también implica, como es obvio, una consideración histórica de los recursos. Urteaga, (1999).

La clasificación de los recursos naturales dependerá del criterio que se escoja para tal objetivo. De esta manera, una primera clasificación es aquella en la que se tiene en cuenta si el objeto de consumo es un ser vivo o no. Desde este punto de vista los recursos naturales pueden ser bióticos o abióticos. En cambio, si el criterio es el hecho de si hay posibilidad de volverlos a utilizar o no, entonces tendrá que hablarse de recursos naturales reutilizables o no reutilizables.

Sin embargo, la clasificación más utilizada a la hora de diferenciar los recursos naturales es la que los agrupa en recursos renovables o recursos no renovables. Esta clasificación se basa en su disponibilidad en el tiempo, su tasa de generación (o regeneración) y su ritmo de uso o consumo. Es decir, se podría hablar de recursos naturales con un ciclo cronológico de renovación corto (renovables) o bien con un ciclo cronológico de renovación largo (no renovables). Se entiende por ciclo cronológico de un recurso el tiempo que se

requiere para remplazar su cantidad utilizada para una aplicación determinada. Saladié y Oliveras, 2014.

El agua constituye el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida, un factor decisivo para el crecimiento económico y el desarrollo de la sociedad. Pero aunque es un recurso natural renovable, su abuso puede generar que sea limitado y vulnerable. Aunque es muy abundante el agua no es un recurso permanente, se contamina con facilidad y una vez contaminada es muy difícil recuperar su pureza. Arroyo, (2012).

La importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en la sociedad la búsqueda de soluciones para cuidarlos y recuperarlos con el fin de que sean aprovechados por los seres vivos. En la mayoría de los países desarrollados se tratan las aguas residuales en un porcentaje elevado, en 1991 la Unión Europea creó un plan para el tratamiento de aguas residuales urbanas teniendo como resultado que el 60 % de la población estuviera conectado a algún sistema de depuración; para el año 2005 esta cifra pasó a ser del 92%. Valencia y Ramirez (2009).

La Carta de la Tierra, en Comisión Internacional de la Cumbre por el Desarrollo (1992), presentada en la Comisión Internacional de la Cumbre por el Desarrollo en Río de Janeiro, en 1992, declara que “el derecho a poseer, administrar y utilizar los recursos naturales conduce hacia el deber de prevenir daños ambientales y proteger los derechos de las personas”. Dadas las evidencias, esto es absolutamente necesario; pero la necesidad de apelar a la sensibilidad y la conciencia colectiva sobre los riesgos del agotamiento del agua potable a corto plazo, son un punto vital a incorporar de inmediato en nuestra forma de vida, si se quiere evitar la catástrofe.

En América Latina la cantidad de aguas tratadas es pequeñísima: se estima que menos de 2% de las aguas residuales de la región reciben algún tipo de

tratamiento. En una de las mayores y más modernas ciudades de la región, Sao Paulo, sólo se trata 5% de los 25 m³/s de los residuos líquidos de la zona metropolitana. En otras ciudades la situación es aún más seria. Situación que se agrava por el mal funcionamiento de las plantas existentes, debido a problemas técnicos de operación, de mantenimiento o simplemente su subutilización. Agostini, (2004).

La masificación de los espacios urbanos y el crecimiento desmedido del consumo de recursos han contribuido a generar una presión extraordinaria sobre el nivel de consumo de la energía del agua. Esto ha generado una necesidad correspondiente de regulación de la gestión hidráulica, en los distintos sectores de la vida social. Todo ello en el interés de la resolución de los conflictos surgidos a partir de la complejidad de las necesidades humanas y los periódicos avances tecnológicos. Esta situación no es más que el prelude de una posible crisis de alcance incalculable, debida a la futura escasez del líquido elemento. Olibana, (2009).

Olibana, (2009), asegura que si se tiene en cuenta que la totalidad de las reservas de agua dulce y potable en el mundo se concentran actualmente en un volumen no superior a 300 ríos mayores y otros cuantos subterráneos; si observamos con atención la capacidad de devastación y degradación que la actividad de las empresas industriales ha estado llevando a cabo en detrimento de la calidad de las aguas, los últimos 200 años; si realizamos una medida estimada del descenso del nivel de agua por metro cúbico, debido a las escasas precipitaciones en muchas zonas de la tierra, motivadas por el efecto invernadero del cambio climático, y un sin fin de atenuantes de origen medioambiental, no se tarda en llegar a la conclusión de que se aproxima peligrosamente, a ese momento crítico de conflicto por los intereses del agua, que podría poner en riesgo la paz y el bienestar mundiales.

Olibana (2009), afirma que aunque lo escrito hasta aquí pueda parecer parte del escenario de una novela de ciencia ficción, lamentablemente las investigaciones científicas más recientes señalan la degradación paulatina del capital hídrico por el vertido de aguas residuales y el desequilibrio estructural de los ecosistemas por la actividad industrial, los vertidos tóxicos y contaminantes en diversos ecosistemas de la tierra. La contaminación de las aguas es causa de enfermedades como la disentería, que pueden provocar incluso, la muerte.

También son evidentes los efectos socioeconómicos debidos a la creciente escasez de agua en el planeta, que han estado promoviendo las migraciones descontroladas hacia las grandes urbes. Los especialistas estiman que actualmente, más de mil millones de personas no tienen acceso al agua potable. Y las investigaciones más recientes arrojan datos escalofriantes que aseguran que de no tomarse las debidas medidas preventivas, la situación en menos de cien años, puede llevar al agotamiento total del agua para una porción mayor del 80% de la población mundial. Olibana (2009).

La disposición de aguas residuales sin tratamiento alguno y las aguas residuales tratadas inadecuadamente contaminan los cuerpos de agua natural. A su vez, por infiltración en el subsuelo contaminan las aguas subterráneas, por lo que se convierten en focos infecciosos para la salud de las poblaciones, así como para la flora y fauna del lugar. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, (2014).

El manejo inadecuado de las aguas residuales trae serias consecuencias para la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo económico. Contamina el agua a ser suministrada, incrementando el riesgo de enfermedades infecciosas y deteriorando el agua subterránea y otros ecosistemas locales, como por ejemplo, después de una inundación. La cada vez mayor presión urbana sobre las zonas costeras incrementa el riesgo de la incidencia de contaminación de

patógenos, la demanda en oxígeno disuelto y la emergencia de mareas rojas y de micro-organismos tóxicos.

Estos eventos nos pueden confrontar con problemas científicamente desconocidos. Particularmente, en los países en vías de desarrollo, los problemas de salud debidos a la contaminación por aguas residuales se pueden volver severos debido a las grandes poblaciones que viven en áreas costeras. Se pueden identificar numerosas razones por las cuales los servicios de manejo de aguas residuales son ineficientes o un fracaso, tales como, el poco prestigio y la falta de reconocimiento, políticas y marcos institucionales débiles, falta de financiamiento adecuado y de voluntad política, tecnologías inapropiadas, una baja conciencia pública y falta de consideración hacia las preferencias de los consumidores.

Dos importantes limitaciones se detallan a continuación: la carencia de conciencia pública y los altos costos de mitigación. Cuando el bienestar de las comunidades locales se ve amenazado, éstas usualmente están dispuestas a colaborar para mejorar sus condiciones de vida, especialmente cuando tienen la certeza de la posesión y cuando el gobierno facilita y sostiene sus esfuerzos. Sin embargo, en cuanto los residentes instalan un drenaje o una alcantarilla, puede que sus propios problemas se hayan solucionado, pero estas aguas residuales son transportadas, a menudo causando problemas a aquellos que viven río abajo. Típicamente, los contaminadores son renuentes a asumir su responsabilidad y reacios a remediar dicha situación ya que requiere cantidades sustanciales de esfuerzo y dinero y debido a que ellos no se sienten afectados por el problema que están creando en otro lugar. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2004).

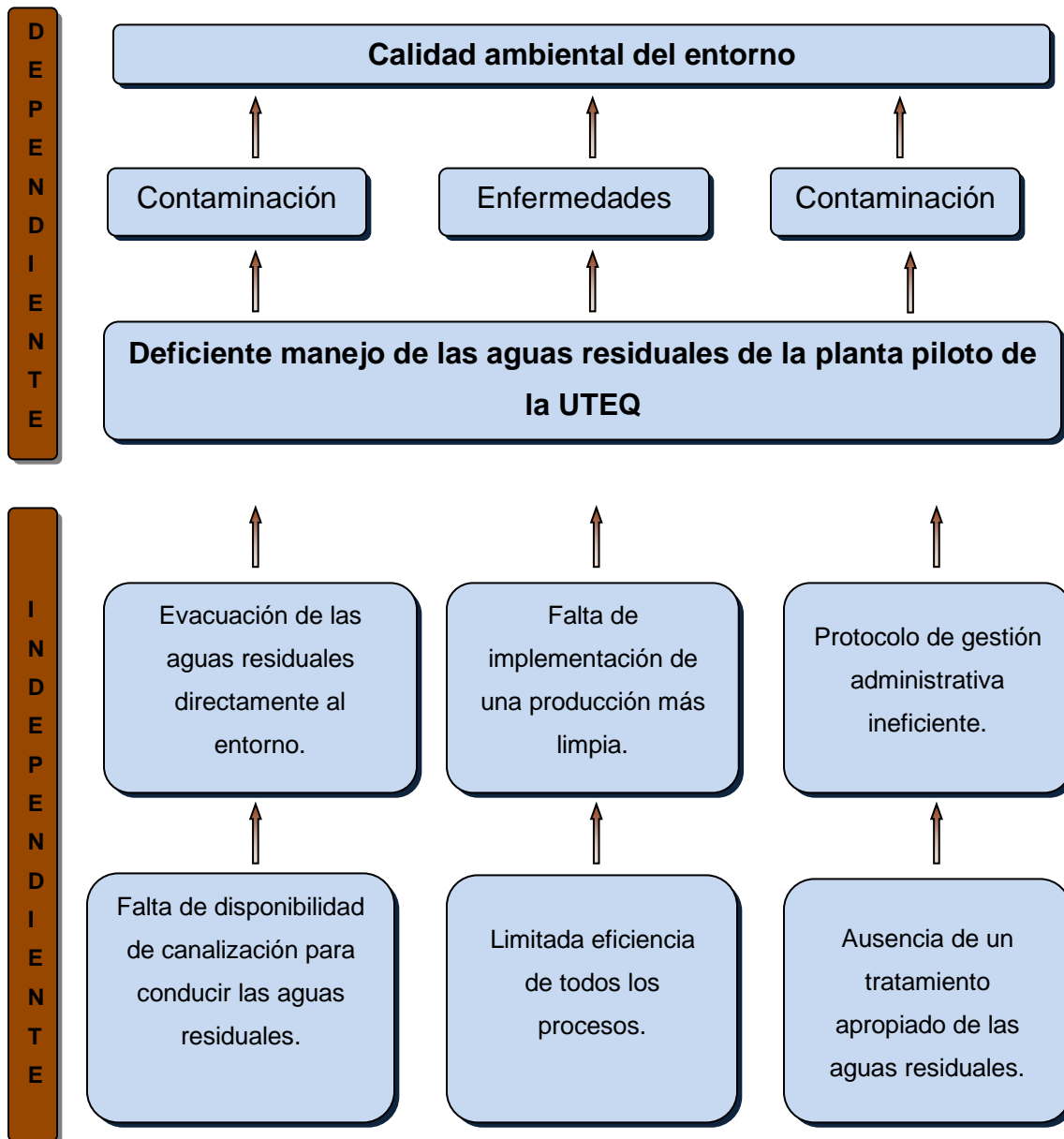
En Ecuador, las enfermedades diarreicas producidas por la contaminación biológica del agua son la primera causa de mortalidad infantil. La contaminación biológica de las aguas se debe principalmente a la ausencia o insuficiencia de

tratamiento de las aguas servidas. Si bien se está ampliando la cobertura de alcantarillado a nivel del país, del 66,6% de aguas servidas eliminadas a la red pública en sectores urbanos, apenas el 5 % son tratadas. Por esta razón, casi todos los ríos del país cercanos a las áreas urbanas tienen altos niveles de coliformes, DBO, nitrógeno y fósforo. Los desechos sólidos son otra fuente de contaminación biológica y química de las aguas. En gran parte del país, la basura es acumulada en las afueras de las parroquias y cercana a los cursos de agua, sin ningún control ni manejo técnico. Según el Ministerio de Salud Pública (2009), del total de desechos generados por las actividades humanas, el 15% corresponde a los desechos de tipo infeccioso, lo que impacta negativamente en la salud de los trabajadores sanitarios municipales y de la comunidad en general. Weemaels (2009).

1.1.1. Análisis Crítico

El análisis crítico se desarrolla en base al árbol de la problemática a resolver, que se muestra en la Figura N° 1.1. En la parte inferior se plantean las causas primarias y secundarias del problema y, ascendiendo, la variable independiente “manejo de las aguas residuales de la planta piloto de la UTEQ”, mismo que se cataloga hipotéticamente como deficiente. En la parte superior se muestran los efectos secundarios y, más arriba se desemboca en el efecto principal o variable dependiente, “Calidad Ambiental del entorno”, evaluada también hipotéticamente como no satisfactoria.

Figura 1.1. Árbol de Problemas



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Los procesos agroindustriales que tienen lugar en esta planta están relacionados con la transformación de la materia prima agropecuaria en productos transformados para alargar su tiempo de conservación, la problemática principal es la canalización, evacuación final de los materiales de

desecho y tratamiento de aguas, seguro estas causas junto a la utilización de procesos ausentes de una producción eficiente y limpia obedece a una falta de gestión interesada en superar estos inconvenientes, por lo tanto el manejo integral de los desechos en la planta es la problemática base en torno a esta investigación. Las consecuencias de esta problemática se reflejan en la contaminación del aire, agua, suelo, la flora y la fauna, junto con enfermedades en el ser humano.

1.1.2. Prognosis

Probablemente si no se implementa la propuesta del presente trabajo investigativo, el impacto que se generaría al entorno ambiental de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ por el deficiente evacuado de las aguas residuales se incrementará cada vez más con el paso del tiempo, atentando contra los diversos factores ambientales.

1.1.3. Control de la prognosis

Es inminente el diseño de un proyecto de remediación en la planta de proceso de la UTEQ, que se derive del análisis de las características que se efectuarán en el desarrollo de esta investigación como alternativa para reducir el impacto de la contaminación provocada por el ineficiente evacuado de las aguas residuales.

1.1.4. Delimitación (temporal, espacial y contenido)

Temporal:

Abril 2013 – Octubre 2014

Espacial:

Puntos de impacto: Entorno directo de la planta de procesos agroindustriales, tanto al interior de la UTEQ, como en áreas inmediatas exteriores a la misma.

Institución: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Provincia: Los Ríos

Cantón: Quevedo

Dirección: Vía Quevedo – Santo Domingo km 1½

Contenido:

Campo: Ambiental

Área: Producción más limpia

Aspecto: Ambiente

1.2. PROBLEMÁTICA

1.2.1. Formulación del problema

¿Cómo inciden las aguas residuales de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ en la calidad ambiental de su entorno inmediato a la planta de procesos agroindustriales?

1.2.2. Problemas derivados

- ¿Cuáles son las cargas de los componentes contaminantes de las aguas residuales?
- ¿Cómo es el manejo de las aguas residuales?
- ¿Cuál es la calidad del ambiente en torno a la planta de procesos agroindustriales, producto del impacto de las aguas residuales?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Interés de la Investigación

La planta piloto de agroindustrias perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo constituye el lugar donde los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial realizan procesos productivos de transformación de la materia prima agropecuaria como: procesamiento de frutas y hortalizas (mermeladas, confituras, jaleas, néctares y frutas osmodeshidratadas), pasta de cacao, extracción de leche de soya, tofu, manjar de soya, yogurt, quesos, mantequilla, manjar, además harinas de plátano, soya, zapallo, y otros.

La Universidad tiene un rol protagónico y de importancia en la protección del ambiente, en primer lugar en su rol de formador y capacitador de recursos humanos en las diversas disciplinas o especialidades, por lo tanto debe asegurar la práctica en el tema ambiental, asegurar investigaciones aplicadas, donde la ciencia y tecnología estén fundamentalmente orientados a la solución de los diversos problemas ambientales que aquejan a su entorno, por consiguiente determinar el impacto que producen las aguas residuales en el ambiente y proponer una alternativa al manejo de las aguas residuales reduciría la contaminación ambiental.

1.3.2. Utilidad Teórica

Según Eckenfelder (2000), las relativamente elevadas cargas contaminantes de las aguas residuales determinan la agresividad ambiental de las mismas así como los costos de su tratamiento; al analizar los datos del análisis de laboratorio de los residuos líquidos, así como de aspectos antropogénicos, puede sintetizarse que:

- Un elevado valor en la DBO puede indicar exceso en el consumo de agua en la planta de proceso.
- Niveles altos de los sólidos provenientes de las grasas y aceites indica deficiencias con la limpieza de las salas de proceso lo que ocasiona una gran afluencia de sólidos a los sistemas de conducción de efluentes.
- Un elevado valor en la turbidez del efluente puede indicar deficiencias en la recolección de desechos.
- El color es indicativo de presencia de material orgánico e inorgánico en los efluentes, en la medida que ocurren los procesos de desdoblamiento de los compuestos orgánicos por las bacterias, el agua se torna de color café o negro.

1.3.3. Utilidad Práctica

Por lo mencionado el desarrollo de este trabajo de investigación proyecta analizar como incide el manejo de estas aguas en los alrededores de la planta, otorgando un beneficio a la comunidad universitaria relacionada directa e indirectamente con la planta de procesos, la comunidad aledaña a la universidad por la contaminación que puede significar el impacto ambiental de las aguas residuales, la flora y la fauna en el exterior de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

1.3.4. Utilidad Metodológica

En este contexto el proyecto en mención pretende ser en la posteridad una herramienta de consulta más con sustento veraz para encaminar nuevos procesos investigativos sugiriendo ideas, recomendaciones o hipótesis a futuros estudios relacionados con el impacto de la aguas residuales, tendientes a satisfacer la problemática nacional y local, analizando los resultados y

discutiendo con principios provenientes de la contaminación de la aguas residuales.

Por todas estas razones amerita realizar un estudio para buscar las mejores alternativas para descontaminar los focos más críticos en mención, o por lo menos reducir la población de microorganismos y elementos contaminantes. Estos aspectos van determinando la generación directa de impactos ambientales provocados por el inadecuado manejo y disposición de los subproductos.

1.4. RELEVANCIA SOCIAL

La Universidad Ecuatoriana, en su labor de proyección social, debe poner el ejemplo generando conciencia ambiental en la población, debiendo implementar prácticas de gestión ambiental; contribuyendo al desarrollo de las herramientas necesarias para el mejoramiento de la gestión, experimentación ambiental y tecnologías limpias. Este trabajo investigativo, por lo tanto beneficia el entorno ambiental donde el ser humano es un ente protagónico.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. General

Evaluar la incidencia de las aguas residuales de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ en la calidad ambiental del entorno, sugiriendo un proyecto de intervención.

1.5.2. Específicos

- Caracterizar el manejo de las aguas residuales con relación al ambiente.
- Determinar las cargas de contaminantes aportadas por las aguas residuales.
- Determinar la calidad ambiental del entorno de la planta de procesos agroindustriales mediante el método cualitativo matriz de Leopold y percepción ciudadana del impacto ambiental mediante encuestas a profesores y estudiantes de la Carrera.
- Diseñar un proceso de tratamiento para las aguas residuales de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. AGUAS RESIDUALES

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado”. Mara, (1976).

Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. Mendoca, (1987).

2.1.1. Aguas residuales domésticas e industriales

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos.

El agua residual está conformada de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos

o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos.

Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales. El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del Azufre de las proteínas.

Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos (por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez). Entre los principales ejemplos se pueden citar los azúcares, el almidón, la celulosa y la lignina (madera).

Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno.

Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas. Pueden estar presentes también bajo la forma de aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas (de estaciones de servicio, por ejemplo), y son altamente indeseables, porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción. Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc.

La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de gases disueltos. Entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Además, del

Oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como dióxido de Carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuestos orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del Azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual.

Las aguas residuales industriales son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración. Líquidos Residuales: Los que se derivan de la fabricación de productos, siendo principalmente disoluciones de productos químicos tales como lejías negras, los baños de curtido de pieles, las melazas de la producción de azúcar. A.R. de Proceso: Se originan en la utilización del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa; y que puede contaminarse con los productos de fabricación o incluso de los líquidos residuales. Las aguas de Refrigeración Indirecta no han entrado en contacto con los productos y por tanto la única contaminación que arrastran es su temperatura.

Apariencia El agua residual es desagradable en su apariencia y en extremo peligrosa, en su contenido, principalmente debido al elevado número de organismos patógenos (virus, bacterias, protozoarios, helmintos) causantes de enfermedades. El residuo fresco tiene tonalidad grisácea, mientras que en el residuo séptico el color cambia gradualmente de gris a negro. El color negro caracteriza también el residuo de descomposición parcial. Las aguas residuales pueden, sin embargo, presentar cualquier otro color, en los casos de contribución de residuos industriales como por ejemplo, los de la industria textil o de tintas. Crites, (2000).

2.1.2. Características de las Aguas Residuales

a) Características físico químicas de las aguas residuales

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

Se puede definir a los sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación a una temperatura entre 103 y 105 °C. No se toma en cuenta como materia sólida aquella que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor.

Se conoce a los sólidos sedimentables como aquellos que sedimentan en un recipiente en forma cónica en el transcurso de un período de 60 min. Los sólidos sedimentables, expresados en unidades de ml/L, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria - 10 - del agua residual.

Los sólidos totales, o residuo de la evaporación, pueden clasificarse en filtrables o no filtrables conocidos como sólidos en suspensión, haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro. Para este proceso de separación suele emplearse un filtro de fibra de vidrio, con un tamaño nominal de poro de 1.2 μm , aunque también suele emplearse filtro de membrana de policarbonato.

La fracción filtrable de los sólidos corresponde a los sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal está compuesta por las partículas de materia de tamaños entre 0,001 y 1 μm . Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua. No es

posible eliminar la fracción coloidal por sedimentación, normalmente para eliminar la fracción coloidal es necesaria la oxidación biológica o la coagulación complementados con la sedimentación.

b) Características Físicas

1) Olores

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable que resulta más tolerable que el del agua residual séptica.

El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Efectos de los olores: a bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que generan, que por el daño que puedan producir al organismo.

Los olores molestos pueden reducir el apetito, inducir a menores consumos de agua, producir desequilibrios respiratorios, náuseas y vómitos, y crear perturbaciones mentales.

2) Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que el agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y de los diferentes usos industriales. Dado que el calor

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

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y las velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles. Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las contracciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano.

Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C.

3) Densidad

La densidad de un agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m^3 . Es una característica física importante del agua residual, dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad de fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad de las aguas residuales domésticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua limpia a la misma temperatura.

4) Color

Históricamente, por la descripción de un agua residual, se empleaba el término condición junto con la composición y la concentración. Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor. El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro.

5) Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para determinar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de luz dispersada en la muestra y la registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones. Escuela Universitaria Politécnica De Sevilla, (2009).

6) Apariencia

El agua residual es desagradable en su apariencia y en extremo peligrosa, en su contenido, principalmente debido al elevado número de organismos patógenos (virus, bacterias, protozoarios, helmintos) causantes de enfermedades. El residuo fresco tiene tonalidad grisácea, mientras que en el residuo séptico el color cambia gradualmente de gris a negro. El color negro caracteriza también el residuo de descomposición parcial. Las aguas residuales pueden, sin embargo, presentar cualquier otro color, en los casos de contribución de residuos industriales como por ejemplo, los de la industria textil o de tintas. Crites, (2000).

c) Características Químicas

1) Materia Orgánica

Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están conformados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como el azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40 – 60%), hidratos de carbono (25 – 50%), y grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en las aguas residuales que no sean muy recientes.

2) Proteínas

Las proteínas son los principales compuestos del organismo animal, mientras que su presencia es menos relevante en el caso de organismos vegetales. Están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando estos están crudos. El contenido de proteínas varía mucho entre los pequeños porcentajes presentes en frutas con altos contenidos de agua (como los tomates) o en los tejidos grasos de las carnes, y los porcentajes elevados que se dan en los fréjoles o carnes magras. Todas las proteínas contienen carbono, común a todas las sustancias orgánicas, oxígeno e hidrógeno. Además, como característica distintiva, contienen una elevada cantidad de nitrógeno, en torno al 16%. La urea y las proteínas son las principales responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales.

3) Hidratos de Carbono

Ampliamente distribuidos por la naturaleza, los hidratos de carbono incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, compuestos todos ellos presentes en el agua residual. Los hidratos de carbono contienen carbono, oxígeno e hidrógeno. Algunos hidratos de carbono son solubles en el agua, principalmente los azúcares, mientras que otros, como los almidones, son insolubles.

d) Características Biológicas

En las aguas residuales van numerosos microorganismos., unos patógenos y otros no. Entre los primeros cabe destacar los virus de la Hepatitis. Por ejemplo, en 1 g. de heces de un enfermo existen entre 10 - 10⁶ dosis infecciosas del virus de la hepatitis. El tracto intestinal del hombre contiene numerosas bacterias conocidas como Organismos. Cada individuo evacua 10⁵ millones de coliformes por día, que aunque no son dañinos, se utilizan como indicadores de contaminación debido a que su presencia indica la posibilidad de que existan gérmenes patógenos de más difícil detección. Escuela Universitaria Politécnica De Sevilla, (2009).

Estas materias de tipo orgánico absorben hasta su mineralización una cierta cantidad de oxígeno, debido a los procesos químicos o biológicos de oxidación que se producen en el agua. El índice para medir este fenómeno puede efectuarse mediante el análisis de parámetros como: Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto.

La prueba de la DBO mide el oxígeno consumido por las bacterias mientras oxidan la materia orgánica. Una muestra de agua residual se diluye convenientemente con agua de dilución (agua destilada con una población mixta apropiada de microorganismos, y con una concentración a saturación de

OD). Se mide en la muestra diluida la concentración inicial de OD, se incuba a una temperatura determinada (20 °C) y, después de un tiempo prefijado, se mide nuevamente la concentración de OD. La disminución en la concentración de OD será debido a la utilización hecha, durante el tiempo de incubación, por los microorganismos para metabolizar la MO de ese volumen de muestra diluida. De este resultado se calcula la cantidad de oxígeno requerido para el tratamiento similar de un volumen normal no diluido, por ejemplo un litro. Escuela Universitaria Politécnica De Sevilla, (2009).

e) Características Cuantitativas

Variación del Caudal De modo general, en los caudales de las aguas residuales ocurren variaciones horarias (con las horas del día), diarias (con los días de la semana) y cíclicas (con las estaciones del año), de acuerdo con los usos y las costumbres de la población, además de la temperatura y la precipitación atmosférica de la región. Metcalf y Eddy, (1998).

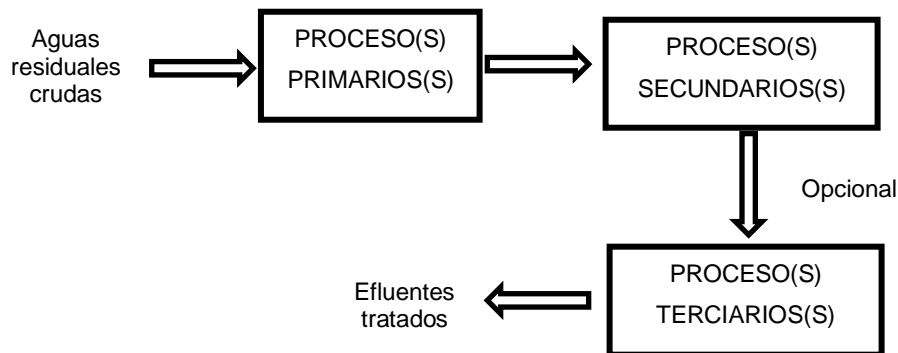
2.2. PROCESOS INHERENTES A LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AGROINDUSTRIALES

En general, el flujo operacional de una planta cuyo propósito es el tratamiento de las aguas residuales agroindustriales se organiza según la secuencia que se muestra en el esquema de la Figura 2.2, donde se visualiza el comienzo a través de procesos primarios, tanto físicos, químicos o la combinación de ambos. A continuación se implementan los procesos secundarios, tanto anaerobios como aerobios, seguidos estos últimos, del correspondiente sedimentador secundario. En dependencia de la carga orgánica de residuo líquido a tratar, el anaerobio si esta es alta, seguido del aerobio, una vez que esta se haya reducido suficientemente. En ocasiones, y en dependencia del uso

que se le vaya a dar al efluente de la planta, se añade un proceso terciario, también de origen físico – químico.

Figura 2.2.

Procesos generalizados de una planta de tratamiento de aguas residuales agroindustriales.

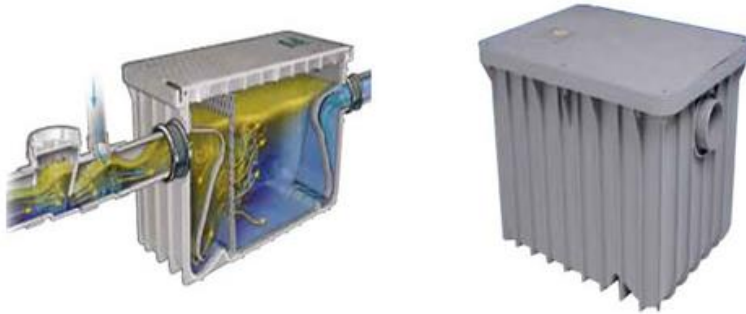


Elaborado por: Metcalf y Eddy, 1998.

2.1.1. Procesos primarios

Entre los procesos primarios uno de los más significativos en el tratamiento de aguas residuales agroindustriales que más se utiliza, es la trampa de grasas, debido al alto contenido de estas y de aceites que presentan. Estos dispositivos operan con base a la diferencia de densidades entre el agua y las grasas y aceites, generalmente menos pesados y tienden a flotar en un tanque de alimentación continua, adonde es alimentado el residuo líquido. Una vez en la superficie, estos contaminantes son removidos mecánicamente y dispuestos de manera apropiada. El líquido desgrasado es extraído por la parte inferior del tanque. En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de trampa de grasas.

Figura 2.2.
Ilustración de una trampa de grasa.



Fuente: <http://www.taringa.net/post/apuntes-y-monografias/9563360/Trampa-de-grasas-tema-completisimo.html>

La trampa de grasas y aceites, como provoca el retardo del flujo, también funcionan como sedimentador primario para los sólidos más pesados que el agua, depositándose en el fondo del tanque, desde donde pueden ser removidos como lodos primarios, aunque su principal función es la eliminación de grasas y aceites. Organización Panamericana de la Salud (2011).

2.1.2. Procesos Secundarios

La expresión tratamiento secundario se refiere a todos los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales tanto aerobios como anaerobios.

a) Digestión anaerobia

La digestión anaerobia consiste en la oxidación, en ausencia de oxígeno disuelto, de la materia orgánica, mayoritariamente soluble, presente en el agua residual, mediante la acción del complejo multienzimático de bacterias

anaerobias, divididas en acidogénicas, que comportan la primera fase degradando los compuestos de alta masa molar (carbohidratos, proteínas, lípidos, etc.) hasta convertirlos en ácidos orgánicos de relativamente baja masa molar. A continuación operan las bacterias anaerobias metanogénicas, que transforman los ácidos orgánicos en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) gaseosos (biogás), así como menores cantidades de sulfuro de hidrógeno (SH_2), vapor de agua, principalmente. El proceso se desarrolla en un dispositivo conocido como digestor anaerobio, el cual resiste una alta carga orgánica, por lo que se coloca después de los procesos primarios y, antes de los aerobios, resistentes de apreciablemente menor carga orgánica. Guerrero, Chamy y Rivadeneira, (2010).

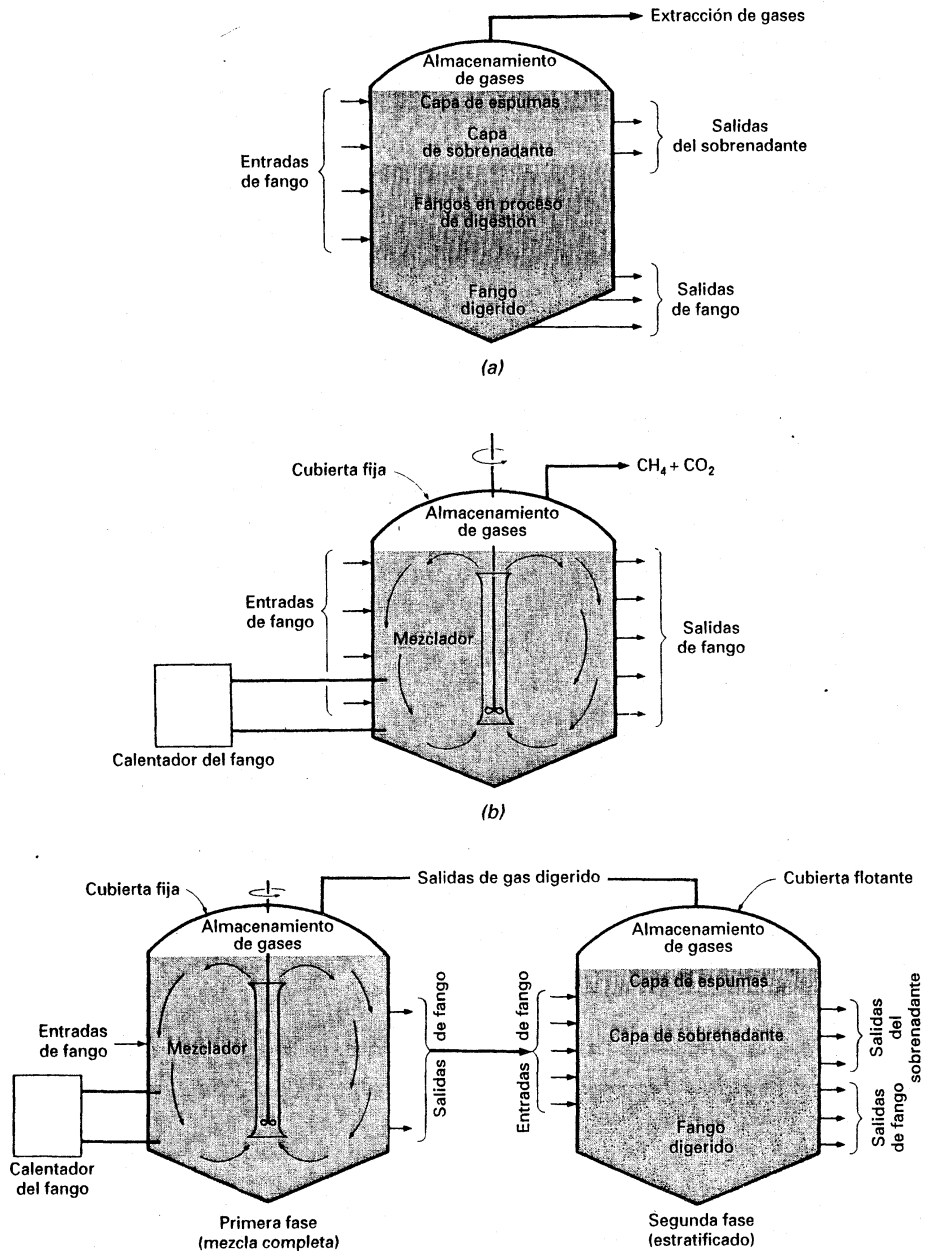
En la ilustración de la Figura 2.3 se muestran diferentes arreglos de reactores para el proceso de digestión anaerobia del agua residual, con características de contener relativamente elevada carga orgánica.

b) Sistemas de lodos activados

El proceso de lodos activos fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Ardra y Lockett y su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar u oxidar la materia orgánica de las aguas residuales tanto industriales como urbanas por vía aerobia. El diseño de las plantas de lodos activos se llevó a cabo fundamentalmente de una forma empírica. Sólo al comienzo de los años sesenta se desarrolla una solución más racional para el diseño del sistema de lodos activos.

Figura 2.3.

Digestores anaerobios típicos: (a) proceso convencional de fase única y de baja carga; (b) proceso de fase única, tanque de mezcla completa y alta carga, y (c) proceso de doble fase.



Fuente: Metcalf and Eddy (1996).

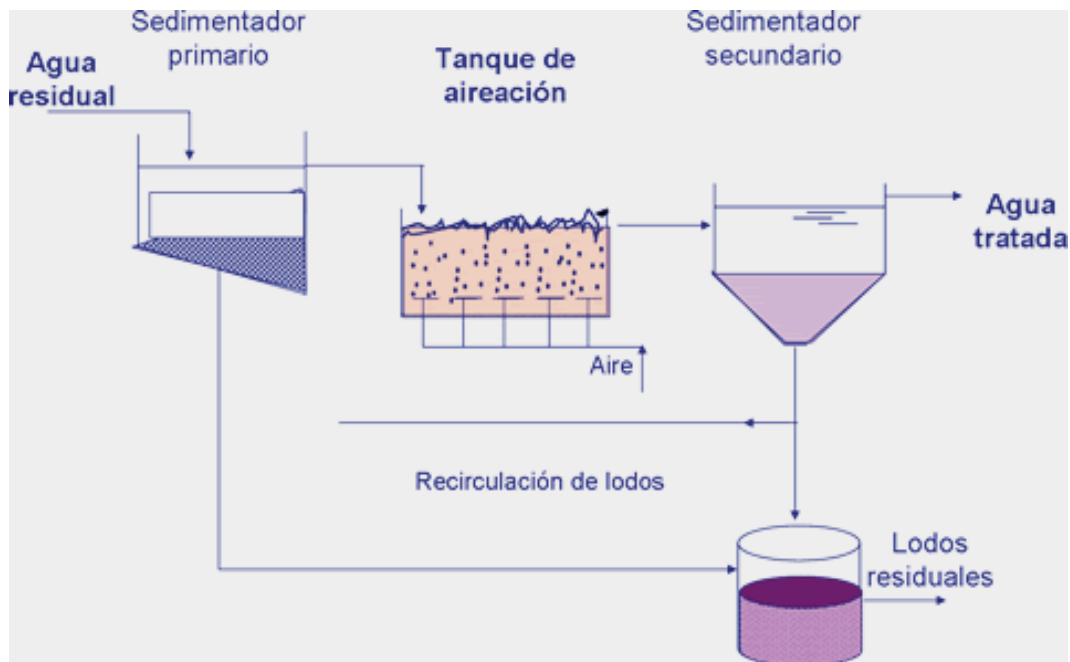
El proceso nació de la observación realizada hace mucho tiempo de que si cualquier agua residual, urbana o industrial, se somete a aireación durante un

período de tiempo se reduce su contenido de materia orgánica, formándose a la vez un lodo floculento. Ramalho, (1990).

Asimismo, tiene una apreciable aceptación en el tratamiento de aguas residuales domésticas y agroindustriales, principalmente por su gran efectividad entre el 75 y el 95%, poca producción de lodo y sencillez en su funcionamiento. Gil, (2006).

En el esquema de la Figura 2.4 se muestra un proceso de un sistema de lodos activado convencional. El sedimentador secundario se considera parte del sistema conjuntamente con el tanque de aireación.

Figura 2.4.
Sistema de lodo activado con recirculación de lodos y sedimentadores primario y secundario.¹



Fuente: Romero, J. A. (s/f).

c) Sedimentación secundaria

La sedimentación secundaria es, en el tratamiento biológico por Lodos Activados, el proceso unitario en el que la Biomasa o “Licor Mezclado” proveniente de un reactor, por ejemplo, de un tanque de aireación de lodos activados, es separada de la fase líquida del agua, generándose un sobrenadante clarificado y un lodo de fondo. El sobrenadante clarificado es evacuado por vertederos superficiales, en tanto el lodo sedimentado es recirculado al reactor. Dependiendo del tipo de purga de lodos que se utilice, una fracción del lodo recirculado es purgada hacia la línea de lodos en exceso.

La forma más común de los sedimentadores secundarios es circular y en menor medida rectangular. Las unidades circulares o rectangulares se equipan con barredor de fondo (que permite una mejor separación de la Biomasa del agua, a la vez que impulsa el lodo sedimentado hacia la zona de extracción) y recolector superficial de espumas. El fondo de los sedimentadores circulares tiene una leve pendiente, típicamente de 1/12. Henry, (1999).

2.2. FUNDAMENTO LEGAL

Las leyes y en general la normativa ambiental ecuatoriana, vigente y relevante que tiene como finalidad regular y sancionar la contaminación generada por las actividades industriales, específicamente en la actividad productiva, se analizarán y revisarán constantemente en el desarrollo de la presente investigación, describiendo brevemente a continuación.

En el ámbito ambiental, la Constitución de la República del Ecuador establece los deberes y obligaciones del Estado, así como de los ciudadanos con el medio ambiente, a saber:

“Sección segunda. Ambiente Sano. Art. 14.-Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que

garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumakkawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

En la Constitución de la República del Ecuador (2008) bajo el Título III, que habla del “Régimen del Buen Vivir”, capítulo segundo, sobre la “Biodiversidad y Recursos Naturales”, en la sección sexta “Agua”, en los Artículos 411 y 412, tanto el estado como la autoridad a cargo de la gestión del agua garantizan la conservación, recuperación y manejo integral del hídrico. Además están en la obligación de regular las actividades que puedan afectar la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La ley de Gestión Ambiental (2004-019) en el Capítulo II “De la Autoridad Ambiental”, en el Art 9 establece que le corresponde al Ministerio del Ramo a coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes. Asimismo, el Sistema Único de Información Ambiental dispone del soporte informático suficiente para cumplir con las tareas inherentes a la mencionada ley, para cumplir con las tareas inherentes a los procesos de prevención, seguimiento y control de la contaminación ambiental. También Mientras que en el Art. 23 establece realizar una evaluación del Impacto Ambiental mediante una estimación de los efectos causados por la población humana, la biodiversidad, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.

El Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI-Anexo I, menciona lo siguiente:

“El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina.”

En el Capítulo VI. De la prevención y control de la contaminación de las aguas
Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Al expedirse la Organización del Régimen Institucional de Aguas, mediante Decreto Ejecutivo No. 2224, publicado en el R.O. 558-S, de 28-X-94, el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos fue sustituido por el Consejo Nacional de Recursos Hidráulicos, cuerpo colegiado multisectorial, y por las Corporaciones Regionales de Desarrollo, instituciones públicas de manejo de los recursos hídricos del país. Art. 18.-El Ministerio de Salud fijará el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

En el Art. 19.-El Ministerio de Salud, también, está facultado para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD - 2010), en el Art. 54 Literal “**k**” indica que se deberá regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales; mientras que en el Literal “**l**” del mismo artículo manifiesta que se debe prestar servicios que satisfagan

necesidades colectivas respecto de los que no exista una explícita reserva legal a favor de otros niveles de gobierno, así como la elaboración, manejo y expendio de víveres; servicios de faenamiento, plazas de mercado y cementerios.

En el Art. 55 de las Competencia del gobierno, literal “**d**” indica que se deberá prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Aguas Residuales.- Agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. No obstante, las aguas residuales de un usuario pueden servir de suministro para otro usuario en otro lugar. Las aguas de refrigeración no se consideran aguas residuales. FAO (2015).

Cuadro 2.1.
Efectos indeseables de las aguas residuales.

Contaminante	Efecto
Materia orgánica biodegradable.	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
Materia suspendida.	Deposición en los lechos de los ríos; si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases; cubre el fondo e interfiere con la reproducción de los peces o trastorna la cadena alimenticia.
Sustancias corrosivas, cianuros, metales, fenoles.	Extinción de peces y vida acuática, destrucción de bacterias, interrupción de la autopurificación.
Microorganismos patógenos.	Las ARD pueden transportar organismos patógenos.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color, olor.	El incremento de la temperatura afecta a los peces; el color, olor y turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para uso público.
Sustancias o factores que trastornan el equilibrio biológico.	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, las cuales alteran el ecosistema acuático.
Constituyentes minerales.	Aumentan la dureza, limitan los usos industriales sin tratamiento especial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces o la vegetación, contribuyen a la eutrofización del agua.

Fuente: Metcalf and Eddy. 1998.

Efluente.-Fluido residual de cualquier proceso de tratamiento que puede contener sustancias peligrosas.Monkhouse, (1978).

Efluente contaminado.- Toda descarga líquida que contenga cualquier forma de materia orgánica y/u inorgánica o energía que no cumpla con los límites permisibles establecidos en el reglamento.FUNGLODE I GFDD (2013).

Procesos Agroindustriales.- Se entiende por proceso a todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso. Conjunto de operaciones materiales diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. El procesamiento de alimentos es convertir productos agrícolas o derivados de animales en materias primas para obtener alimentos con propiedades deseadas. Usando para su conversión métodos químicos, físicos o microbiológicos. Estrada (2013).

Calidad ambiental.- El grado en que el estado actual o previsible de algún componente básico permite que el medio ambiente desempeñe adecuadamente sus funciones de sistema que rige y condiciona las posibilidades de vida en la Tierra. Este grado no se puede cuantificar; solo se lo califica con fundamentos, a través de un juicio de valor. Glosario Net. 2007.

DBO.- Demanda Bioquímica de Oxígeno, 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 materia orgánica disuelta y, se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO₅) a 20 °C, y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por decímetro cúbico (mgO₂/dm³).Rittman, Bruce y McCarty, (2001).

Impacto Ambiental.- Se entiende por impacto ambiental el efecto que produce una acción sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base, debido a la Influencia antropogénica sobre el clima acción antrópica o a eventos naturales. Conesa, (2009).

Planta de tratamiento.- Conjunto de reservorios y estructuras a donde fluyen las aguas residuales para su tratamiento. Construmática Portal(2008).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La modalidad de la presente investigación fue la Investigación de Campo, Bibliográfica y Especial: Naranjo (2008).

- a) **Obtención de datos.**- Los datos se obtuvieron a través de actividades de observación del fenómeno de estudio, se apoya en información proveniente de entrevistas y recolección de datos de las muestras de manera directa, es decir en la Planta de Procesos Agroindustriales UTEQ para un posterior análisis y determinar la carga de contaminantes.
- b) **Tipo de Investigación.**-La investigación fue de diseño no experimental, es decir, sin manipulación de la variable independiente, fue explicativa, puesto que se determinó la correlación entre las variables y la misma fue explicada a través de la exposición y discusión de los resultados.(Hernández, Fernández y Baptista, 2005)

3.2. FORMA Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de forma aplicada, puesto que se ejecutó dentro de un contexto local definido y respecto a un área científica determinada que fue la conservación del ambiente.El diseño del estudio fue no experimental, pues no se utilizó la manipulación de variables, sino sus mediciones in situ, ya manipuladas por el azar. Además se empleó la recolección de datos como herramienta de apoyo para la información base en el desarrollo del estudio.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Exploratoria

En la misma su metodología es más flexible, de mayor amplitud y dispersión tiene por objeto ayudar a familiarizarse con el problema, identifica las variables más importantes, propone ideas idóneas para trabajos posteriores.

3.3.2. Descriptiva

Con la ayuda de este tipo de investigación se expusieron de forma detallada los resultados obtenidos de los análisis de campo y de las observaciones directas que se realizaron sobre la calidad de agua de la planta y también al impacto ambiental del entorno.

3.4. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

La estructura metodológica se basó en la investigación experimental, por tener relación directa con los análisis de laboratorio que como se tenía previsto, se desarrollaron para evaluar los niveles de contaminación del agua residual que proviene de la planta de procesos agroindustriales.

3.5. UNIDAD DE ESTUDIO

El muestreo aleatorio se dirigió al conjunto de las aguas residuales provenientes de los procesos que tienen lugar en los talleres de Agroindustria de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ. La muestra fue apropiada para la determinación de los principales parámetros ambientales que la caracterizan.

Por otra parte, la percepción sobre calidad ambiental del entorno se basó en la aplicación del instrumento de encuestasa docentes y educandos de la Facultad

bajo análisis, parte de una población de 19 profesores y 81 estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, se consideran como muestra, por ser de tamaño total de 100 personas, relativamente pequeño (menos de 500 personas), por lo que no se aplica fórmula de cálculo para la muestra.

3.6. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

Los métodos utilizados en el estudio fueron los siguientes:

- Analítico Sintético: Porque el problema se analizó al constituirlo en objetivos específicos, que después fueron sintetizados en la hipótesis de investigación.
- Descriptivo: Que sirvió para detallar las características del fenómeno de estudio durante la investigación.

Las técnicas utilizadas en la investigación fueron las siguientes:

- Recolección de muestras en el sitio. Se realizaron dos mediciones diarias (de lunes a viernes) a las 10H00 y 15H00, que son los momentos en que más son utilizados los talleres, del tiempo de llenado de un tanque de 100 dm³ de volumen, durante dos semanas alternas típicas de trabajo. De esta manera, aunque el gasto es medio, se utilizó como valor máximo para los diseños realizados más adelante. Es decir, fueron 10 muestras en total para la medición del caudal.
- Análisis de las muestras en el laboratorio.
- Observación de los procesos en la planta agroindustrial, donde se obtiene una percepción de lo que pasa alrededor.
- Comparación con los estándares de calidad ambiental, lo cual fue importante en la medición del grado de contaminación en el entorno, con el manejo de indicadores ambientales los cuales midieron de una forma

cualitativa la calidad ambiental a partir de indicios visibles, palpables, tangibles y, el empleo de la metodología de Leopold en la Evaluación del Impacto Ambiental Ex - Post.

- Las entrevistas a los docentes y estudiantes sobre la planta, a través de la cual se dialogó y se obtuvo información, sobre hechos y aspectos que interesaban en la investigación.

3.7. HIPÓTESIS

Hipótesis Alternativa (H_a):

El manejo de las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ, incide negativamente en la calidad ambiental de su entorno.

Hipótesis Nula (H_0):

El manejo de las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ, no incide negativamente en la calidad ambiental de su entorno.

3.8. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Cuadro Nº 3.1. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	TÉCNICA/INST RUMENTO
Independiente: Aguas residuales	Son los desechos líquidos que han sido contaminados por actividades de origen antropogénico industrial o comercial y luego son liberadas al ambiente o re-utilizadas.	Físico, química y microbiológica	Caracterización Física y Química	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal (m³/d) • pH • Sólidos (mg/dm³) (Totales, Suspendidos y Disueltos) • Grasas totales (mg/dm³) • Nitrógeno Total (mg/dm³) • Fósforo Total (mg/dm³) • Proteína • DQO (mg/dm³) • DBO (mg/dm³) 	Aforo, análisis físico y químico
			Valoración Microbiológica	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales (NMP/100 cm³) • Coliformes fecales (NMP/100 cm³) 	Análisis microbiológico
Dependiente: Calidad ambiental del entorno	El grado en que el estado actual o previsible de algún componente básico permite que el medio ambiente desempeñe adecuadamente sus funciones de sistema que rige y condiciona las posibilidades de vida en la Tierra.	Ambiental	Percepción de la calidad del aire, agua, y suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente • Buena • Regular • Mala 	Matriz de Leopold Encuestas
<p>NMP Nivel Máximo Permisible CMP Cantidad Máxima Permisible</p>					

Elaborado por: Bernal, A. 2014.

3.9. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

En la Figura 2.1 se observa que la calidad ambiental del entorno (Variable Dependiente), obedece a las características de las aguas residuales provenientes de la planta piloto para procesos agroindustriales de la UTEQ (Variable Independiente), siendo la Variable Independiente la causa y la Variable Dependiente el efecto.

Figura 2.1. Red de Inclusiones



V.I. Variable Independiente
V.D. Variable Dependiente

Elaborado por: Bernal, A. 2014

3.10. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.10.1. Ubicación de la planta de agroindustrias de la UTEQ

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo está ubicada en la ciudad de Quevedo, Provincia de Los Ríos, el taller de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial se encuentra ubicado en la parte posterior del edificio matriz ubicado en el km 1 y ½ vía Quevedo – Santo Domingo.



3.10.2. Descripción de la planta

La planta piloto de procesos agroindustriales de la UTEQ, se creó en el año 2010, por la necesidad de tener un medio de apoyo básico para la formación integral de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial donde se efectúan actividades inherentes a la transformación de materias primas provenientes del sector Agropecuario, tales como elaboración de derivados lácteos, procesamiento de frutas y hortalizas, deshidratación de semillas, entre otras actividades, además las sustancias que se utilizan para los procesos son entre otras: suero de leche, carbonato de sodio, bicarbonatos, nitritos, cloruro de calcio, potasio, nitrato de amonio, fosfato de potasio, bentonitas, saborizantes, preservantes como son los sorbatos y benzoatos entre otros.

La planta dispone de una tecnología básicamente artesanal con la influencia de procesos de producción industrial, aunque no hay una cultura de aprovechamiento eficiente de la materia prima y los subproductos provenientes de los procesos se los envían a cestos generales de basura. El evacuado de las aguas derivadas de estos procesos se efectúa por los desagües hasta desembocar en un canal y este finalmente en el suelo directamente detrás de la planta.

3.10.3. Plan de Recolección de la Información

Se tomaron muestras del agua residual que sale del área de proceso hacia un canal y desemboca en la parte posterior de la planta, esta toma de muestra se la realizó con el fin de analizar la calidad de agua descargada por la planta hacia el ambiente.

Los análisis físico – químicos que se realizaron fueron:

- Caudal
- pH
- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos disueltos totales
- Sólidos sedimentables
- Demanda Química de Oxígeno
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Nitrógeno Amoniacal
- Fósforo Total
- Grasas Totales
- Proteína
- Valoración microbiológica (Coliformes totales y fecales)

Posteriormente para la determinación de los niveles de contaminación del suelo por las aguas residuales, se realizó la observación directa del entorno a la planta para lo cual se efectuaron, encuestas a docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

Se consideraron los siguientes criterios para la recolección de muestras de agua:

3.10.4. Plan de procesamiento de la información

- Los datos de la investigación se obtuvieron a través de los análisis de laboratorio, según:

pH	PEE/LAB-CESTTA/05 Método de referencia: Standard Methods Ed 21, 2005 4500-H+B Analizador PCE-PHD 1
Sólidos Totales	Analizador PCE-PHD 1
Sólidos Suspendidos	Analizador PCE-PHD 1
Sólidos Sedimentables	Analizador PCE-PHD 1
Sólidos Disueltos	PEE/LABCESTTA/94 APHA 3030 E y 3111 B
Grasas totales	PEE/LAB-CESTTA/11 Método de referencia: Standard Methods Ed 21, 2005 2540 C.
Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTTA/ 20 Método de referencia EPA WaterWaste N° 350.2, 1974
Fósforo Total	PEE/LAB-CESTTA/15 Método de referencia Standard Methods Ed. 21, 2005 4500 CI-C

- Se utilizó la estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar y coeficientes de variación) para el procesamiento de los datos.
- Se efectuó el correspondiente análisis de los resultados, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis.

- La interpretación y discusión de los resultados se realizó con el apoyo del marco teórico.
- El establecimiento de conclusiones y recomendaciones se desarrolló a partir de los objetivos específicos que guiaron hacia la obtención de los resultados.
- De acuerdo con los resultados de la Evaluación del Impacto Ambiental y según los resultados de las cargas contaminantes se diseñaron los procesos de unaplanta de tratamiento de las aguas residuales de la planta agroindustrial bajo estudio.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACION DE LAS CARGAS DE CONTAMINANTES APORTADAS POR LAS AGUAS RESIDUALES

4.1.1. Cálculo del caudal

Cuadro 4.1.
Caudales calculados.

MEDICIÓN No.	SEMANA No. 1		SEMANA No. 2		CAUDAL MEDIO GLOBAL (m ³ /d)	D.E. (m ³ /d)	C.V. (%)
	CAUDALES A LAS 11H00 (m ³ /d)	CAUDALES A LAS 15H00 (m ³ /d)	CAUDALES A LAS 11H00 (m ³ /d)	CAUDALES A LAS 15H00 (m ³ /d)			
1	1,15	1,19	1,08	1,04	1,12	0,07	6,06
2	1,26	1,29	1,35	1,23	1,28	0,05	3,99
3	1,34	1,36	1,3	1,31	1,33	0,03	2,07
4	1,42	1,15	1,24	1,22	1,26	0,12	9,15
5	1,08	1,13	1,17	1,11	1,12	0,04	3,36
6	1,27	1,18	1,12	1,34	1,23	0,10	7,91
7	1,16	1,32	1,06	1,16	1,18	0,11	9,15
8	1,22	1,24	1,10	1,09	1,16	0,08	6,75
9	1,14	1,20	1,25	1,30	1,22	0,07	5,60
10	1,21	1,31	1,19	1,13	1,21	0,07	6,18
CAUDAL MEDIO (m ³ /d)	1,23	1,24	1,19	1,19	CAUDAL MEDIO GLOBAL	1,21m³/d	
D.E.(m ³ /d)	0,10	0,08	0,10	0,10			
C.V.(%)	8,29	6,38	8,24	8,60			

Elaborado por: Bernal, A. 2014.

En el Cuadro 4.1 se presentan los datos obtenidos y utilizados para el cálculo del caudal medio diario que generan las operaciones de los talleres de la planta bajo estudio, se observa que el caudal medio global calculado es de 1,21 m³/d, con desviaciones estándar (D.E.) y coeficientes de variabilidad (C.V.) suficientemente bajos (siempre por debajo de 9,16%) como para considerarlo significativamente confiable para el diseño. Además se puede observar una variación del caudal ya que en los caudales de las aguas residuales ocurren variaciones horarias (con las horas del día), diarias (con los días de la semana) y cíclicas (con las estaciones del año), de acuerdo con los usos y las costumbres de la población, además de la temperatura y la precipitación atmosférica de la región, tal y como lo sostiene. Metcalf y Eddy, (1998).

4.1.2. Cálculo de las cargas contaminantes

Para la determinación de las cargas se procede a realizar los productos del caudal medio global calculado por cada una de las concentraciones medias de cada parámetro indicador de la contaminación como muestra el Anexo II. Los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2.
Cargas contaminantes determinadas.

PARÁMETRO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN MEDIA	CARGA CONTAMINANTE	UNIDAD	LIMITES PERMISIBLES
pH	-----	6,2	----- ---	----- -	5 – 9
Sólidos Totales	mg/L	12443	75,3	kg/d	1600
Sólidos Suspendidos	mg/L	4260	25,75	kg/d	1,0
Sólidos Sedimentables	mg/L	3730	22,55	kg/d	-----
Sólidos Disueltos	mg/L	8168	49,4	kg/d	1599
Grasas totales	mg/L	621	3,75	kg/d	0,3
Nitrógeno Total	mg/L	452	2,75	kg/d	15
Fósforo Total	mg/L	56	0,35	kg/d	10
Proteína	mg/L	2469	14,95	kg/d	
DQO	mg/L	6123	37,05	kg/d	250
DBO ₅ soluble	mg/L	2514	15,2	kg/d	100
Coliformes totales	NMP/100 cm ³	2,58 * 10 ⁹	1,56 * 10 ¹⁴	NMP/d	Remoción > al 99.9%
Coliformes fecales	NMP/100 cm ³	1,35 * 10 ⁵	8,15 * 10 ⁸	NMP/d	Remoción > al 99.9%

Elaborado por: Bernal, A. 2014.

Se puede apreciar en el Cuadro 4.2. que las aguas residuales de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ, presentan Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Sólidos Disueltos Totales, Grasas

Totales, Nitrógeno Total, Fósforo Total, DQO de 6, DBO₅ soluble, Coliformes Totales, y Coliformes Fecales, . Tal y como lo afirma Crite, (2000), “el agua residual está conformada de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos”, se puede notar la presencia de materiales físicos, químicos y biológicos en los resultados, ya que se trata de una planta donde se procesa materia prima para obtener productos agroindustriales.

Las características de estas aguas residuales, según grasas totales (621 mg/dm³) que aportan una carga diaria de 0,75 kg, Sólidos Suspendidos el 34% de la de Sólidos Totales y, el 88% de los Suspendidos corresponden a Sedimentables, así como sugiere Crites, (2000) la presencia de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición, el agua es apenas el medio de transporte de los sólidos.

El contenido de grasas totales (621 mg/dm³) aportan una carga diaria de 0,75 kg, la presencia de alto contenido de grasas según Crites, (2000), es altamente indeseable, porque se adhiere a las tuberías, provocando su obstrucción. Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc.

La presencia de proteínas se debe al origen de la materia prima, así lo asegura Crite, (2000) “las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales”.

Según Escuela Universitaria Politécnica De Sevilla, (2009), los coliformes al ser materias de tipo orgánico absorben hasta su mineralización una cierta cantidad de oxígeno, debido a los procesos químicos o biológicos de oxidación que se producen en el agua, además sostiene que el índice para medir este fenómeno

puede efectuarse mediante el análisis de parámetros como: Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno y Oxígeno Disuelto.

En el Cuadro 4.2 se observan concentraciones promedios de Sólidos Totales de 12 443 mg/dm³, Sólidos Suspendidos Totales de 4 260 mg/dm³, Sólidos Sedimentables de 3 730 mg/dm³, Sólidos Disueltos Totales de 8 168 mg/dm³, Grasas Totales de 621 mg/dm³, Nitrógeno Total de 452 mg/dm³, Fósforo Total de 56 mg/dm³, DQO de 6 123 mg/dm³, DBO₅ soluble de 2 514 mg/dm³, Coliformes Totales de 2,58 * 10⁹ NMP/100 cm³, y Coliformes Fecales de 1,35 * 10⁵ NMP/100 cm³. promedios que fueron calculados a partir de los análisis físico-químicos respectivos (Ver Anexo III). Todas estas cifras se encuentran por sobre el nivel permitido según Anexo 1 Del LIBRO VI DEL Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua, (Anexo I).

Debido al contenido elevado de aceites y grasas es necesario un sistema conformado por una trampa de grasas, como lo sugiere la Organización Panamericana de la Salud (2011): “entre los procesos primarios uno de los más significativos en el tratamiento de aguas residuales agroindustriales que más se utiliza es la trampa de grasas, debido al alto contenido de estas y de aceites que presentan”. El hecho de que la carga de Sólidos Suspendidos sea el 34% de la de Sólidos Totales y, el 88% de los Suspendidos corresponden a Sedimentables, sugiere que el segundo proceso al que deben ser sometidos los residuos líquidos bajo estudio, es el de sedimentación primaria por cuanto Ramalho, (1990), sostiene que “la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar u oxidar la materia orgánica de las aguas residuales tanto industriales como urbanas por vía aerobia.”, concordando con lo que dice Gil, (2006), al respecto de que “tiene una apreciable aceptación en el tratamiento de aguas residuales domésticas y agroindustriales, principalmente por su gran efectividad entre el 75 y el 95%, poca producción de

lodo y sencillez en su funcionamiento“ y que “el sedimentador secundario se considera parte del sistema conjuntamente con el tanque de aireación.”

Debido a la presencia de compuestos de alta masa molecular y a los valores elevados de DBO_5 y de DQO, Guerrero, Chamy y Rivadeneira, (2010), sugieren la digestión anaerobia que según estos autores consiste en “la oxidación, en ausencia de oxígeno disuelto, de la materia orgánica, mayoritariamente soluble, presente en el agua residual, mediante la acción del complejo multienzimático de bacterias anaerobias, divididas en acidogénicas, que comportan la primera fase degradando los compuestos de alta masa molar (carbohidratos, proteínas, lípidos, etc.) hasta convertirlos en ácidos orgánicos de relativamente baja masa molar. A continuación operan las bacterias anaerobias metanogénicas, que transforman los ácidos orgánicos en metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) gaseosos (biogás), así como menores cantidades de sulfuro de hidrógeno (SH_2), vapor de agua, principalmente”

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

Para la determinación de la calidad del área de influencia directa se procedió a la evaluación de una Matriz de Leopold, adecuadamente diseñada a las características de la planta bajo estudio, así como a las condiciones de dicha área.

En el Cuadro 4.3 se presenta la referida matriz causa efecto, donde en las columnas se han colocado las actividades del proyecto susceptibles de causar modificaciones ambientales y, en las filas, los componentes o factores ambientales que ellas pueden modificar.

Cuadro 4.3. Matriz de Leopold evaluada Ex – Post.

COMPONENTES AMBIENTALES		ACCIONES									AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	AGREGACIÓN DE IMPACTOS
		Recepción de materias primas	Operación de la planta	Residuos líquidos	Emissiones a la atmósfera	Emisión de malos olores	Ruidos y vibraciones	Generación de desechos sólidos	Demanda de agua	Riesgos de accidentes (colisiones, caídas, etc.)			
		a	l	B	c	d	e	f	g	h			
1	Calidad de Aire	-1/3		-3/3	-3/3	-1/3	-1/2	-1/2	-2/3	-3/3	0	8	-43
2	Calidad de Aguas Superficiales	-1/2						-1/1	-2/2	-1/2	0	4	-9
3	Calidad de Aguas Subterráneas						-1/2	-1/2	-1/2	-1/1	0	4	-7
4	Calidad del suelo	-1/1					-2/2		-2/2	-2/1	0	4	-11
5	Cobertura Vegetal			-1/1			-2/2		-1/2	-2/1	0	4	-9
6	Flora terrestre			-1/1	-1/1		-1/2		-1/2	-2/1	0	5	-8
7	Fauna terrestre			-1/1	-1/1		-1/2		-1/2	-1/1	0	5	-7
8	Modo de vida local	-1/1		-1/1	-1/1	-1/1	-1/1		-1/1	-1/1	0	7	-7
9	Uso del Suelo	-1/1					-1/1		-2/2	-2/2	0	4	-10
10	Higiene y Seguridad laboral	-2/2		-2/2	-1/2	-3/3	-2/2		-3/3	-3/3	0	7	-41
11	Educación, vinculación e investigación	2/2	3/3		-1/2	-2/2	-1/2			-3/3	2	4	-4
12	Salud Humana	-1/2	-1/2	-1/1	-1/2	-3/3	-1/1	-2/2	-1/2	-3/3	0	9	-32
13	Empleo	1/1	3/2							-2/2	2	1	3
14	Paisaje y Recreación			-1/1	-1/1	-1/1		-2/1		-2/2	0	5	-9
AFECTACIONES POSITIVAS		2	2	0	0	0	0	0	0	0	4		
AFECTACIONES NEGATIVAS		7	1	8	8	6	11	5	11	14		71	
AGREGACIÓN DE IMPACTOS		-9	13	-19	-19	-27	-25	-11	-38	-59			-194

Elaborado por: Bernal, A. 2014.

El análisis e interpretación de los resultados de la Evaluación del Impacto Ambiental de los Talleres de Agroindustria de la UTEQ se realiza sobre la base del número de cuadrículas de interacción efectiva ($4 + 71 = 75$), multiplicado por el máximo valor agregado de cada una ($-3 \times 3 = -9$) y, por lo tanto, $75 (-9) = -675$; que es el máximo valor posible efectivo a obtener en la matriz, para la agregación de todos los impactos, tanto positivos como negativos. Con esta base se calcula el porcentaje obtenido para la matriz totalizada:

$$\left(\frac{-194}{-675} \right) 100 = 28,7 \cong 29\%$$

CATEGORÍA	RANGO
Muy Alta Adversidad	80 - 100
Alta Adversidad	60 – 79
Mediana Adversidad	40 – 59
Baja Adversidad	20 – 39
Muy BajaAdversidad	0 – 19

De acuerdo con las categorías evaluativas consideradas previamente, la Evaluación del Impacto Ambiental Ex – Post de los Talleres de la carrera de Agroindustria de la facultad de Ingeniería de la UTEQ, resulta como de baja adversidad (29%), aunque habrá que atender las actividades operacionales según el siguientes análisis.

Las acciones de los flujos de producción, desde el punto de vista macro, como el riesgo de accidente (-59), la demanda de agua (-38), la emisión de malos olores (-27) y producción de ruidos y vibraciones (-25) son las que más afectan a los componentes ambientales considerados. De otra parte, los factores ambientales más negativamente afectados resultaron ser la calidad de aire (-43), la higiene y seguridad laboral (-41) y la salud humana (-32).

4.4. PERCEPCIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO A LOS TALLERES DE AGROINDUSTRIA DE LA UTEQ.

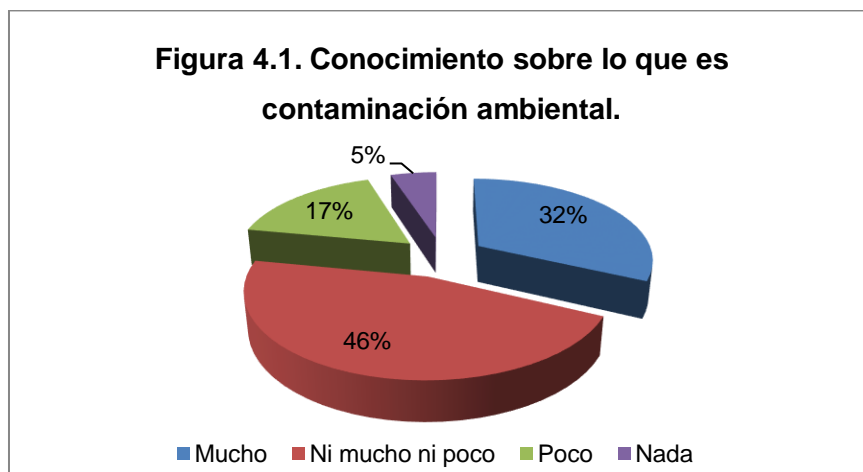
Para conocer la percepción de la comunidad universitaria sobre las características del entorno de la planta piloto de proceso agroindustriales, se aplicó el instrumento de encuestas al personal docente y alumnado de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la UTEQ, las preguntas realizadas se las puede observar en el cuadro N° 3.2., siendo las siguientes:

a) ¿Conoce usted qué es contaminación ambiental?

Cuadro 4.4.
Conocimiento sobre lo que es contaminación ambiental.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	32	32
Ni mucho ni poco	46	46
Poco	16	16
Nada	06	06
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2013.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

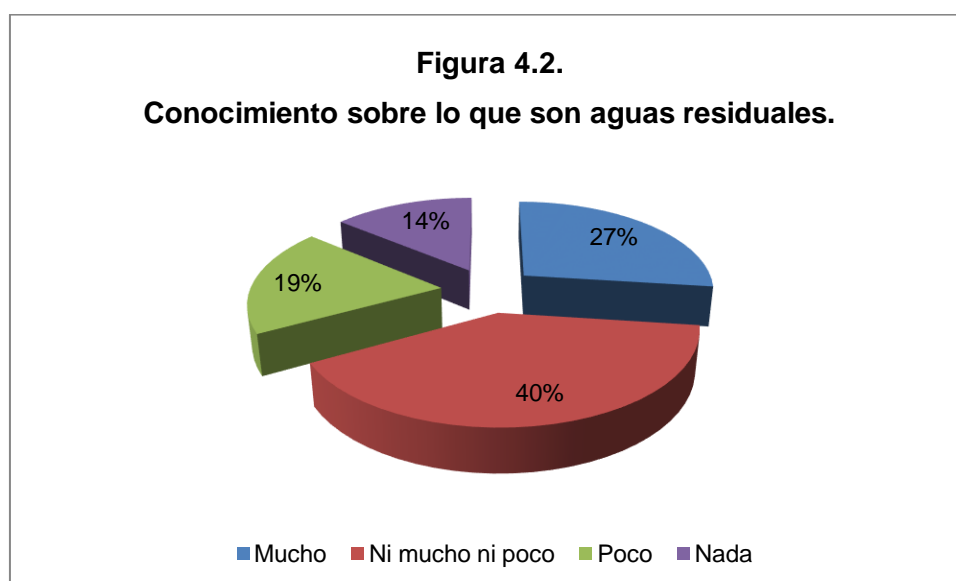
Se observa que el 32% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en que tiene mucho conocimiento sobre lo que es contaminación ambiental. Una mayoría relativa del 46% considera que dicho conocimiento es ni mucho ni poco. El 16% estima conocer poco sobre esta temática; mientras que una minoría del 6% concuerda en que nada saben al respecto. Se aprecia que una mayoría significativa del 78% reconoce tener entre mucho y ni mucho ni poco conocimiento sobre contaminación ambiental.

b) ¿Conoce usted qué son aguas residuales?

Cuadro 4.5.
Conocimiento sobre lo que son aguas residuales.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	27	27
Ni mucho ni poco	40	40
Poco	19	19
Nada	14	14
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2013.

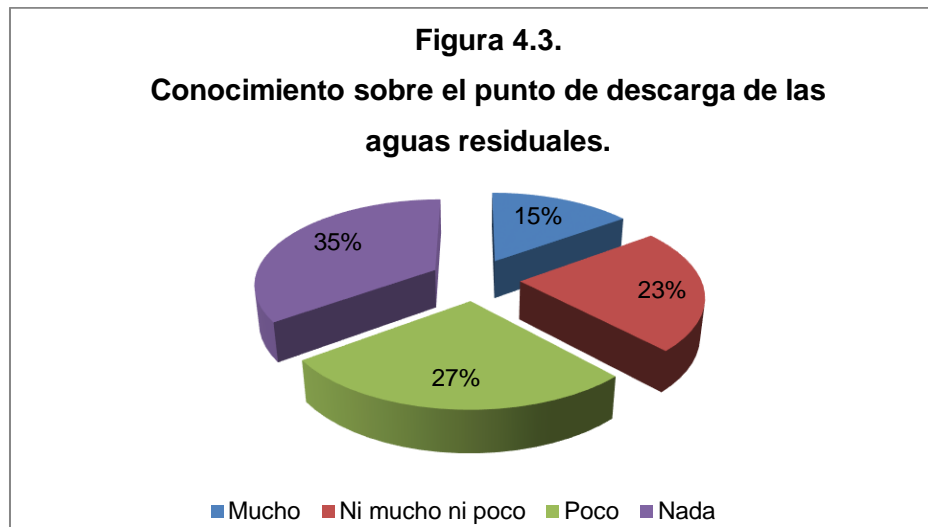
Se observa que el 27% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en que tiene mucho conocimiento sobre lo que lo que son aguas residuales. Una mayoría relativa del 40% considera que dicho conocimiento no es mucho ni poco. El 19% estima conocer poco sobre esta temática; mientras que una minoría del 14% concuerda en que nada saben al respecto. Se aprecia que una mayoría significativa del 67% reconoce tener entre mucho y ni mucho ni poco conocimiento sobre lo que lo que son aguas residuales.

- c) ¿Sabe usted a dónde se descargan las aguas provenientes de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ?

Cuadro 4.6.
Conocimiento sobre el punto de descargalasaguas residuales.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	15	15
Ni mucho ni poco	23	23
Poco	27	27
Nada	35	35
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Se observa sólo el 15% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en que tiene mucho conocimiento sobre el punto de descarga las aguas residuales. El 23% considera que dicho conocimiento es ni mucho ni poco. El 27% estima conocer poco sobre esta temática; mientras que una mayoría relativa del 35% concuerda en que nada saben al respecto. Se aprecia que una mayoría significativa del 62% reconoce tener poco o ningún conocimiento sobre el punto de descarga las aguas residuales.

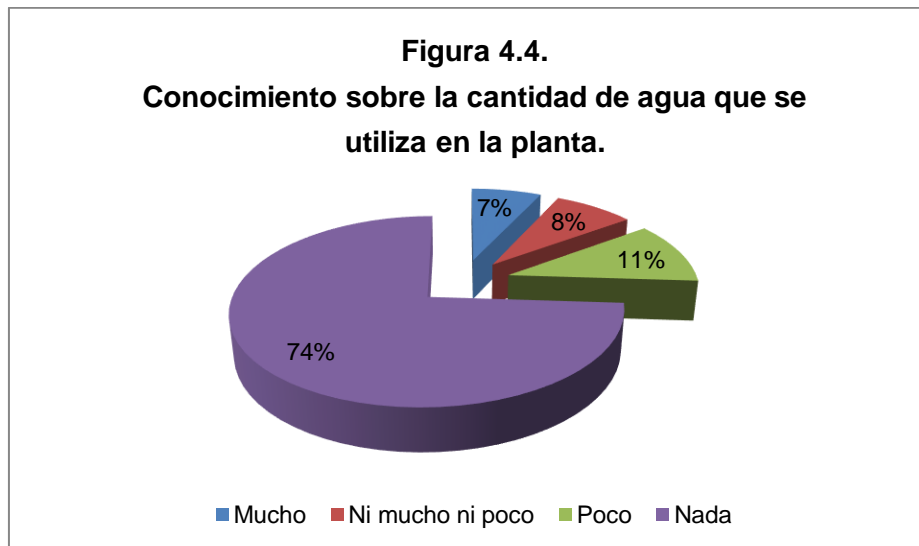
d) ¿Sabe usted qué cantidad de agua se utiliza normalmente en la planta?

Cuadro 4.7.

Conocimiento sobre la cantidad de agua que se utiliza en la planta.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	07	07
Ni mucho ni poco	08	08
Poco	11	11
Nada	74	74
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

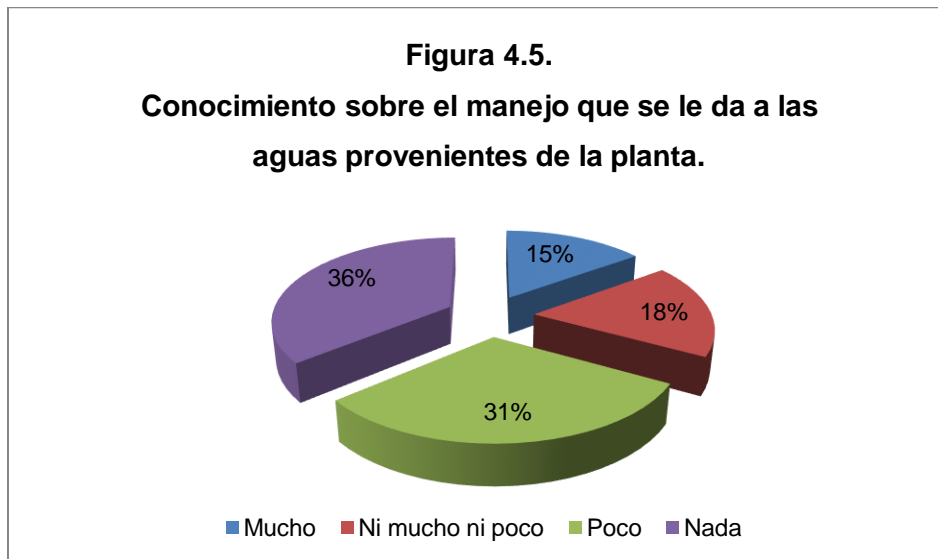
Se observa sólo el 7% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en que tiene mucho conocimiento sobre la cantidad de agua se utiliza normalmente en la planta. El 8% considera que dicho conocimiento es ni mucho ni poco. El 11% estima conocer poco sobre esta temática; mientras que una mayoría del 74% concuerda en que nada saben al respecto. Se aprecia que una mayoría significativa del 85% reconoce tener poco o ningún conocimiento sobre la cantidad de agua se utiliza normalmente en la planta.

e) ¿Conoce cuál es el manejo que se le da a las aguas provenientes de la planta?

Cuadro 4.8.
Conocimiento sobre el manejo que se le da a las aguas provenientes de la planta.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	15	15
Ni mucho ni poco	18	18
Poco	31	31
Nada	36	36
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Se observa sólo el 15% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en que tiene mucho conocimiento sobre el manejo que se le da a las aguas provenientes de la planta. El 18% considera que dicho conocimiento es ni mucho ni poco. El 31% estima conocer poco sobre esta temática; mientras que una mayoría relativa del 36% concuerda en que nada

saben al respecto. Se aprecia que una mayoría significativa del 67% reconoce tener poco o ningún conocimiento sobre el manejo que se le da a las aguas provenientes de la planta.

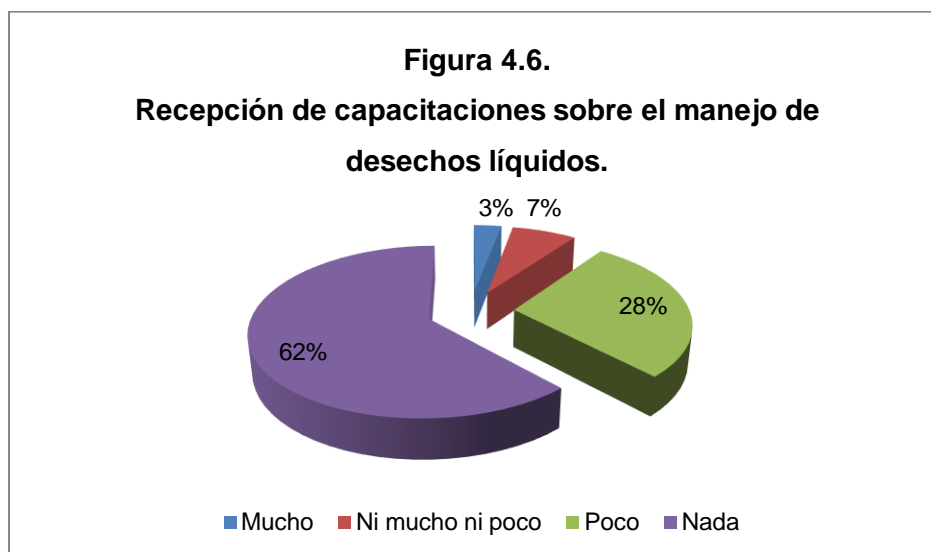
f) ¿Ha recibido capacitacionessobre el manejo de desechos líquidos?

Cuadro 4.9.

Recepción de capacitaciones sobre el manejo de desechos líquidos.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	03	03
Ni mucho ni poco	07	07
Poco	28	28
Nada	62	62
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Se observa sólo el 3% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en que ha recibido muchas capacitaciones sobre el manejo de desechos líquidos. El 7% considera que dicha educación es ni

mucha ni poca. El 28% estima haber recibido poca capacitación en esta temática; mientras que una mayoría del 62% concuerda en que nada han recibido al respecto. Se aprecia que una mayoría significativa del 90% reconoce haber recibido poco o ninguna capacitación sobre el manejo de desechos líquidos.

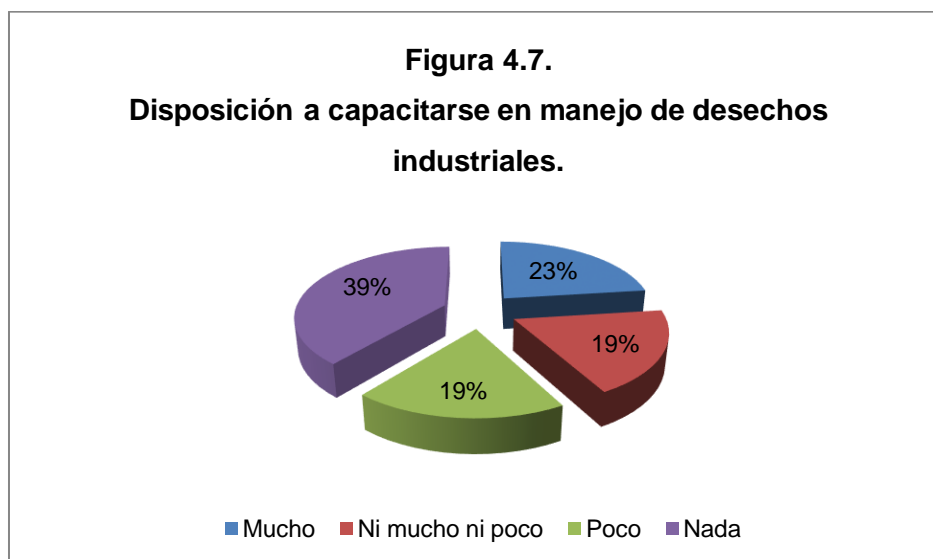
g) ¿Estaría dispuesto (a) a capacitarse en manejo de desechos industriales?

Cuadro 4.10.

Disposición a capacitarse en manejo de desechos industriales.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	23	23
Ni mucho ni poco	19	19
Poco	19	19
Nada	39	39
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Se observa sólo el 23% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en que está muy dispuesto a capacitarse en manejo de

desechos industriales. El 19% considera que dicha disposición es ni mucha ni poca. Otro 19% estima estar poco dispuesto a capacitarse en esta temática; mientras que una mayoría relativa del 39% concuerda en que no está dispuesto a ello. Se aprecia que una mayoría significativa del 58% reconoce tener poco o ningún interés en capacitarse sobre manejo de desechos industriales.

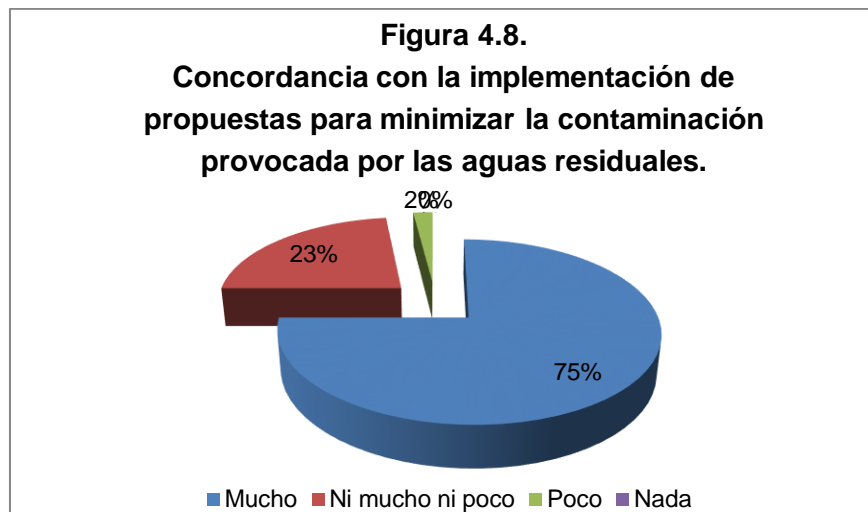
h) ¿Estaría usted de acuerdo en que se planteen e implementen propuestas para minimizar la contaminación provocada por las aguas residuales?

Cuadro 4.11.

Concordancia con la implementación de propuestas para minimizar la contaminación provocada por las aguas residuales.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	75	75
Ni mucho ni poco	23	23
Poco	2	2
Nada	0	0
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Se observa que una mayoría absoluta del 75% de la muestra representativa de la población de encuestados coincide en estar de acuerdo en que se planteen e implementen propuestas para minimizar la contaminación provocada por las aguas residuales. El 23% considera que dicha concordancia es ni mucha ni poca. El 2% estima estar poco de acuerdo sobre ello; mientras que ningún encuestado está en desacuerdo con ello. Se aprecia que una mayoría significativa del 98% tiene mucho y ni mucho ni poco deseo de que implementen propuestas para minimizar la contaminación provocada por las aguas residuales.

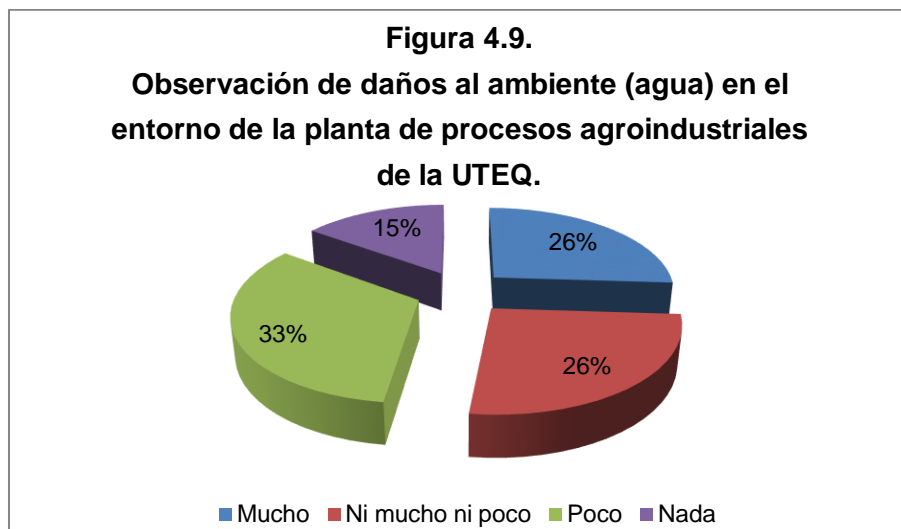
- i) ¿Ha observado daños al ambiente (agua) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ?

Cuadro 4.12.

Observación de daños al ambiente (agua) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	26	26
Ni mucho ni poco	26	26
Poco	33	33
Nada	15	15
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

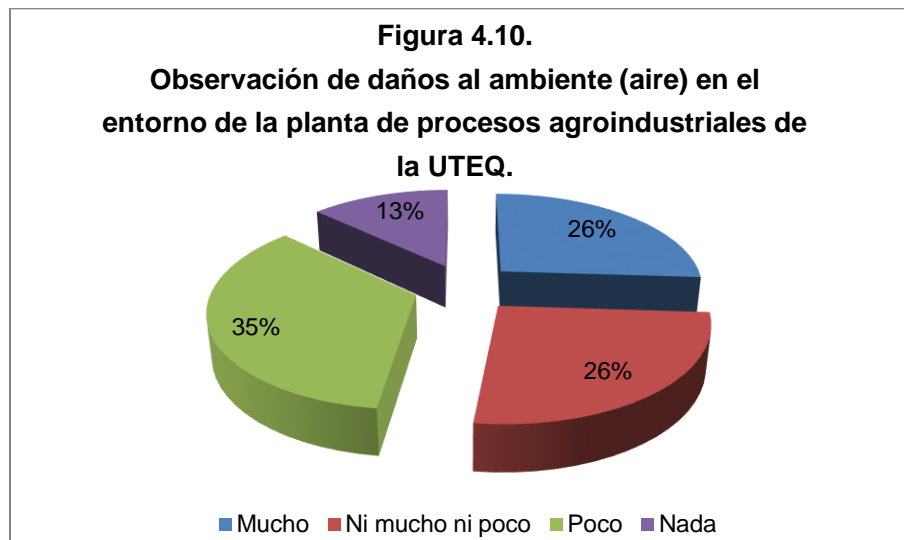
Se aprecia que el 26% ha observado muchos daños al ambiente (agua) en el entorno de la planta de procesos, mientras que otro 26% estima que dicha observación es ni mucha ni poca. El 33% considera haber observado poco este fenómeno. Una minoría del 15% nada ha observado al respecto. Una mayoría del 52% ha observado entre mucha y ni mucha ni poca afectación del recurso agua debido a la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

j) ¿Ha observado daños al ambiente (aire) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ?

Cuadro 4.13.
Observación de daños al ambiente (aire) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	26	26
Ni mucho ni poco	26	26
Poco	35	35
Nada	13	13
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

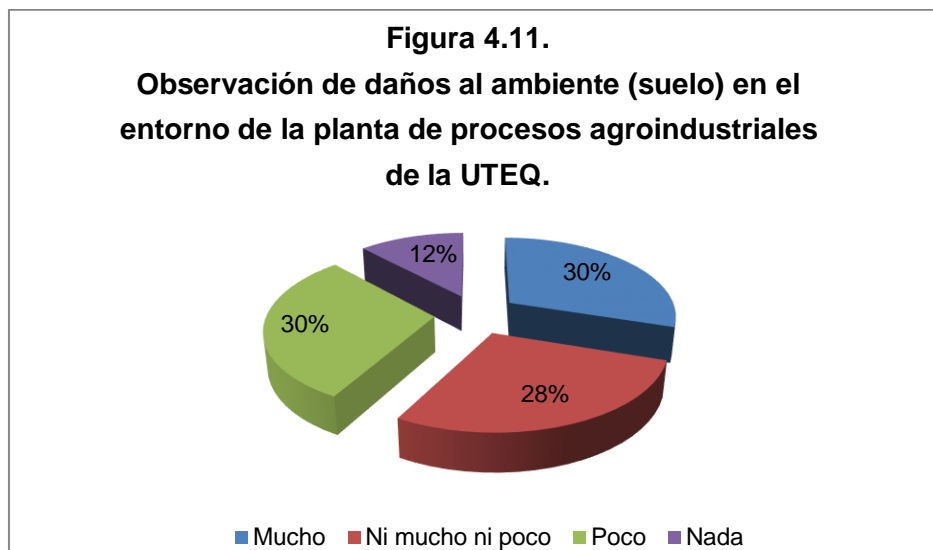
Se aprecia que el 26% ha observado muchos daños al ambiente (aire) en el entorno de la planta de procesos, mientras que otro 26% estima que dicha observación es ni mucha ni poca. El 35% considera haber observado poco este fenómeno. Una minoría del 13% nada ha observado al respecto. Una mayoría del 52% ha observado entre mucha y ni mucha ni poca afectación del recurso aire debido a la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

k) ¿Ha observado daños al ambiente (suelo) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ?

Cuadro 4.14.
Observación de daños al ambiente (suelo) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	30	30
Ni mucho ni poco	28	28
Poco	30	30
Nada	12	12
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

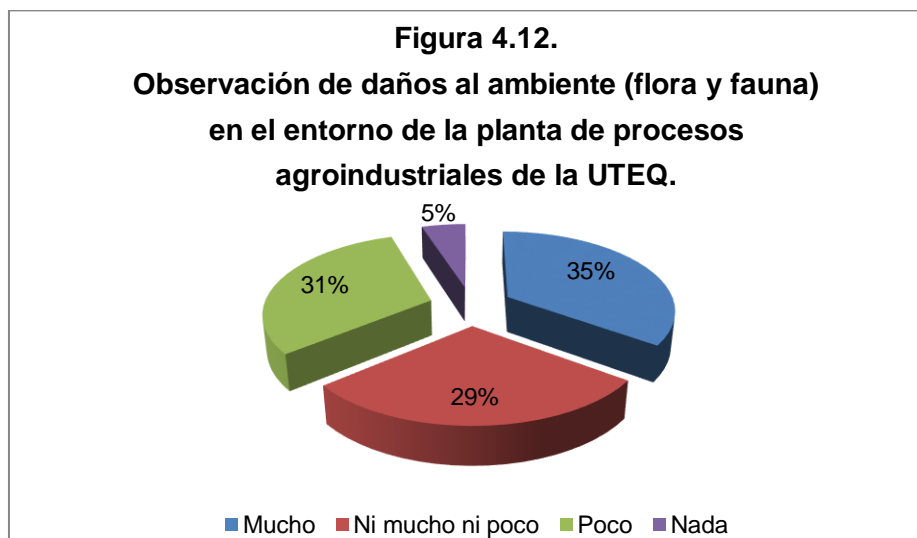
Se aprecia que el 30% ha observado muchos daños al ambiente (suelo) en el entorno de la planta de procesos, mientras que el 28% estima que dicha observación es ni mucha ni poca. El 30% considera haber observado poco este fenómeno. Una minoría del 12% nada ha observado al respecto. Una mayoría del 58% ha observado entre mucha y ni mucha ni poca afectación del recurso suelo debido a la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

- l) ¿Ha observado daños al ambiente (flora y fauna) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ?

Cuadro 4.15.
Observación de daños al ambiente (flora y fauna) en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	35	35
Ni mucho ni poco	29	29
Poco	31	31
Nada	05	05
TOTAL	100	100

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Se aprecia que el 35% ha observado muchos daños al ambiente (flora y fauna) en el entorno de la planta de procesos, mientras que el 29% estima que dicha observación es ni mucha ni poca. El 31% considera haber observado poco este fenómeno. Una minoría del 5% nada ha observado al respecto. Una mayoría del 58% ha observado entre mucha y ni mucha ni poca afectación de los recursos flora y fauna debido a la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

m) ¿Ha observado daños a la salud humana en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ?

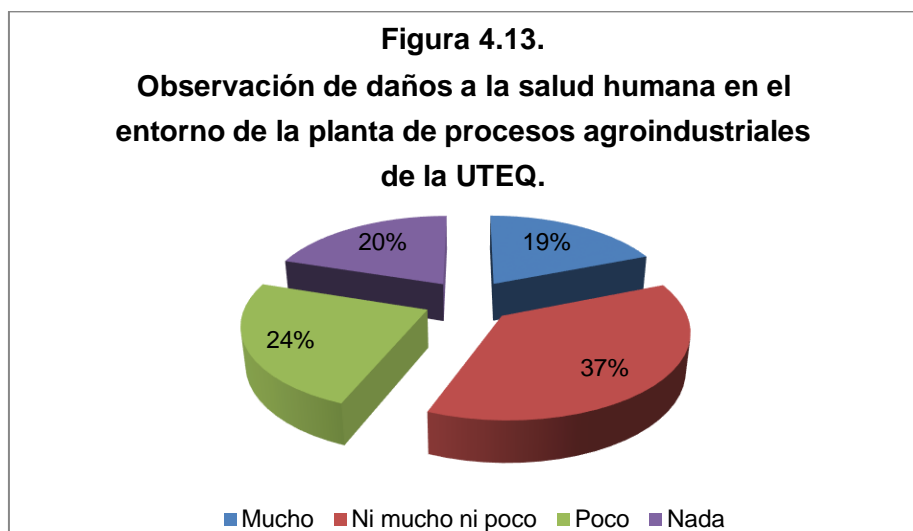
Cuadro 4.16.

Observación de daños a la salud humana en el entorno de la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mucho	19	19
Ni mucho ni poco	37	37
Poco	24	24
Nada	20	20

TOTAL	100	100
-------	-----	-----

Elaborado por: Bernal, A. 2014.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

Se aprecia que el 19% ha observado muchos daños a la salud humana en el entorno de la planta de procesos, mientras que el 37% estima que dicha observación es ni mucha ni poca. El 24% considera haber observado poco este fenómeno. Una minoría del 20% nada ha observado al respecto. Una mayoría del 56% ha observado entre mucha y ni mucha ni poca afectación de la a la salud humana debido a la planta de procesos agroindustriales de la UTEQ.

4.6. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El sistema hipotético se contrasta, considerando los resultados, tanto de la Evaluación del Impacto Ambiental, a través de la metodología de Leopold, como de la aplicación de la técnica de encuesta a una muestra representativa de la población de estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería de la UTEQ.

La verificación es la siguiente: se acepta la hipótesis nula de que “el manejo de las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ,

determina una calidad ambiental no satisfactoria en su entorno”, pero de manera reservada, por cuanto la Evaluación del Impacto Ambiental (29%) fue de “Baja Adversidad” y, en los resultados de la encuesta se apreció la percepción criterial, relativamente mayoritaria, sobre afectaciones negativas a los componentes ambientales considerados.

4.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.5.1. Conclusiones

- a) Las aguas residuales de los talleres de la carrera de Ingeniería Agroindustrial se caracterizan por producirse según un caudal medio de $1,21 \text{ m}^3/\text{d}$, con concentraciones promedio de Sólidos Totales de $12\,443 \text{ mg/L}$, Sólidos Suspendedos Totales de $4\,260 \text{ mg/L}$, Sólidos Sedimentables de $3\,730 \text{ mg/L}$, Sólidos Disueltos Totales de $8\,168 \text{ mg/dm}^3$, Grasas Totales de 621 mg/L , Nitrógeno Total de 452 mg/L , Fósforo Total de 56 mg/dm^3 , DQO de $6\,123 \text{ mg/dm}^3$, DBO_5 soluble de $2\,514 \text{ mg/L}$, Coliformes Totales de $2,58 * 10^9 \text{ NMP}/100 \text{ cm}^3$, y Coliformes Fecales de $1,35 * 10^5 \text{ NMP}/100 \text{ cm}^3$.
- b) Las cargas de contaminantes aportadas por las aguas residuales talleres de la carrera de Ingeniería Agroindustrial se vierten a razón de: $75,3 \text{ kg/d}$ de Sólidos Totales; $25,75 \text{ kg/d}$ de Sólidos Suspendedos Totales; $22,55 \text{ kg/d}$ de Sólidos Sedimentables; $49,4 \text{ kg/d}$ de Sólidos Disueltos Totales; $3,75 \text{ kg/d}$ de Grasas Totales; $2,75 \text{ kg/d}$ de Nitrógeno Total; $0,35 \text{ kg/d}$ de Fósforo Total; $37,05 \text{ kg/d}$ de DQO; $15,20 \text{ kg/d}$ de DBO_5 soluble; $1,56 * 10^{14} \text{ NMP/d}$ de Coliformes Totales y; $8,15 * 10^8 \text{ NMP/d}$ de Coliformes Fecales.
- c) Las características de estas aguas residuales, según su elevado contenido de grasas totales (621 mg/dm^3) que aportan una carga diaria de $0,75 \text{ kg}$, son indicativas de que se emplee como primer proceso unitario de la planta de tratamiento, un sistema conformado por una trampa de grasas y; el hecho de que la carga de Sólidos Suspendedos sea el 34% de la de Sólidos Totales y, el 88% de los Suspendedos corresponden a Sedimentables, sugiere que el segundo proceso al que deben ser sometidos los residuos líquidos bajo estudio, es el de

sedimentación primaria. A continuación y, siguiendo la siguiente secuencia, el agua se someterá a Digestión Anaerobia, que soporta altas cargas de DBO_5 y de DQO, Laguna Aireada, como proceso aireado de alta eficiencia al ser sometido a cargas orgánicas ya más bajas, con su consecuente sedimentador secundario y, por último se someten los lodos de esta última operación, al espesamiento y envasado de los lodos, para el mercado de abonos orgánicos.

- d) La calidad del área de influencia directa del accionar de los talleres de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, según evaluaciones mediante la metodología de Leopoldarrojan resultados favorables.
- e) A través de la percepción ciudadana (estudiantes y docentes de dicha área del saber, resulto aparentemente propicia.
- f) Como propuesta a los requerimientos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ se diseñaron los procesos de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ que comprendieron las etapas de entrapamiento de grasas – sedimentación primaria, digestión anaerobia convencional, oxidación biológica aerobia mediante un sistema de lodos activados convencional, seguido de la correspondiente sedimentación secundaria.

4.5.2. Recomendaciones

- a) Optimizar los procesos con el uso eficiente del agua, así como el contenido de materias primas e insumos por unidad de producción utilizando buenas prácticas de control de la contaminación.
- b) Diseñar normas de cargas en vez de concentraciones, que sirvan para evaluar los vertidos de las aguas residuales para mejorar las condiciones de las descargas de aguas residuales.
- c) Aplicar una tecnología sustentable como la depuración natural del agua residual, que debe servir como referencia en la solución de contaminaciones hídricas, en otras instalaciones, de la UTEQ.
- d) Manejar eficientemente los desechos sólidos procedentes de la planta antes de eliminarlos al ambiente para disminuir la contaminación ambiental.
- e) Implementar el sistema de tratamiento de las aguas residuales dimensionado y propuesto, para reducir la contaminación de aguas residuales provenientes de la planta.

CAPÍTULO V

LA PROPUESTA

5.1. DATOS INFORMATIVOS

Tema:	Diseño de un sistema de procesos de tratamiento para las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ.
Institución ejecutora:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Beneficiarios:	Estudiantes de la UTEQ, docentes, empleados y trabajadores de la UTEQ, docentes invitados a actividades de postgrado y otras, estudiantes que cursan programas de maestría y otros cursos de pre y postgrado, visitantes en general.
Ubicación:	Campus "Ingeniero Manuel Haz Álvarez", Ave. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los Tsachilas, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
Tiempo estimado:	Duración: 6 meses. Inicio: Julio 2015. Terminación: Enero 2016.
Equipo técnico responsable:	Docentes de las Facultades de Ciencias Ambientales y de Ingeniería.

5.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Las aguas residuales industriales provienen de los diferentes procesos fabriles y su composición varía según el tipo de producción e incluso para un mismo proceso industrial, así, presentan características diferentes en industrias diferentes y, el tipo de proceso de tratamiento en la reducción de su agresividad ambiental está determinado por las mismas.

Con énfasis en el siglo XX, a raíz de las dos grandes guerras mundiales, se comenzó el desarrollo de las tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales, tanto urbanas como industriales y, los estudios estuvieron y aún están dirigidos a establecer los criterios básicos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, puesta en marcha, operación, y mantenimiento de los sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y capacitación de los trabajadores, dependiendo estos de las características físicas, químicas y biológicas de los residuos, así como respetando las disposiciones ambientales vigentes, establecidas en la Legislación ambiental. Tulsma (2015).

Desde el punto de vista de la ingeniería ambiental, el propósito es el dimensionamiento de los diferentes órganos de tratamiento y, una vez que desde el ángulo civil se hayan construido dichos órganos, garantizar la puesta en marcha y funcionamiento operacional de la planta y sus mantenimientos.

5.3. JUSTIFICACIÓN

Las aguas residuales industriales se caracterizan por sus contenidos de sustancias y compuestos que indican contaminación del ambiente, una vez que estos sean descargados al mismo, ya sea en corrientes de agua o en el suelo, e inclusive, el aire puede afectarse por los malos olores que desprenden por sí mismos o por los productos intermedios y finales asociados a los procesos naturales a que la naturaleza los somete.

Particularmente los seres humanos, que mantienen nexos e interacciones con ambientes contaminados, sufren, de alguna u otra forma, la presencia de la contaminación. Es por ello, que la principal utilidad práctica de la implementación de la propuesta, radica en la población beneficiaria de sus

resultados, es decir, los estudiantes, trabajadores y personas en general relacionadas con la UTEQ, los que podrán disfrutar de un entorno mucho más sano donde desarrollar sus actividades académicas, investigativas, administrativas y de extensión universitaria.

5.4. OBJETIVOS

5.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de procesos de tratamiento para las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ.

5.4.2. Objetivos específicos

- a) Diseñar una trampa de grasas considerando los residuos oleicos.
- b) Determinar la capacidad del biodigestor anaerobio.
- c) Dimensionar un sistema de lodos activados con su correspondiente sedimentador secundario.

5.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

- a) Ambiental

La factibilidad ambiental de esta propuesta radica en que, a través de su implementación se mejorará significativamente la calidad del entorno de la UTEQ, particularmente en el área de influencia directa, de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ.

b) Económica

La factibilidad económica de lo que se propone estriba en que las Autoridades de la Institución están imbuidos del mantenimiento o mejoramiento de la categoría obtenida en la última evaluación con fines de acreditación, por lo que han manifestado no sólo el interés, sino que poseen los recursos necesarios para la implementación de la planta.

c) Técnica

Desde el punto de vista técnico, la presente propuesta es factible, por cuanto los procesos seleccionados, están en correspondencia con la experiencia acumulada por los especialistas de las dos facultades involucradas, la de Ciencias Ambientales, a través de la carrera de Ingeniería Ambiental y, la de Ciencias de la Ingeniería, mediante el aporte de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, responsable de la generación del problema.

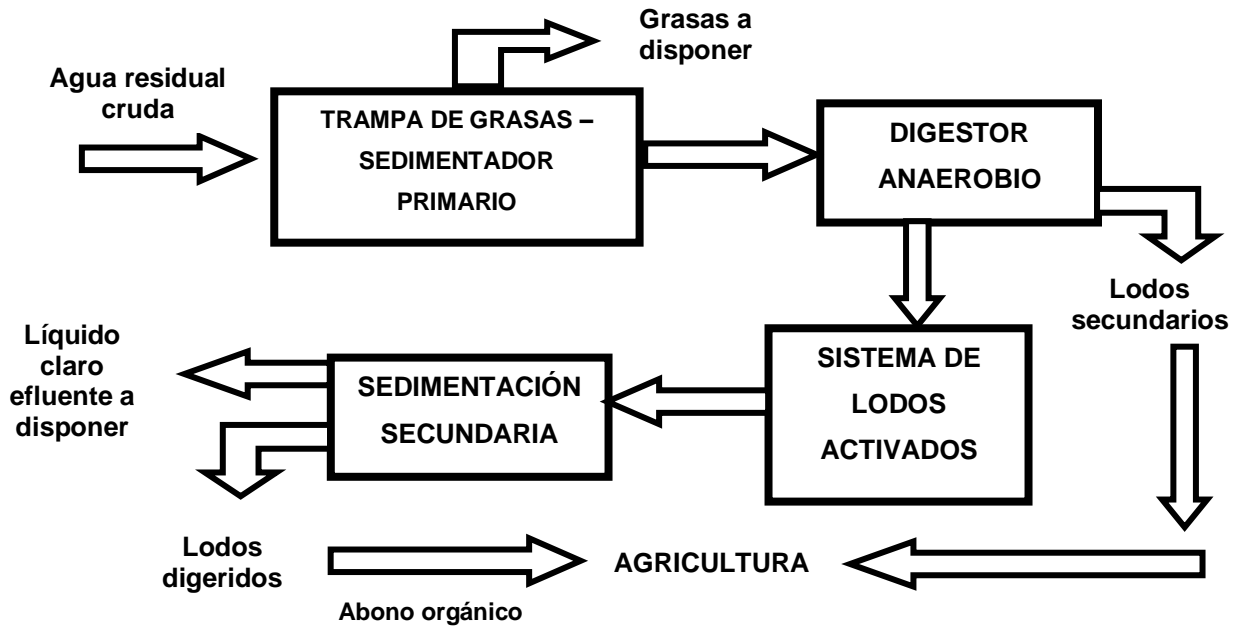
5.6. FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA

5.6.1. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales

En la Figura 6.1 se muestra el diagrama de flujo de procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales de los talleres de Agroindustrias de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ.

Figura 6.1.

Diagrama de flujo de procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales de los talleres de Agroindustrias.



Elaborado por: Bernal, A. 2014.

5.6.2. Dimensionamiento de la Trampa de Grasas – Sedimentador primario

En el Cuadro 6.1 se presentan los criterios de diseño de una trampa de grasa común Lozano – Rivas (2012). En el Cuadro 6.2 se muestran criterios de diseño para volúmenes y dimensiones de la trampa de grasa, según caudales. El diseño de la trampa es como sigue:

Cuadro 6.1.

Criterios de diseño de una trampa de grasa

CARACTERÍSTICA	VALOR O RANGO
Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	Al menos 24 min
Relación Largo/Ancho	Entre 2/1 y 3/2
Profundidad útil:	Mínima: 0,8 m – Máxima: 2,0 m
Dispositivos de ingreso y salida	Tee de 90° y mínimo de 3 pulg de diámetro
Sumergencia del codo de entrada	Mínimo 0,15 m respecto del nivel de salida
Borde libre	0,30 m (mínimo)

Fuente: Lozano-Rivas, W. A. 2014.

Cuadro 6.2.

Dimensiones recomendadas para las trampa grasa, según el caudal de diseño.

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

Fuente: Lozano – Rivas, W. A. 2012.

a) Caudal de diseño = $Q = 6,05 \text{ m}^3/\text{d} < 1 \text{ dm}^3/\text{s}$

b) Se selecciona un volumen de la trampa de grasa de:

- $V = 1,80 \text{ m}^3$ (Volumen)
- Sección rectangular
- $H = 1,50 \text{ m}$ (Profundidad)
- $A = 1,00 \text{ m}$ (Ancho)

- L = 1,20 m (Largo)

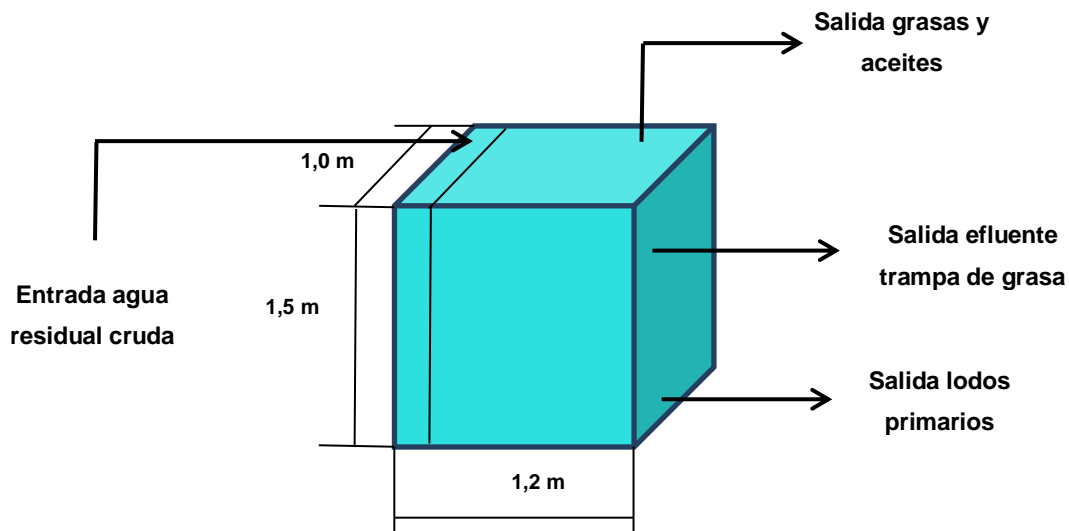
c) Se comprueba el tiempo de retención hidráulico mayor que 24 min.

$$TRH = \frac{V}{Q} = \frac{1,80 \text{ m}^3}{6,05 \text{ m}^3/d}$$

$$TRH = 0,30 \text{ d} = 7,14 \text{ h} = 428 \text{ min} \gg 24 \text{ min}$$

Figura 6.2.

Esquema de la trampa de grasas.



Elaborada por: Bernal, A. 2014.

El TRH es suficiente como para que las partículas sólidas ligeramente más pesadas que el agua, sedimenten al fondo del tanque y sean extraídas como lodos primarios. En la Figura 6.2 se presenta un esquema de la trampa de grasas dimensionada.

5.6.3. Dimensionamiento del Digestor Anaerobio

Se diseña un digestor anaerobio convencional de fase única y de baja carga orgánica. En el Cuadro 6.3 se muestran los coeficientes cinéticos más empleados para la digestión anaerobia de lodos de las aguas residuales domésticas, los cuales serán tomados para este digestor, debido a la relativa similitud entre la carga orgánica de dichos lodos y la del efluente de la trampa de grasas. Chobanoglous y Crites (2003).

Cuadro 6.3.
Coeficientes cinéticos más usuales para la digestión anaerobia de lodos de las aguas residuales domésticas*.

COEFICIENTE	UNIDADES	VALORES	
		RANGO	USUAL
K (Constante de biotratabilidad)	d^{-1}	0,5 – 2,0	1,0
K_s (Constante de saturación del sustrato)	mg DQO/dm ³	500 – 2500	1500
Y (Coeficiente de rendimiento)	mg SSV/mg DQO	0,05 – 0,15	0,1
K_d (Constante de muerte)	d^{-1}	0,02 – 0,05	0,03

Fuente: Crites, R. y Tchobanoglous, G. 1998.

Las ecuaciones de diseño son las siguientes:

$$\theta_c^M = kY - k_d$$

$$\theta_d = (14,29 d)(1,1)$$

$$V = Q \cdot \theta_d$$

Donde:

θ_c^M = Tiempo medio de retención celular (d).

θ_d = Tiempo medio de retención hidráulico (d)

V = Volumen efectivo del digestor anaerobio (m^3).

$$\frac{1}{\theta_c^M} = (1,0 d^{-1})(0,1) - 0,03 d^{-1}$$

$$\frac{1}{\theta_c^M} = 0,07 d^{-1}$$

$$\theta_c^M = 14,29 d$$

Si se toma un factor de seguridad de 1,1; el tiempo de retención hidráulico es:

$$\theta_d = (14,29 d)(1,1)$$

$$\theta_d = 15,72 d$$

El volumen del digestor anaerobio es:

$$V = Q \cdot \theta_d$$

$$V = (6,05 m^3/d)(15,72 d)$$

$$V = 95,11 m^3$$

Si se construye de forma cilíndrica, sus dimensiones serían:

Se selecciona un diámetros de 3 m ($d = 3$ m)

$$V = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) h$$

$$h = \frac{4V}{\pi d^2}$$

$$h = \frac{4 \cdot 95,11 \text{ m}^3}{\pi 5^2 \text{ m}^2}$$

$$h = 4,84 \text{ m}$$

Es decir, que el digestor anaerobio para los efluentes líquidos de la trampa de grasa sería un tanque cilíndrico circular recto de 5 m de diámetro de la base y de 4,84 m de altura, ambas medidas interiores y efectivas, es decir, que habría que sumarle un 15% al volumen del dispositivo para cubrir las zonas muertas. La tasa de carga orgánica se estima como:

$$(Tasa \text{ carga orgánica}) = \frac{(Carga \text{ de DQO})}{V}$$

$$Carga \text{ de DQO} = 37,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ Previamente calculada}$$

$$(Tasa \text{ carga orgánica}) = \frac{37,05 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{95,11 \text{ m}^3}$$

$$(Tasa \text{ carga orgánica}) = 0,39 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{d}}$$

Por lo que se acepta el diseño en cuanto a este parámetro, según las cifras que se muestran en el Cuadro 4.7. Critesy Tchobanoglous (1998).

Comprobación del TRH de diseño calculado es de:

$$TRH = \frac{95,11 \text{ m}^3}{6,05 \text{ m}^3/\text{d}}$$

$TRH = 15,72 \text{ d} = 377 \text{ h}$, que cae dentro del rango permitido, estimándose un 40% de remoción de la DBO_5 soluble. Debe notarse que, al eliminar previamente las grasas y aceites, así como los sólidos sedimentables, el valor de la DQO cumple con el rango de diseño (Cuadro 6.4).

Cuadro 6.4.

Procesos usuales y datos sobre el desempeño de los procesos anaerobios*

Proceso	Entrada DQO, mg/dm ³	Tiempo de retención hidráulica, h	Carga orgánica, kg DQO/m ³ .d	Remoción de DBO ₅ , %
Digestión anaerobia convencional	1500 – 5 000	360 – 480	0,25 – 4,8	35 – 65

Fuente: Crites, R. y Tchobanoglous, G. 1998.

Se condiciona una eficiencia de remoción de DBO₅ soluble de alrededor del 40%, según los datos del Cuadro 6.4. El diseño del digester anaerobio puede ser resumido en el Cuadro 6.5. Asimismo, en la Figura 6.3 se muestra un esquema del digester anaerobio dimensionado.

Cuadro 6.5.

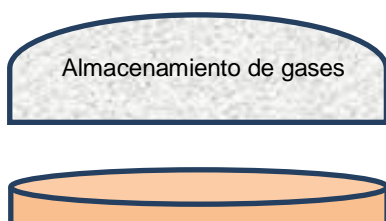
Resumen de parámetros del diseño del digester anaerobio convencional de una etapa.

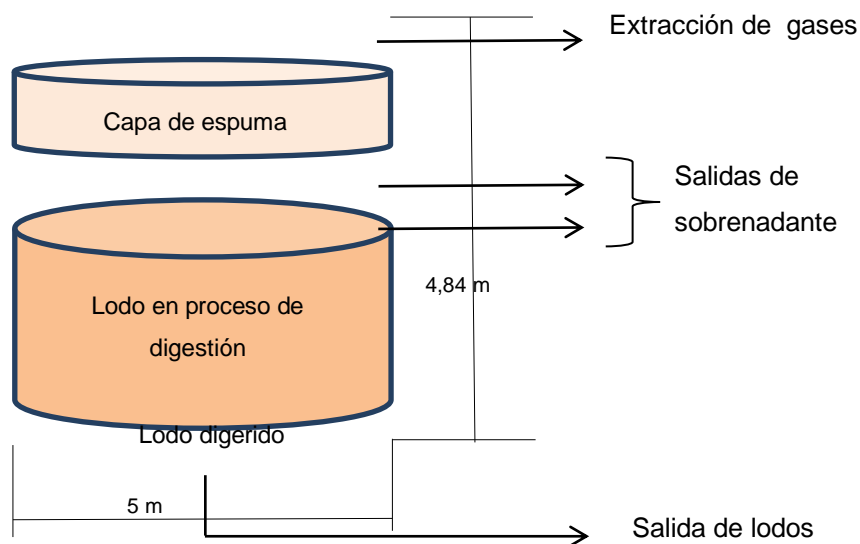
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
θ_c^M (tiempo medio de retención celular)	14,29	d
θ_d o TRH (tiempo medio de retención hidráulica)	15,72	d
V (volumen del digester)	95,11	m ³
Diámetro de la base del cilindro circular recto	5	m
Altura o profundidad	4,84	
Tasa de carga orgánica con base en DQO	0,39	kg/m ³ d
Eficiencia de remoción de DBO	40	%

Elaborado por: Bernal, A. 2014.

Figura 6.3.

Esquema del digester anaerobio de etapa única y baja carga.





Elaborada por: Bernal, A. 2014.

5.6.4. Dimensionamiento del Sistema de Lodos Activados (tanque de aireación)

El dimensionamiento del reactor se realizó combinando las expresiones de dos parámetros cinéticos del proceso:

- La tasa de utilización específica (Y)
- El período de residencia medio de las células (θ_c);

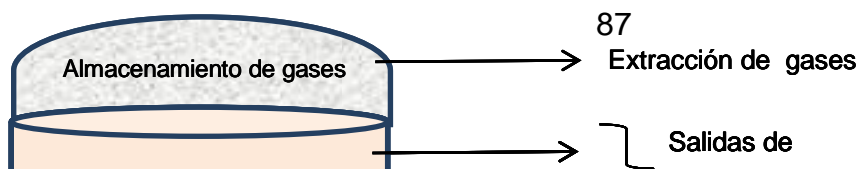
Obteniéndose la siguiente relación (Metcalf y Eddy, 1998)

$$V = \frac{\theta_c Q Y(S_0 - S)}{X(1 + K_d \theta_c)}$$

Dónde:

θ_c = Período medio de retención celular.

Q_0 = Caudal del afluyente residual a tratar.



- Y = Fracción de sustrato convertida en biomasa.
 S_0 = Concentración del afluente, como DBO_5 o DQO.
 S = Concentración del sustrato que sale del reactor aireador.
 X = Concentración de sólidos suspendidos volátiles del licor
mezclado en el reactor (SSVLM).
 K_d = Coeficiente de mortalidad endógeno.

La demanda de oxígeno se calcula por las siguientes ecuaciones, propuestas por los mismos autores:

$$\text{Flujo másico de } O_2 \left(kg \text{ de } \frac{O_2}{d} \right) = \frac{Q(S_0 - S)(1/1000)}{f} - 1,42 P_x$$

$$P_x \left(\frac{kg}{d} \right) = (X)(Q)$$

$$X = \frac{Y(S_0 - S)}{1 + K_d \theta_c}$$

Donde:

- P_x = Cantidad de sólidos purgados por día.
 X = Concentración de Sólidos Biológicos producidos.
 f = Factor de conversión de DBO_5 a DBO_L , Se asume $f = 0,68$.

En el Cuadro 6.6 se presentan los valores de diseño para los diferentes parámetros en el cálculo del volumen efectivo del Sistema de Lodos Activados.

Cuadro 6.6.
Valores de los parámetros de diseño de los Sistemas de Lodos Activados
convencionales.

TIPO DE PROCESO	θ_c	Y	S_0	S	K_d
	d	mg/mg	kg/m ³	kg/m ³	d ⁻¹
Convencional	5 – 15	0,4 – 0,8	0,2 – 1,8	0,01	0,040 – 0,075

Fuente: Metcalf y Eddy (1998)

- a) Cálculo de la concentración de DBO₅ soluble (S_0) del afluente al Sistema de Lodos Activados que es el efluente del digestor anaerobio

$$S_0 = 2,514 - 0,4(2,514) \text{ kg/m}^3 = 1,584 \text{ kg/m}^3$$

$$S_0 = 1,584 \text{ kg/m}^3$$

Que está dentro del rango de diseño permitido, según el Cuadro 4.9.

- b) Cálculo de la eficiencia de remoción (E) de DBO₅ soluble (S_0)

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

$$E = \frac{1584 - 100}{1584} \times 100$$

$$E = 93,68\% \cong 94\%$$

- c) Cálculo de la Concentración de Sólidos Biológicos (X) producidos

$$X = \frac{0,65(2,514 - 0,100)}{1 + 0,04 \text{ d}^{-1}(10 \text{ d})}$$

$$X = 1,12 \text{ kg/m}^3$$

- d) Cálculo del volumen (V) del tanque de aireación y el diámetro de la base circular, asumiendo una altura (h) de 3 m

Seleccionando, con $Q = 6,05 \text{ m}^3/\text{d}$:

$$\theta_c = 10 \text{ d}$$

$$Y = 0,65 \text{ mg/mg}$$

$$X = 1,120 \text{ kg/m}^3$$

$$S_0 = 1,584 \text{ kg/m}^3$$

$$S = 0,100 \text{ kg/m}^3 \text{ (según reglamentación ambiental vigente) Ministerio del Ambiente (2002)}$$

$$K_d = 0,04 \text{ d}^{-1}$$

Sustituyendo en la ecuación de diseño:

$$V = \frac{(10 \text{ d}) \left(6,05 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}\right) (0,65) (1,584 - 0,1) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1,12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} [1 + (0,04 \text{ d}^{-1})(10 \text{ d})]}$$

$$V = 37,22 \text{ m}^3 \cong 38 \text{ m}^3$$

Si el tanque es de forma cilíndrica circular recta, seleccionando una altura (h) de 3 m, el área (A) del equipo y su diámetro de la base (d) serían de:

$$A = \frac{V}{h} = \frac{37,22 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$A = 12,67 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(12,67 \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$d = 4,01 \text{ m} \cong 4 \text{ m}$$

Y tendrá una eficiencia calculada del 96% de eliminación de la DBO₅ soluble del afluente (efluente del digestor anaerobio). En el Cuadro 6.7 se presenta un resumen de los valores de diseño del Sistema de Lodos Activados. En la Figura 6.4 se muestra un esquema del tanque de aireación.

Cálculo del flujo másico de oxígeno a introducir en el sistema:

$$P_x(\text{kg}) = \left(1,120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(6,50 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}\right)$$

$$P_x(\text{kg}) = 7,28 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Flujo másico de } O_2 \left(\text{kg de } \frac{O_2}{d} \right) = \frac{Q(S_0 - S)}{f} - 1,42 P_x$$

$$\text{Flujo másico de } O_2 \left(\text{kg de } \frac{O_2}{d} \right)$$

$$= \frac{6,05 \text{ m}^3/d (1,584 - 0,100) \text{ kg/m}^3}{0,68} - 1,42(7,28) \text{ kg/d}$$

$$\text{Flujo másico de } O_2 = 2,87 \text{ kg de } \frac{O_2}{d}$$

Cálculo de la relación entre el oxígeno necesario y la cantidad de DBO₅ soluble eliminada.

Cuadro 6.7.

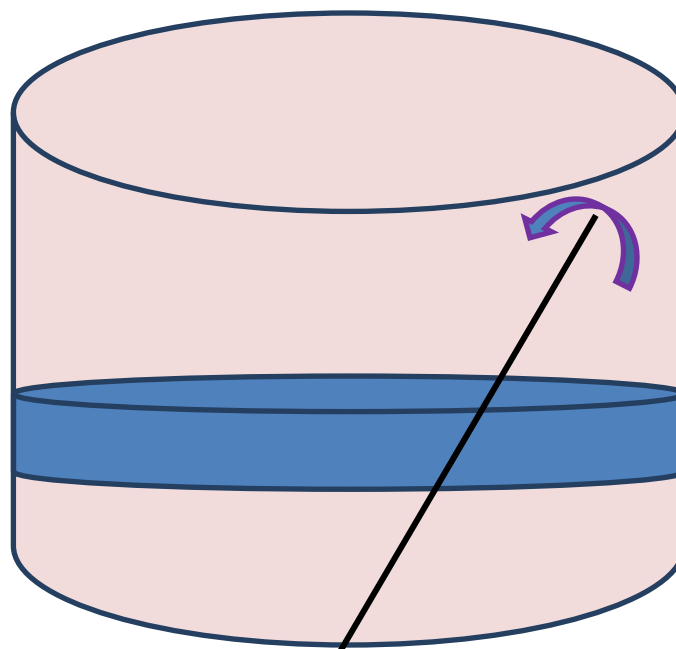
Resumen de parámetros del diseño del Sistema de Lodos Activados.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
<i>E</i> (eficiencia de remoción de DBO)	94	%
<i>V</i> (volumen del tanque de aireación)	38	m ³
<i>d</i> (diámetro de la base del cilindro circular recto)	4	m
<i>h</i> (altura o profundidad)	3	m
<i>P_x</i> (sólidos purgados)	7,28	kg/d
Flujo másico de oxígeno necesario	2,87	kg/d

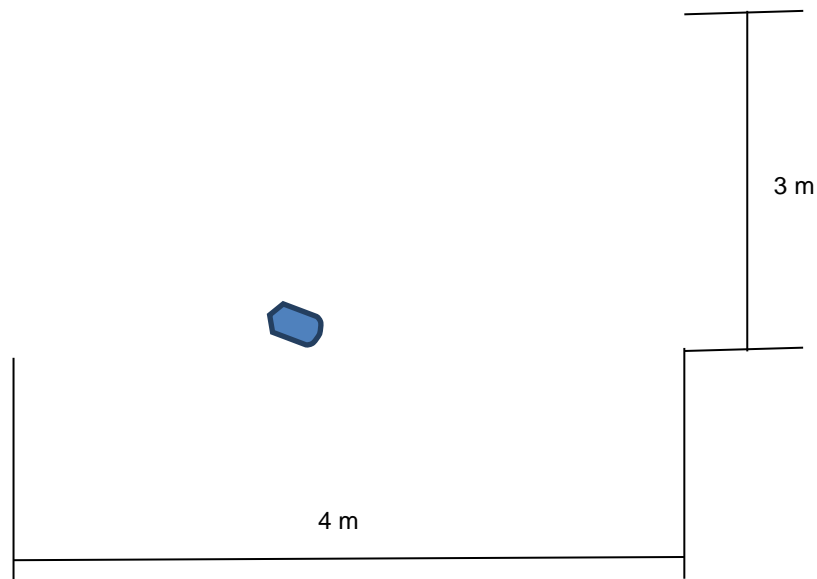
Elaborado por: Bernal, A. 2014.

Figura 6.4.

**Esquema
Lodos**



**del Sistema de
Activados
convencional.**



Elaborado por: Bernal, A. 2014.

5.6.5. Diseño del Sedimentador Secundario

a) Cálculo del área de sedimentación ($A_{Sedimentación}$)

Se emplean valores referenciales de la velocidad ascensional ($V_{Asc} = 0,4 \text{ m/h}$; puede ser hasta $0,9 \text{ m/h}$) y del tiempo de retención, ($t_R = 2,5 \text{ h}$):

$$A_{Sedimentación} = \frac{Q \left(\frac{m^3}{h} \right)}{V_{Sedimentación} \left(\frac{m}{h} \right)}$$

$$A_{Sedimentación} = \frac{0,252 \left(\frac{m^3}{h} \right)}{0,6 \left(\frac{m}{h} \right)}$$

$$A_{Sedimentación} = 0,63 \text{ m}^2$$

b) Cálculo de las dimensiones de sedimentación

Largo y ancho del sedimentador (L_s): ya que el sedimentador será cuadrado, el largo y el ancho se calculan directamente con la raíz cuadrada del área de sedimentación. Debe tenerse en cuenta que esta es el área efectiva y no incluye los extras debido a la construcción que garanticen que no haya reboso si hubiera sobre flujos, como tampoco la del volumen destinado al sistema de tuberías para extracción de lodos.

$$\text{Ancho} = \text{Largo} = \sqrt{0,63 \text{ m}^2} = 0,793 \text{ m} \cong 0,80 \text{ m}$$

c) Cálculo del volumen efectivo del sedimentador ($V_{\text{Sedimentador}}$)

$$V_{\text{Sedimentador}} = Q \cdot t_R$$

$$V_S = 0,252 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} (2,5 \text{ h}) = 0,63 \text{ m}^3$$

d) Cálculo de la altura efectiva del sedimentador ($h_{\text{Sedimentador}}$)

La altura se calcula con la relación entre el volumen efectivo del sedimentador ($V_{\text{sedimentador}}$) y el área superficial del sedimentador ($A_{\text{Sedimentación}}$):

$$h_{\text{Sedimentador}} = \frac{V_{\text{Sedimentador}}}{A_{\text{Sedimentación}}}$$

$$h_{\text{Sedimentador}} = \frac{0,63 \text{ m}^3}{0,63 \text{ m}^2}$$

$$h_{\text{Sedimentador}} = 1,00 \text{ m}$$

e) Cálculo de la producción de lodos (W_{SS7} y W_{ssv}), suspendidos totales y volátiles

- Se determina la DBO_5 soluble eliminada en el Sistema de Lodos Activados, calculando el producto de la carga orgánica aplicada (W) y la

eficiencia de dicho proceso (E). W se calcula multiplicando el caudal (Q) por la concentración de DBO_5 soluble del afluente al proceso biológico.

$$W = 1,584 \frac{kg}{m^3} \left(6,05 \frac{m^3}{d} \right)$$

$$W = 1,49 \frac{kg}{d}$$

$$DBO_{Eliminada} = E \frac{(\%)}{100} \times W \left(\frac{kg}{d} \right)$$

$$DBO_{Eliminada} = 0,94 \left(1,49 \frac{kg}{d} \right)$$

$$DBO_{Eliminada} = 1,41 \frac{kg}{d}$$

- Se establece la producción de lodos utilizando los valores mínimos de SST y SSV en kg por kg de DBO_5 soluble eliminada y que se presentan en la Cuadro 6.8 Metcalf and Eddy (1998) y que serán eliminados en el Sedimentador Secundario.

Cuadro 6.8.

Datos para producción de lodos.

Producción de fangos	Valores recomendados	
	Mínimo	Máximo
Kg de SST por kg de DBO eliminada	0,65	0,85
Kg de SSV por kg de DBO eliminada	0,40	0,55

Fuente: Metcalf y Eddy (1998)

Dichos datos se reemplazan de la forma siguiente:

$$W_{SST} = \frac{(kg \text{ de SST})}{kg \text{ } DBO_{Eliminada}} (DBO_{Eliminada})$$

$$W_{SST} = 0,65 \left(1,41 \frac{kg}{d} \right)$$

$$W_{SST} = 0,92 \frac{kg}{d}$$

$$W_{SSV} = \frac{(kg \text{ de SSV})}{kg \text{ DBO}_{Eliminada}} (DBO_{Eliminada})$$

$$W_{SSV} = 0,40 \left(1,41 \frac{kg}{d} \right)$$

$$W_{SSV} = 0,56 \frac{kg}{d}$$

En el Cuadro 6.9 se presenta un resumen de los resultados correspondientes al dimensionamiento del sedimentador secundario.

Cuadro 6.9.
Datos del dimensionamiento del Sedimentador Secundario.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Volumen efectivo del tanque de sedimentación ($V_{Sedimentador}$)	0,63	m ³
Área de sedimentación ($A_{Sedimentación}$)	0,63	m ²
Largo y ancho del Sedimentador de sección cuadrada	0,80	m
Altura o profundidad del Sedimentador Secundario ($h_{Sedimentador}$)	1,00	m
Carga de SST eliminados en el Sedimentador Secundario (W_{SST})	0,92	kg/d
Carga de SSV eliminados en el Sedimentador Secundario (W_{SSV})	0,56	kg/d

Elaborado por: Bernal, A. 2014.

5.7. METODOLOGÍA

En el Cuadro 6.10 se presenta la secuencia metodológica a seguir para la implementación de la propuesta. Este marco metodológico consta de ocho componentes, cuyas descripciones aparecen al frente de cada uno.

Cuadro 6.10.
Marco Metodológico de la implementación de la propuesta.

No.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
1	Socialización y confirmación de la propuesta.	Discusión con los profesionales de las Facultades de Ciencias Ambientales y de Ciencias de la Ingeniería, para llegar a acuerdos científico – tecnológicos, sobre los dimensionamientos de los procesos propuestos y los materiales a emplear. Los procesos fueron seleccionados en acuerdo con dichos especialistas.
2	Área de implementación.	Determinación del área de la planta de tratamiento.
3	Adquisición y acopio de los materiales necesarios para la implementación de los	Adquisición y acopio de los materiales, equipos e instrumentos necesarios para la construcción, puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento.

procesos.

4	Montaje de la planta	Construcción de la planta por procesos de tratamiento.
5	Etapa de puesta en marcha de la planta.	Puesta en marcha de la planta de tratamiento.
6	Etapa de operación de la planta.	Comienzo del período de operación de la planta de tratamiento.
7	Chequeo de la eficiencia de la planta.	Acciones relacionadas con la comprobación de la eficiencia de la planta: toma de muestras del afluente y del efluente; análisis de laboratorio de las muestras y; cálculos de la eficiencia.
8	Mantenimiento de la planta.	Planificación y determinación de los aspectos relacionados con el mantenimiento de equipos e instrumentos de la planta de tratamiento.

5.8. ADMINISTRACIÓN DE LA PROPUESTA

La administración de la propuesta se presenta a través de los elementos del Cuadro 6.11, que resume el total de la inversión.

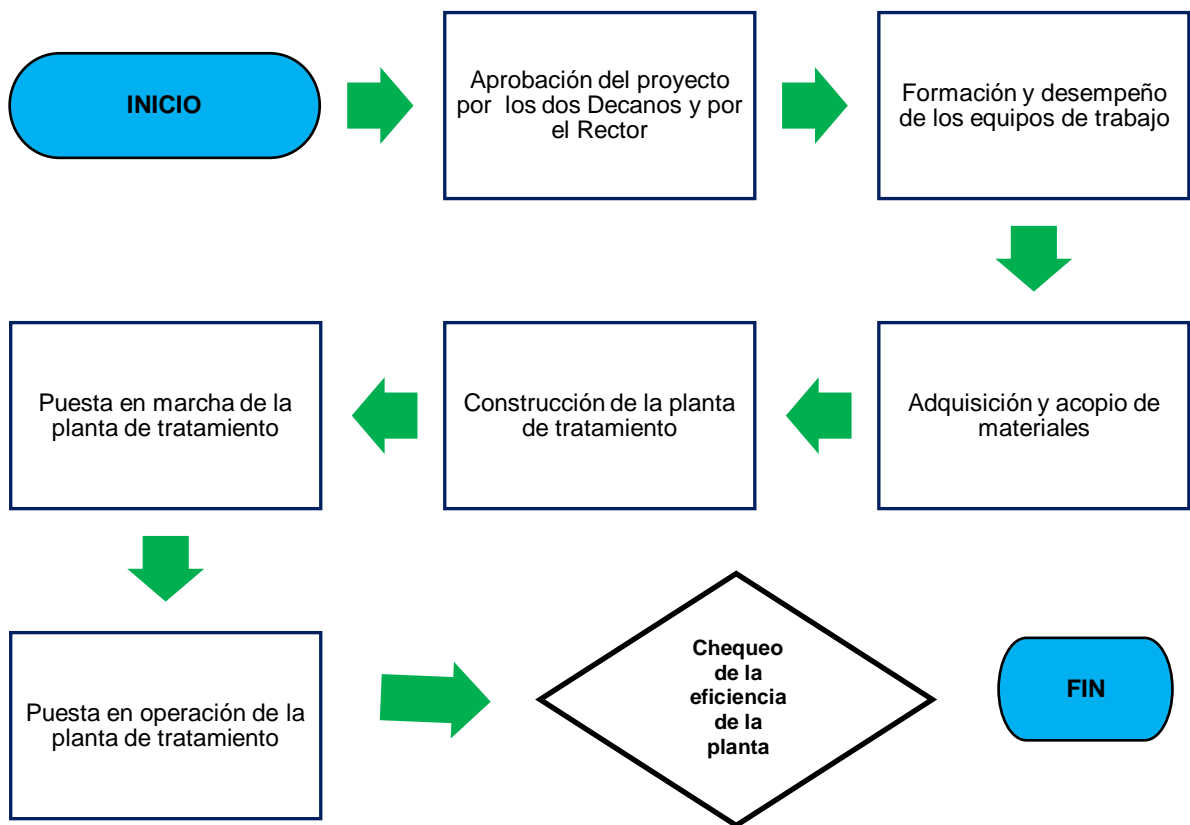
Cuadro 6.11.
Marco administrativo.

Institución	Objetivo	Actividades	Responsables	Tiempo (días)	Presupuesto estimado (USD)
Universidad Técnica Estatal de Quevedo.	Estabilizar física, química y biológicamente las aguas residuales de la planta para procesos agroindustriales de la UTEQ.	Adquisición y acopio de los materiales, equipos e instrumentos.	Equipo técnico.	31	5670,00
		Montaje de la planta.	Equipo técnico. Estudiantes de 5to. año de ambas Facultades involucradas.	91	650,00
		Etapa de puesta en marcha de la planta.	Equipo técnico. Estudiantes de 5to. año de ambas Facultades involucradas.	30	240,00
		Etapa de operación de la planta.	Equipo técnico. Estudiantes de 5to. año de ambas Facultades involucradas.	31	525,00
		Chequeo de la eficiencia de la planta.	Equipo técnico. Estudiantes de 5to. año de ambas Facultades involucradas.	31	1380,00
		Mantenimiento de la planta.	Operarios. Personal obrero calificado.	Periódico	400,00
		Imprevistos			
Total					9751,5

5.9. MODELO OPERATIVO

El diagrama que se muestra en la Figura 6.5 relaciona la secuencia ordenada del modelo para la operatividad de la propuesta.

Figura 6.5.
Modelo operativo.



5.10. PLAN DE MONITOREO Y EVALUACIÓN

La presente propuesta tendrá un esquema de monitoreo y evaluación acorde a los aspectos organizados en el Cuadro 6.12.

Cuadro 6.12.
Plan de monitoreo y evaluación

ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
Aspecto a evaluar	Efectividad de la propuesta
Razón de la evaluación	Porque se requiere monitorear y valorar la eficiencia de la planta de tratamiento en relación a la utilidad ambiental.
Criterios de evaluación	<ul style="list-style-type: none">• Utilidad ambiental.• Utilidad académica.
Indicadores	Porcentaje de eficiencia (eliminación de la DBO ₅ soluble).
Responsables	<ul style="list-style-type: none">• Sub Decanos Académicos de las dos Facultades involucradas.• Jefe del Equipo de trabajo.• Jefe del Equipo de Estudiantes.
Fechas	Evaluación mensual (primera semana de cada mes).
Fuentes de información	<ul style="list-style-type: none">• Informe de avances de las etapas según el tiempo pre asignado a cada una.• Informe del porcentaje de eficiencia de eliminación de la DBO₅ soluble
Instrumento de evaluación	Registro de monitoreo y evaluación mensual.

BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo, J. 2012. El agua como recurso natural. TECNÉ, Ciencias para el mundo contemporáneo.
- Agostini, A. 2004. Acondicionamiento Ambiental: Estudio Urbano de Orientación en Arquitectura y Urbanismo.
- Comisión Internacional de la Cumbre por el Desarrollo. 1992. La Carta de la Tierra.
- Conesa, V. 2009. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Editorial: Mundi-Prensa Libros, S.A. Madrid, España.
- Crites, R. y Tchobanoglous, G., 1998. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. Ed. McGraw-Hill International, Boston, USA.
- Crites, R. 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. México, McGraw-Hill Interamericana.
- Eckenfelder, W. 2000. Industrial Water Pollution Control. Ed. McGraw – Hill. New York, USA.
- ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE SEVILLA. 2009. Características de las Aguas Residuales. Sevilla. TAR INNOVA. TECNOLOGÍA AMBIENTAL. GRUPO TAR
- FAO, 2015. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. AQUASTAT.
- FUNGLODE I GFDD. 2013. Diccionario Enciclopédico Dominicano de Medio Ambiente. Efluente contaminado. Editorial: Global Foundation for Democracy and Development, Santo Domingo, República Dominicana.
- Gil, M. 2006. Depuración de aguas residuales: modelización de procesos de lodos activos. Editorial CSIC - CSIC Press. Madrid, España.
- Glosario Net. 2007. Calidad ambiental. Glosario Término.

- Guerrero, L., Chamy, R. y Rivadeneira, C. 2010. Estudio de la etapa hidrolítica de la degradación anaerobia de almidón en residuos de maíz. Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile.
- Henry, G. J. 1999. Ingeniería Ambiental. Ed. Prentice Hall, México, D.F.
- Hernández, R., Fernández, C y Baptista, P. 2005. Metodología de la Investigación. Ed. McGraw – Hill, México, D.F.
- La Nueva Economía. 2011. Conceptos sobre Agroindustria.
- Mendoca, S. 2004. Sistemas de Lagunas de Estabilización, cómo utilizar aguas residuales en sistemas de regadío. México, McGraw-Hill Interamericana.
- Metcalf y Eddy, Inc. 1998. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. Ed. McGraw – Hill, New York, USA.
- Ministerio del Ambiente. (2002). Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua Libro VI, Anexo 1, Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. 2002. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria: Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina. Libro VI. Quito, Ecuador.
- Monkhouse, F. J. 1978. Efluente. Diccionario de términos geográficos. Editores: Oikos-Tau, Barcelona, España.
- Naranjo, G. 2008. Tutoría de la Investigación Científica. Ambato. Ecuador.
- OEFA, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2014. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Impreso por Billy Víctor Odiaga Franco.
- PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2004. Lineamientos sobre el manejo de aguas residuales municipales. UNEP/GPA Oficina de Coordinación, La Haya, Países Bajos.
- Olibana, FAUNATURA; 2009. El agua, recurso natural en peligro de extinción.
- Organización Panamericana de la Salud. 2011. Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa. OPS/CEPIS/03.81 UNATSABAR Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural. Zurich, Suiza.

- Ramalho, R. S. 1990. Tratamiento de las Aguas Residuales. Ed. Reverte, Barcelona, España.
- Rittman, B., Bruce, E. y McCarty, P. L. 2001. Environmental Biotechnology: Principles and Applications. Ed. McGraw – Hill, Singapore.
- Romero, J. A. (s/f). Tratamiento de agua residual. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia.
- Saladié, O. y Oliveras, 2014. J. Mòdulo Recursos naturals i fonts d'energia. Mòdulos Universitarios de Desarrollo sostenible. Universitat Robira.
- Tchobanoglous, G., Crites, R. 2003. Wastewater Engineering (Treatment Disposal Reuse). Fourth ed. Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill, NY, USA.
- Urteaga, L. 1999. Sobre la noción de recurso natural. Departamento de Geografía Humana. Universitat de Barcelona.
- Weemaels, N. 2009. Uso y aprovechamiento del agua: Situación nacional y propuesta. Propuesta dirigida a la Asamblea Nacional para el proyecto de Ley Orgánica de los Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua. Quito, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO I

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml		² Remoción > al99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0

²Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: Anexo 1 Del LIBRO VI DEL Texto Unificado De Legislacion Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua

ANEXO II

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0

Materia flotante	<i>Visible</i>		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos(totales)	Concentración de organofosforadosy carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: TULAS (2003, 31 de Marzo), TABLA 12: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce