



DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MODELO DE
TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA
PRODUCCIÓN DE PANELA

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MODELO DE
TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA
PRODUCCIÓN DE PANELA

LIZETH DAYANA PINZÓN HERNÁNDEZ
OSCAR FABIAN ALMEIDA BUITRAGO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA

2010



DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MODELO DE
TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA
PRODUCCIÓN DE PANELA

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MODELO DE
TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA
PRODUCCIÓN DE PANELA

LIZETH DAYANA PINZÓN HERNANDEZ
OSCAR FABIAN ALMEIDA BUITRAGO

Director
MARIO GARCÍA SOLANO
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA

2010

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION.....	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACION.....	19
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
4. DEFINICIONES	22
5. AGUA RESIDUALES	31
5.1 AGUAS RESIDUALES URBANAS	32
5.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	34
5.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	37
5.3.1 Tratamientos Físico-químico	38
5.3.2 Tratamientos Biológicos o Secundarios	41
5.3.3 Tratamiento de los Fangos.....	44
6. SECTOR PANELERO	46
6.1 AREA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS	46
6.2 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA	48
6.3 PROCESO DE PRODUCCION	49
6.4 ACTIVIDADES DE POST-COSECHA O BENEFICIO	50
6.5 DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	57
7. NORMATIVIDAD	58
7.1 LEY 9 DE 1979	60
7.2 DECRETO 1541 DE 1978.....	64
7.3 DECRETO 1594 DE 1978.....	70
7.4 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 5667-10	74
8. MUESTREO INICIAL	84
9. MODELO DE TRATAMIENTO IMPLEMENTADO	86
9.1 MODELO IMPLEMENTADO PARA EL SECTOR PANELERO	88
10. TANQUE SÉPTICO	89
10.1 GENERALIDADES DEL PROCESO	89
10.2 DISEÑO DE TANQUE SEPTICO	91
10.3 LOCALIZACION Y CONSTRUCCION.....	99
11. FILTRO ANAEROBIO	103

11.1 GENERALIDADES DEL PROCESO	103
11.2 GENERALIDADES DE LOS FILTROS ANAEROBIOS CON FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	105
11.3 DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO	108
11.4 DESCRIPCIÓN DEL FILTRO ANAEROBIO	110
11.5 CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO ANAEROBIO	114
12. LECHO DE INFILTRACION	117
12.1 GENERALIDADES DEL PROCESO	117
12.2 DISEÑO DEL LECHO DE INFILTRACION	120
12.3 CONSTRUCCION DEL LECHO DE INFILTRACION	122
13. CONSTRUCCION MODELO	126
13.1 TANQUE SÉPTICO (MODELO)	127
13.2 FILTRO ANAEROBIO (MODELO)	128
13.3 LECHO DE INFILTRACIÓN (MODELO)	130
13.4 EM (EFFECTIVE MICROORGANISMS)	131
13.5 MONTAJE Y SEGUIMIENTO DEL MODELO	133
14. ANALISIS DE RESULTADOS	139
15. ALTERNATIVA DE PROCESO FINAL (HUMEDAL SUBSUPERFICIAL)	143
15.1 GENERALIDADES DEL PROCESO	143
15.2 GENERALIDADES DE LOS HUMEDALES SUBSUPERFICIALES ARTIFICIALES	146
15.3 DISEÑO DE UN HUMEDAL	148
15.4 CONSTRUCCION DEL HUMEDAL SUBSUPERFICIAL	151
16. CONCLUSIONES	155
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	158
ANEXOS	160
Anexo A: Formatos y resultados de los monitoreos.	160
ANEXO B: Manual de mantenimiento.	165
ANEXO C: Diseños Plano de la planta contiene planta- perfil.	167
ANEXO D: Diseños Estructurales y Detalles.	170

TABLA DE FIGURAS

	pág.
Figura 2.1 Almacenamiento y salida agua lavado de herramientas.	20
Figura 5.1. Clases de Tratamientos de Aguas Residuales.....	38
Figura 5.2. Filtro Percolador y Medio Filtrante	42
Figura 5.3. Reactor UASB	43
Figura 5.4. Lechos de Secado de Lodos.....	45
Figura 6.1. Disposicion inicial de caña (Apronte).	51
Figura 6.2. Extracción del jugo (molienda).	51
Figura 6.3. Prelimpieza de jugos.....	52
Figura 6.4. Limpieza de de jugos (Descachazado).	52
Figura 6.5. Paila para la evaporación de jugos.	53
Figura 6.6. Operación de punteo de la miel.	53
Figura 6.7. Maniobra de batido de la panela.	54
Figura 6.8. Molde para disposicion final de la panela.....	54
Figura 6.9. Empaque de las unidades.....	55
Figura 6.10. Disposición final en el trapiche.....	55
Figura 6.11. Diagrama de flujo actividades de pos-cosecha	56
Figura 7.1. Informe muestreo de aguas residuales	83
Figura 9.1. Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Río Frio	86
Figura 9.2. Procesos Para Tratamiento de Aguas Residuales	88
Figura 10.1. Sección transversal tanque séptico dos compartimientos	90
Figura 10.2. Corte del tabique.....	96
Figura 10.3. Detalle dispositivo de entrada al tanque.....	96
Figura 10.4. Detalle canaleta de salida del tanque.....	97
Figura 11.1. Degradación Biológica de la Materia Orgánica.	103
Figura 11.2 Características del Proceso de Digestión Anaerobia.....	104
Figura 11.3. Filtro Anaerobio y sus componentes	111
Figura 11.4. Detalle de las Zonas de Entrada y Salida	112
Figura 11.5. Detalle del material granular del Medio Filtrante	113
Figura 11.6. Detalle de la Canaleta de Lodos	114
Figura 12.1. Vista en planta del lecho filtrante	118

Figura 12.2. Vista en Corte del lecho	118
Figura 13.1. Sistema Implementado Para el Sector Panelero	126
Figura 13.2 Tanque septico (modelo)	127
Figura 13.3 Filtro anaerobio (modelo)	129
Figura 13.4. Esquema de lecho filtrante (modelo)	130
Figura 13.5. Lecho filtrante (modelo)	130
Figura 13.6. Regulación del caudal (modelo)	134
Figura 13.7. Sistema en la hora cero (inicio)	134
Figura 13.8. Inspección realizada (ocho horas del inicio)	135
Figura 13.9. Tanque séptico modelo (24 horas después inicio)	135
Figura 13.10. Distribución en el filtro anaerobio	136
Figura 13.11. Filtro anaerobio modelo	136
Figura 13.12 Sistema funcionando completamente.	137
Figura 13.13 Formación de biopelícula en el filtro	137
Figura 13.14 ultima parte del tratamiento	138
Figura 13.15 efluente del filtro anaerobio.	138
Figura 15.1. Sistema de tratamiento de agua humedal.	144
Figura 15.2. Detalle del material del humedal.	145
Figura 15.3. (De izquierda a derecha) Aneas, Juncos, y Césped Común de Caña .	146

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 5.1. Principales Contaminantes en las Aguas Residuales.....	33
Tabla 6.1. Principales Productores de Panela a Nivel Mundial	46
Tabla 6.2. Participación Departamental-2005	47
Tabla 6.3. Tabla del impacto ambiental.	57
Tabla 7.1. Normatividad para vertimientos del sector panelero.....	59
Tabla 7.2. Parámetros mínimos para realización de vertimientos	68
Tabla 7.3. Concentraciones permitidas para vertimiento de algunas sustancias.....	69
Tabla 8.1. Características del afluente (muestreo).....	84
Tabla 10.1. Valores de profundidad útil	93
Tabla 10.2. Resumen de la dimensiones del tanque.....	99
Tabla 11.1. Resumen de la dimensiones del filtro.....	110
Tabla 12.1 Criterios típicos de diseño de un lecho.....	120
Tabla 13.1. Dimensiones del Tanque Séptico (Modelo)	128
Tabla 13.2. Dimensiones del Filtro Anaerobio (Modelo).....	129
Tabla 13.3 Dosificación de EM	132
Tabla 13.4 Aplicación de EM en el sistema primera semana	132
Tabla 13.5 Aplicación de EM en el sistema segunda semana	133
Tabla 14.1 tabla comparativa muestreo inicial y final.	141
Tabla 14.2 tabla comparativa de los tres muestreos	142
Tabla 15.1. Funciones de las plantas en sistemas de tratamiento acuático.	147
Tabla 15.2. Valores típicos de sustratos en humedales construidos	149



ANEXOS

ANEXO A: Formatos y resultados de los monitoreos.

ANEXO B: Manual de mantenimiento.

ANEXO C: Diseños Plano de la planta contiene planta- perfil.

ANEXO D: Diseños Estructurales y Detalles.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN MODELO DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA PRODUCCIÓN DE PANELA

AUTORES: OSCAR FABIAN ALMEIDA BUITRAGO
LIZETH DAYANA PINZON HERNANDEZ

PALABRAS CLAVES: tratamiento de agua residual, tanque séptico, filtro anaerobio, lecho de infiltración.

DESCRIPCION: La contaminación del agua por distintos procesos domésticos o industriales es cada vez mayor por eso es necesario la implementación de sistemas de tratamiento con el fin de mejorar la calidad del agua que se vierte en los diferentes cuerpos hídricos.

El tanque séptico es un proceso para el tratamiento primario de aguas residuales en el se pueden observar los procesos de separación de una parte solida (sedimentación simple) y una de espumas; el agua intermedia entre el sedimento y las espumas se va convirtiendo en un liquido clarificado.

Filtro anaerobio de flujo ascendente es el paso en el que el agua residual alimenta al reactor a través de un falso fondo por donde el flujo se distribuye uniformemente. Luego el agua a tratar se hace pasar a través de una masa de sólidos biológicos suspendidos, contenidos dentro del sistema por un medio fijo de soporte. Los microorganismos se adhieren a la superficie del medio dentro de los resquicios del medio. La materia orgánica soluble que pasa a través del filtro, se difunde dentro de la superficie de los sólidos adheridos, donde se realiza el proceso de digestión anaerobia.

El lecho de infiltración en esta fase se realiza el paso simple del agua hasta el fondo del lecho a través del material del cual está conformado; en la parte inferior es recolectado el efluente y puede disponerse de distintas maneras ya sea a cajas de bombeo o a campos de drenaje.



ABSTRACT

TITLE: DESIGN, CONSTRUCTION AND COMMISSIONING OF A TREATMENT MODEL FOR WASTEWATER GENERATED IN THE PRODUCTION OF PANELA

AUTHORS: OSCAR FABIAN ALMEIDA BUITRAGO
LIZETH DAYANA PINZON HERNANDEZ

KEYWORDS: wastewater treatment, septic tank, anaerobic filter, bed infiltration

DESCRIPTION: Water pollution by various domestic or industrial processes is increasing so it is necessary the implementation of treatment systems to improve the quality of water is poured into the different bodies of water.

The septic tank is a process for primary treatment of wastewater can be observed in the separation processes of a solid part (sedimentation simple) and a foam, the intermediate water between the sediment and the foam is turning into a liquid clarified

Upflow anaerobic filter is the step in which the waste water fed to the reactor through a false bottom where the flow is evenly distributed. Then the wastewater is passed through a mass of suspended biological solids contained in the system by a fixed means of support. Microorganisms adhere to the surface of the medium within the crevices of the medium. The soluble organic matter that passes through the filter, it diffuses into the surface of solids adhered to, which makes the process of anaerobic digestion.

The infiltration bed at this stage is done the simple step of water to the bottom of the bed through which material is formed, at the bottom of the effluent is collected and can be arranged in various ways to either banks or pumping fields drain.

INTRODUCCION

El agua junto con la tierra, el aire y la energía; son recursos fundamentales para el desarrollo en cualquier parte del mundo y su uso es vital para la vida de todos los seres vivos.

Actualmente se está creando una mayor conciencia sobre la importancia que tiene el agua tanto en cantidad como en calidad, ya que ésta además puede dar origen a numerosas enfermedades infecciosas. En nuestro medio se pueden encontrar líquidos residuales de las distintas actividades que se realizan a diario, igualmente en la fabricación de todo tipo de productos se generan aguas residuales que consisten en disoluciones acuosas que tienen distintas concentraciones de carga orgánica.

El simple hecho que el agua sea un recurso natural e indispensable, su uso genera un efecto sobre los ecosistemas de los cuales se extrae y se utiliza, cuanta más agua se manipule se va a generar una mayor carga de agua residual.

Un concepto muy utilizado actualmente *desarrollo sostenible* es el que lleva a compatibilizar el uso de los recursos con la conservación de los diferentes ecosistemas logrando disminuir de manera considerable el desequilibrio que se presenta de una forma constante en nuestro alrededor.

Si se consigue que el vertimiento de las aguas a los diferentes cuerpos hídricos se lleve a cabo con la menor carga contaminante posible; se permitirá un ciclo hidrológico más *parecido* a su ciclo normal.

Este documento incluye una extracción bibliográfica de diferentes publicaciones, textos, investigaciones y autores; destinado a exponer una propuesta para el tratamiento de agua residual que se obtiene con la

producción de panela; y busca remover una carga orgánica aproximadamente del 80% del inicial supliendo así la necesidad de tratar un agua residual con altos niveles de carga orgánica. Está comprendido por una secuencia de capítulos cada uno de ellos específica el modelo, los procesos que se emplearon y la razón de la implementación de dicho sistema incluyendo una alternativa para el proceso final del tratamiento.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de panela es una de las principales actividades que realizan los agricultores en la región andina de Colombia. Se estima que en la actualidad existen cerca de 20000 trapiches en funcionamiento; que generan aguas residuales industriales que provienen de sus actividades diarias; concretamente del lavado de sus equipos y herramientas, lastimosamente la disposición de estas aguas se hace en los sitios aledaños al trapiche sin contemplar los efectos que se puedan generar a partir de esto en el entorno donde se desarrolla dicha actividad.

Pese a que existe una normatividad para el tratamiento de los vertimientos, estos no se efectúan de una manera adecuada, teniendo como principales causales las nombradas a continuación.

Desconocimiento por parte de los propietarios del daño que se causa en diversos sectores debido a la ejecución de los vertimientos, acompañando por una falta de conciencia ambiental, la cual se presenta principalmente porque las unidades productoras se encuentran muy dispersas a lo largo y ancho de la geografía andina del país por lo tanto se genera un déficit en los programas de capacitación que las diferentes entidades públicas y privadas quieren implementar en este sector.

Por otra parte actualmente en Colombia no existe un tratamiento estandarizado para el manejo de las aguas residuales provenientes de este tipo de actividades, esto se da debido a la falta de gestión e investigación que se supone debería ser liderada por las diferentes entidades ambientales ya sea de tipo público o privado.



Finalmente y tal vez uno de los principales causales es la falta de recursos económicos que se presenta en el país la cual no es indiferente en este sector, generando bastante dificultad a la hora de implementar un sistema de tratamiento para dichos vertimientos.

2. JUSTIFICACION

El agua que se utiliza para el lavado de los preliminares que comprenden pailas, herramientas y gaveras manipuladas durante la producción de panela contiene altos niveles de sacarosa, este se convierte en el vertimiento más exigente en términos de remoción de carga biológica.

En Colombia existe una normatividad que indica los parámetros mínimos que debe cumplir un agua residual para poder realizar el vertimiento de esta en un cuerpo hídrico. Se puede observar en algunas normas como por ejemplo el decreto 1594 del 26 de junio de 1984 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos que marca los parámetros que necesita un agua residual para poder ser vertida.

El incumplimiento de los parámetros genera efectos en diferentes ámbitos como el económico, social y ambiental los cuales se hacen tangibles de manera directa o indirecta de las siguientes formas:

- Desvalorización de los predios debido a posible contaminación del suelo y cuerpos hídricos aledaños.
- Problemas de salubridad ya que los cuerpos hídricos donde se hacen los vertimientos, son utilizados por las personas de lugares aledaños en sus labores diarias, siendo esto una posible causa de enfermedades, además se pueden generar diferentes tipos de vectores (moscas, zancudos, roedores, etc.)
- Baja calidad de vida de los habitantes; cuando se presentan problemas de salud se crean gastos extra para las personas involucradas, igualmente la desvalorización de los predios, daños en los cultivos y afecciones sufridas por los diferentes animales causan un efecto en la economía.

- Posible sanción o cierre por parte de la entidad sanitaria o ambiental originando así desempleo en la zona de influencia de la unidad productora.

Figura 2.1 Almacenamiento y salida agua lavado de herramientas.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir la carga contaminante generada por las aguas residuales producidas en la fabricación de la panela, mediante la implementación de un sistema modelo de tratamiento de aguas residuales industriales.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar el vertimiento de agua en el proceso de producción de panela, que permita dar un diagnostico del daño que se presenta en la zona de influencia.
- Diseñar, Construir y poner en funcionamiento un sistema modelo para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la producción de panela.
- Reducir la carga contaminante implementando un sistema modelo de tratamiento de aguas residuales.
- Verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental.

4. DEFINICIONES

ABSORCIÓN: Concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

ACIDEZ: Capacidad de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo. Se mide cuantitativamente por titulación con una solución alcalina normalizada y se expresa usualmente en términos de mg/L como carbonato de calcio.

ADSORCIÓN: Transferencia de una masa gaseosa, líquida o de material disuelto a la superficie de un sólido.

AFLUENTE: Agua; agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o a algún proceso de tratamiento.

AGLUTINANTE: sustancia que obra como agente de cohesión entre las partículas sólidas dispersas en un líquido.

AGUAS CRUDAS: Aguas residuales que no han sido tratadas.

AGUAS RESIDUALES: agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

AGUAS SERVIDAS: Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos y otros artefactos que no descargan materias fecales.

AIREACIÓN: Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

AMBIENTE AEROBIO: Proceso que requiere o no es destruido por la presencia de oxígeno.

AMBIENTE ANAEROBIO: proceso desarrollado en ausencia de oxígeno molecular.

ANÁLISIS: Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.

BACTERIA: Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.

BIODEGRADACIÓN: Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

BIOPELÍCULA: Película biológica adherida a un medio sólido que lleva acabo la degradación de la materia orgánica.

CACHAZA: subproducto del proceso de producción obtenido de la limpieza del jugo en caliente, con la cual se obtiene una masa semisólida compuesta entre otros por jugo, bagacillo, tierra y precursores color.

CÁMARA: Compartimiento con paredes, empleado para un propósito específico.

CARBÓN ACTIVADO: Forma altamente absorbente del carbón usado para remover olores y sustancias tóxicas de líquidos o emisiones gaseosas. En el

tratamiento del agua este carbón se utiliza para remover materia orgánica disuelta en el agua residual.

CARGA DE DISEÑO: Producto del caudal por la concentración de un parámetro específico; se usa para dimensionar un proceso de tratamiento, en condiciones aceptables de operación. Tiene unidades de masa por unidad de tiempo (M/T).

CARGA ORGÁNICA: Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (Kg/d).

CARGA SUPERFICIAL: Caudal o masa de un parámetro por unidad de área y por unidad de tiempo, que se emplea para dimensionar un proceso de tratamiento $m^3 / (m^2 \text{ día})$.

CAUDAL MEDIO: Caudal medio anual.

COLIFORME FETAL: Grupo bacteriano presentes en los intestinos de los mamíferos y los suelos.

CONCENTRACIÓN: Denomínese concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación entre su peso y el volumen de líquido que lo contiene.

CRITERIOS DE DISEÑO: 1. Normas o guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso estructura o componente de un sistema. 2. Guías que especifican detalles de construcción y materiales.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO): Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente 5 días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO): Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales orgánicas de permanganato o dicromato en ambiente ácido y a altas temperaturas.

DESCACHAZADO: se refiere a la limpieza de los jugos, consiste en retirar todas aquellas impurezas suspendidas integradas el jugo que no poseen ningún carácter nutricional pero que si repercuten en la calidad final de la panela.

DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA: Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de generación de ácidos y gas metano.

DESECHOS ÁCIDOS: Contienen una apreciable cantidad de acidez y se caracterizan por tener un pH bajo.

DESECHOS INDUSTRIALES: Desechos líquidos de la manufactura de un producto específico. Usualmente son más concentrados y tienen mayores variaciones de caudal que los desechos domésticos.

DESINFECCIÓN: Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

DIGESTIÓN AEROBIA: descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

DIGESTIÓN ANAEROBIA: Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en ausencia de oxígeno.

DISPOSICIÓN FINAL: Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.

DOTACIÓN: Cantidad de agua asignada a una población o habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

DUREZA: Característica del agua debida a la presencia de varias sales.

EFICIENCIA DE TRATAMIENTO: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el efluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

EFLUENTE FINAL: Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

EFLUENTE: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

ESPUMA Sustancia espesa que se forma sobre el agua almacenada en el tanque séptico, compuesto por residuos grasos y otro tipo de desechos orgánicos e inorgánicos flotantes.

FILTRACIÓN: Proceso mediante el cual se remueve las partículas suspendidas o coloidales del agua al hacerlas pasar por un medio poroso.

FILTRO ANAEROBIO: Consiste en una columna llenada con varios tipos de medios sólidos usados para el tratamiento de la materia orgánica carbonácea en aguas residuales.

GRANULOMETRÍA: Técnica para la medida del tamaño de los granos o partículas y estudio de la distribución de los mismos con arreglo a una escala de clasificación.

IMPACTO AMBIENTAL: Afectación del entorno ocasionad por la realización de una obra.

IMPERMEABLE: Capacidad de un objeto de no ser traspasado por el agua u otro líquido.

INFILTRACION: introducción o penetración paulatina de un líquido entre los poros de un sólido.

LECHO DE FILTRACIÓN: Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo.

LODOS: Sólidos que se encuentran en el fondo del tanque séptico.

MATERIAL FLOTANTE: Aquellos materiales que se sostienen en equilibrio en la superficie del agua que influyen en su apariencia.

MUESTREO AUTOMÁTICO: Los muestreos automáticos pueden eliminar los errores humanos introducido en el muestreo manual, reducir los costos, proveer un mayor número de muestreos; su uso se incrementa día a día. Debe asegurarse que el muestreador automático no contamine la muestra.

MUESTREO MANUAL: El que no se realiza con equipos. Puede ser muy costoso y demorado para muestreos a gran escala.

OXÍGENO DISUELTO: Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación.

pH: Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones de hidrogeno, en moles por litro.

PLANTA DE TRATAMIENTO (DE AGUAS RESIDUALES): Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

PLANTA PILOTO: Planta de tratamiento a escala de laboratorio o técnica, que sirve para el estudio de la tratabilidad de un desecho líquido o la determinación de las constantes cinéticas y los parámetros de diseño del proceso.

POBLACIÓN EQUIVALENTE: Población estimada al relacionar la carga total o volumen total de un parámetro en un efluente (DBO, sólidos suspendidos, caudal) con el correspondiente aporte per cápita (KgDBO/hab día).

PRETRATAMIENTO: Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final.

PROCESO BIOLÓGICO: Proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del desecho, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos (lodos activados, filtros percoladores, digestión, etc.).

REACTOR: Estructura hidráulica en la cual un proceso químico, físico o biológico se lleva a cabo.

SACAROSA: compuesto químico carbonatado cuya fórmula empírica es $C_{12}H_{22}O_{11}$ que en química se denomina azúcar de caña.

SEDIMENTACIÓN: Proceso de clarificación de las aguas residuales mediante la precipitación de la materia orgánica o la materia putrescible.

SÓLIDOS DISUELTOS: Mezcla de un sólido (soluto) en un líquido solvente en forma homogénea.

SÓLIDOS NO SEDIMENTABLES: Materia sólida que no se sedimenta en un período de una hora, generalmente.

SÓLIDOS SEDIMENTABLES: Materia sólida que sedimenta en un período de una hora.

TABIQUE: Pared o muro delgado que separa dos espacios.

TANQUE SÉPTICO: sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas; combina la sedimentación y la digestión. Los sólidos sedimentables acumulados se remueven periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento.

TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO: Tiempo medio que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil.

TIEMPO DE OPERACIÓN: Período de funcionamiento de un sistema.

TRATAMIENTO ANAEROBIO: Estabilización de un desecho por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO: Procesos de tratamiento en los cuales se intensifica la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utiliza para la remoción de material orgánico disuelto.

ZANJA: Excavación larga y estrecha que se hace en la tierra.

5. AGUA RESIDUALES

Pueden definirse como 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.

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.

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como:

- **Domésticas:** son aquellas utilizadas para fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de edificaciones, también por residuos originados en establecimientos públicos y similares.
- **Industriales:** son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- **Infiltración y caudal adicionales:** las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado o a través de empalmes de tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc.
- **Pluviales:** son aguas de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua se drena y otra escurre por la superficie, arrastrando arena tierra, hojas y otros residuos que puedan estar sobre el suelo.

5.1 AGUAS RESIDUALES URBANAS

Son los vertimientos que se producen en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades que realizan. Los aportes causados por este tipo de aguas son:

- Aguas negras o fecales
- Aguas de lavado doméstico
- Aguas provenientes de sistemas de drenaje de calles y avenidas
- Aguas de lluvia

Las aguas residuales urbanas presentan cierta homogeneidad en su composición y carga contaminante, sus aportes siempre son los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios y las características de cada vertimiento humano dependen del núcleo de población en el que se crean.

Entre los principales contaminantes de agua se encuentra: materia orgánica en suspensión o disuelta, Nitrógeno (N), Fosforo (P), Cloruro de Sodio (NaCl) y otras sales minerales. Las aguas residuales de lavado de calles arrastra principalmente materia sólida inorgánica en suspensión, además de otros productos (fenoles, plomo-escape de vehículos, insecticidas-jardines)

Los contaminantes de mayor interés en el tratamiento de las aguas residuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.1. Principales Contaminantes en las Aguas Residuales

Contaminantes	Motivo de su importancia
Sólidos suspendidos	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas
Microorganismos patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el Fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesiva en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
Contaminantes importantes	Compuestos orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

Fuente: Aguas Residuales y Tratamiento de Efluentes G.E.I.A – U.T.N.

5.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

En concreto, las aguas residuales industriales son las que resultan de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de drenaje y de proceso.

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

Las aguas residuales de proceso provienen del empleo del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa, etc. La contaminación se produce por el contacto con los productos de fabricación o los líquidos residuales. Habitualmente, la concentración por agentes contaminantes es diez veces inferior a los líquidos residuales, pero su caudal puede llegar a ser cincuenta veces superior.

Las aguas de drenaje proceden principalmente de las pluviales. Su contaminación, si existe es muy baja y procede de zonas de almacenaje de productos al aire libre, derrames de productos en vías y zonas a la intemperie, rodadas de vehículos, etc. Según la actividad de la industria, su tratamiento debe tomar cierta importancia.

Las industrias se clasifican en cinco grupos según sus vertidos:

- **Industrias con efluentes principalmente orgánicos:** papeleras, azucareras, mataderos, curtidos, conserveras, lecherías y subproductos,

fermentaciones, preparación de productos alimenticios, bebidas y lavanderías.

- **Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos:** refinерías y Petroquímicas, coquerías, químicas y textiles.
- **Industrias con efluentes principalmente inorgánicos:** Químicas, limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas.
- **Industrias con efluentes con materias en suspensión:** lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales, laminación en caliente y colada.
- **Industrias con efluentes de refrigeración:** centrales térmicas y centrales nucleares.

El vertido de aguas residuales, según el proceso productivo, será continuo, con una entrada y salida de agua permanente, procesos de transporte, refrigeración, etc., o discontinuo, de menor caudal pero mucho más contaminado. Cada tipo de actividad industrial, según el proceso, vierte un agua residual caracterizada por una contaminación tipo determinada. De modo general se conocen los parámetros característicos de cada una de ellas, pero es necesaria una determinación detallada para valorar su tratamiento y posterior incidencia en el medio receptor. En resumen, las contaminaciones básicas, según el tipo de industria son:

- **Industria lechera:** concentración de materia orgánica.
- **Industria petroquímica:** concentración de materia orgánica, aceites, fenoles, amoníaco y sulfuros.
- **Industria del curtido:** alcalinidad, concentración de materia orgánica, materia en suspensión, materia decantable, sulfuros y cromo.
- **Industria papelera:** color, concentración de materia orgánica, materia en suspensión y materia decantable, pH y AOX-EOX.
- **Industrias de lavado de mineral:** concentración de productos tóxicos empleados, sólidos en suspensión y sedimentables.

- **Industria de acabado de metales:** pH, concentración de cianuros y metales pesados.
- **Industria siderúrgica:** concentración de materia orgánica, fenoles, alquitranes, cianuros libres y complejos, sulfuros, materias en suspensión, hierro, aceites, grasas y pH.
- **Industria de laminación en caliente:** concentración de aceites, grasas y sólidos en suspensión.
- **Plantas de ácido sulfúrico:** concentración de ácidos, sólidos sedimentables, arsénico, selenio y mercurio.

Por otro lado, existen otros contaminantes, denominados "contaminantes específicos", los cuales, resultan de industrias muy concretas y, normalmente, punteras, se caracterizan por ser altamente contaminantes a concentraciones de partes por billón. En este grupo se encuentran agentes tensoactivos, pesticidas, derivados halogenados o fosforados de hidrocarburos, compuestos orgánicos específicos, sales metálicas, compuestos eutrofizantes, etc.

Es muy difícil establecer parámetros medios de concentraciones de agentes contaminantes en las distintas industrias, debido a que incluso en el mismo sector, existen diferencias entre dos instalaciones. Con el objetivo de generalizar la carga contaminante contenida en las aguas residuales, por lo menos en lo que respecta a la concentración de materia orgánica, en previsión a tratamientos en plantas depuradoras, se recurre al concepto de "población equivalente", determinado por la relación entre la DBO del agua residual y la que aporta un habitante por día.

Todos los parámetros mencionados sirven básicamente para comenzar a clasificar y caracterizar las aguas procedentes de cualquier industria. A partir de aquí, la legislación obliga a su tratamiento previo al vertido con el objeto de

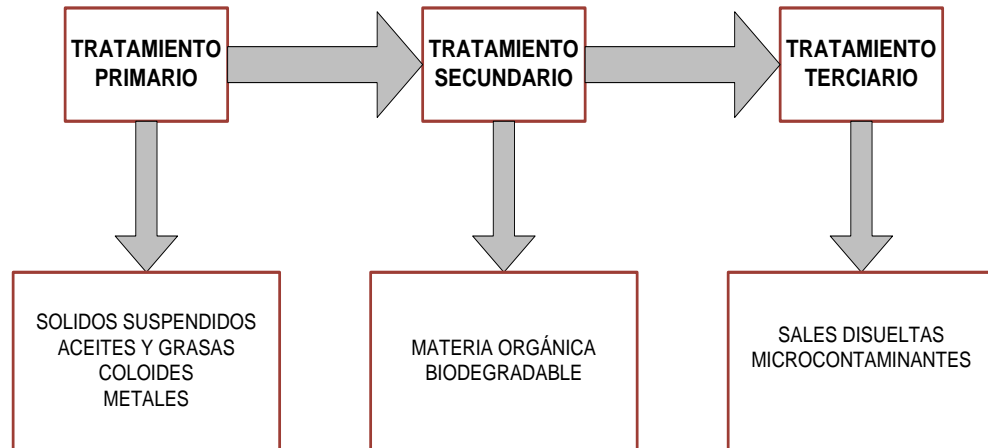
reducir al mínimo los impactos negativos sobre los cauces que soporten los vertidos.

5.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Al igual que en las aguas residuales urbanas, para el tratamiento de las aguas residuales industriales se puede hablar de los mismos procesos generales: tratamientos primarios, secundarios y terciarios. Los principales tratamientos en cada una de las categorías son:

- **Pretratamientos y tratamientos primarios:** cribado, neutralización, coagulación-floculación, sedimentación, filtración, floculación, desarenado y desaceitado. Tienen por objeto la eliminación de sólidos en suspensión, coloides, metales pesados y aceites y grasas.
- **Tratamientos secundarios:** lodos activados, filtros percoladores, lagunaje, etc. Se elimina materia orgánica biodegradable.
- **Tratamientos terciarios:**
 - procesos de oxidación (destrucción o transformación de materia orgánica y compuestos inorgánicos oxidables) y de reducción.
 - Procesos de precipitación química: eliminación de metales y aniones inorgánicos.
 - Arrastre con aire o vapor (stripping): eliminación de compuestos volátiles.

Figura 5.1. Clases de Tratamientos de Aguas Residuales



5.3.1 Tratamientos Físico-químico

Tratamientos Primarios

- **Homogenización de efluentes:** con la mezcla y homogenización de los distintos efluentes formados en el proceso productivo se consigue disminuir las fluctuaciones en el caudal de los diferentes vertidos, consiguiendo una única corriente de caudal y concentración relativamente constante. normalmente se realiza en tanques agitados.
- **Cribado:** Al igual que en el caso de las aguas residuales urbanas, esta etapa sirve para eliminar los sólidos de gran tamaño presentes en el agua. Se acostumbra realizarlo mediante rejillas, con aberturas entre 5-90 mm.
- **Neutralización:** La neutralización (tratamiento ácido-base del agua residual) puede utilizarse para los siguientes fines:

- Ajuste final del pH del efluente último antes de la descarga al medio receptor: 5.5 - 9
- Antes del tratamiento biológico: pH entre 6.5 - 8.5 para una actividad biológica óptima.
- Precipitación de metales pesados; es la aplicación más importante. Intervienen diversos factores: producto de solubilidad del metal, pH óptimo de precipitación, concentración del metal y del agente precipitante, presencia de agentes complejantes del metal (cianuros, amonio). Los metales pesados se precipitan normalmente en forma de hidróxidos, utilizando cal hasta alcanzar el pH óptimo de precipitación (6-11).

- **Coagulación-floculación:** para eliminar sólidos en suspensión y material coloidal.

La Coagulación consiste en la desestabilización de las partículas coloidales, empleando productos químicos (coagulantes) que neutralizan la carga eléctrica de los coloides; la Floculación consiste en la agrupación de las partículas coloidales desestabilizadas, formando agregados de mayor tamaño denominados “flóculos”, los cuales sedimentan por gravedad. Para favorecer la formación de flóculos más voluminosos y su sedimentación, se pueden utilizar determinados productos químicos (floculantes), generalmente de naturaleza polimérica. Estos floculantes establecen puentes de unión entre los flóculos inicialmente formados.

Los principales compuestos químicos usados como coagulantes son:

- sales de aluminio: sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, policloruro de aluminio (polímero inorgánico de aluminio).
 - Sales de hierro: cloruro de hierro (III), sulfato de hierro (III).
- **Decantación:** Se utiliza para la eliminación de materia en suspensión que pueda llevar el agua residual, eliminación de los flóculos precipitados en el

proceso de coagulación-floculación o separación de contaminantes en un proceso de precipitación.

- **Filtración:** La filtración es una operación que consiste en hacer pasar un líquido que contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros.
- **Separación de fases:** Separación sólido-líquido: separación de sólidos en suspensión. Es frecuente emplear la sedimentación, la flotación (para sólidos de baja densidad) y la filtración. Separación líquido-líquido: la separación de aceites y grasas es la aplicación más usual.

Tratamientos Terciarios

El objetivo principal de los tratamientos terciarios es la eliminación de contaminantes que perduran después de aplicar los tratamientos primario y secundario; son tratamientos específicos y costosos, que se usan cuando se requiere un efluente final de mayor calidad que el obtenido con los tratamientos convencionales. Las principales técnicas son:

- **Arrastre con vapor de agua o aire:** Denominados como procesos de *stripping*, para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV), como disolventes clorados (tricloroetileno, clorobenceno, dicloroetileno, etc.) o contaminantes gaseosos (amoníaco, etc.).
- **Procesos de membrana:** En estos procesos el agua residual pasa a través de una membrana porosa, mediante la adición de una fuerza impulsora,

consiguiendo una separación en función del tamaño de las moléculas presentes en el efluente y del tamaño de poro de la membrana.

- **Intercambio iónico:** Sirve para eliminar sales minerales, las cuales son eliminadas del agua residual que atraviesa una resina, por intercambio con otros iones (H^+ en las resinas de intercambio catiónico y OH^- en las de intercambio aniónico) contenidos en la misma.
- **Adsorción con carbón activo:** Para eliminar compuestos orgánicos. Se puede utilizar en forma granular (columnas de carbón activado granular: GAC) y en polvo (PAC).
- **Procesos de oxidación:** Sirven para eliminar o transformar materia orgánica y materia inorgánica oxidable.

5.3.2 Tratamientos Biológicos o Secundarios

Los tratamientos secundarios son procesos biológicos, en los que la depuración de la materia orgánica biodegradable del agua residual se efectúa por la actuación de microorganismos (fundamentalmente bacterias), que se mantienen en suspensión en el agua o bien se adhieren a un soporte sólido formando una capa de crecimiento.

Los efluentes industriales con carga orgánica depurable por métodos biológicos, corresponden principalmente a industrias de carácter agroalimentario, aunque otras industrias como papeleras, farmacéuticas, etc., también producen vertidos que pueden ser sometidos a estos tratamientos secundarios.

Los procesos biológicos pueden ser de dos tipos principales: aerobios y anaerobios (en ausencia de aire); en general, para aguas con alta carga orgánica (industrias agroalimentarias, residuos ganaderos, etc.) se emplean sistemas anaerobios y para aguas no muy cargadas, sistemas aerobios

Los tratamientos biológicos incluyen tanto el proceso de reacciones biológicas comentado, como la posterior separación de los fangos por decantación. Entre las variables a controlar en estos procesos se encuentran la temperatura (en anaerobios esencialmente), oxígeno disuelto, el pH, nutrientes, sales y la presencia de inhibidores de las reacciones.

Tratamientos Aerobios

Los más empleados son el de lodos activados y tratamientos de bajo costo: filtros percoladores, biodiscos, biocilindros, lechos de turba, filtros verdes y lagunaje (este sistema se puede considerar como “mixto”, ya que se dan tanto en procesos aerobios como anaerobios, dependiendo de la profundidad). En todos estos procesos, la materia orgánica se descompone convirtiéndose en dióxido de carbono, y en especies minerales oxidadas.

Figura 5.2. Filtro Percolador y Medio Filtrante



Fuente: Imagen de google (www.egevasa.es) (www.popempresas.com)

Tratamientos Anaerobios

La descomposición de la materia orgánica por las bacterias se realiza en ausencia de aire, utilizándose reactores cerrados; en un proceso anaerobio, la mayoría de las sustancias orgánicas se convierte en dióxido de carbono y metano. Los productos finales de la digestión anaerobia son el biogás (mezcla gaseosa de metano, dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno), que se puede aprovechar para la producción energética, y los lodos de digestión (compuestos no biodegradables y biomasa). Estos tratamientos tienen tres aplicaciones principales:

- Residuos ganaderos.
- Aguas residuales industriales con alta carga orgánica.
- Lodos de depuradora.

Figura 5.3. Reactor UASB



Fuente Imagen de google (4.bp.blogspot.com) (img.en china.cn)

Tratamientos mixtos

En algunos casos se utilizan tratamientos aerobios y anaerobios, bien de forma consecutiva, alternante o produciéndose ambos a la vez. Esto último es lo que sucede en las denominadas lagunas facultativas, con zonas de depuración aerobia (zona superficial) y anaerobia (zonas profundas). En los sistemas de lagunaje se combinan las lagunas de los tres tipos, anaerobias, aerobias y facultativas.

5.3.3 Tratamiento de los Fangos

En todo tratamiento de aguas residuales se producen, junto al agua depurada, una serie de lodos o fangos que deben ser manipulados adecuadamente. Según el tipo de tratamiento y la naturaleza de los contaminantes eliminados, serán lodos de naturaleza predominantemente inorgánica u orgánica. Los objetivos finales buscados en el tratamiento de los lodos son:

- **Reducción de volumen:** concentración del fango para hacer más fácil su manejo.
- **Reducción del poder de fermentación:** reducción de materia orgánica y de patógenos, para evitar la producción de olores y la evolución del lodo sin control.

Las principales etapas en el tratamiento de los lodos son: espesamiento (concentración) por decantación o flotación, digestión (estabilización para fangos fermentables), deshidratación y evacuación.

- **Espesamiento:** reducción de volumen en tanques de sedimentación o flotación, según la naturaleza del fango. A veces se realiza un acondicionamiento previo, de tipo físico-químico coagulación-floculación.

- **Digestión:** para fangos de naturaleza orgánica. En procesos de carácter aerobio (similar a fangos activos) o anaerobio (aprovechamiento energético).
- **Deshidratación y secado:** con el objetivo de una eliminación completa del agua del fango. Normalmente con una etapa de acondicionamiento previo. Métodos más utilizados: filtros de vacío, filtros prensa, filtros banda, centrifugas, evaporación térmica o en eras de secado.
- **Evacuación:** depósito o destino final de los lodos. Métodos principales: vertedero de seguridad o de residuos sólidos urbanos según sus características; incineración con o sin adición de combustible adicional según el poder calorífico de los lodos, se generan cenizas, escorias y gases que necesitan tratamiento, con o sin recuperación de energía; compostaje, descomposición biológica controlada, de la materia orgánica, en condiciones aerobias, con el fin de obtener “compost” (abono orgánico).

Figura 5.4. Lechos de Secado de Lodos



Fuente: Imagen de google (www.agualimpia.com/civil7)

6. SECTOR PANELERO

La producción de panela ha sido tradicionalmente una de las principales actividades de las zonas rurales andinas de Colombia, actualmente muchas de las familias de estas zonas derivan sus ingresos del beneficio de la caña para producir panela, siendo el segundo generador de empleo rural después del café. Colombia es el segundo productor mundial dentro de aproximadamente 25 países que elaboran este producto, además es el principal consumidor de panela en el mundo.

6.1 AREA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS

Aproximadamente 25 países en el mundo producen panela y Colombia es el segundo. Para el periodo 1998-2002, India participó con el 86% de producción mundial, mientras que Colombia con el 13,9%, concentrándose la producción mundial de panela en estos dos países.

Tabla 6.1. Principales Productores de Panela a Nivel Mundial

Puesto	País	1998	2002	Producción Acumulada 1998-2002
1	India	8,404,000	7,214,000	42,448,000
2	Colombia	1,175,650	1,470,000	6,858,840
3	Pakistán	823	600	2,872
4	Myanmar	183	610	2,486
5	Bangladesh	472	298	2,145

Fuente: El Guía Sector Panelero Colombiano 2002

En el año 2005 el país contó con 308.238 hectáreas sembradas en caña destinada a la producción de panela, distribuida en 23 departamentos, representando el 6.55 del área total sembrada en el país.

Tabla 6.2. Participación Departamental-2005

Variable	Antioquia	Boyacá	Caldas	Cauca	Cund	Huila	Nariño	N. Sant	Santander	Tolima	Valle
Área	16%	8%	7%	7%	23%	6%	7%	4%	9%	6%	2%
Producción	9%	15%	5%	3%	14%	9%	8%	3%	21%	5%	2%

Fuente: El Guía Sector Panelero Colombiano 2005

El área sembrada se centró en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Santander, Nariño y Caldas con el 70% del total nacional, zonas que a su vez aportan el 72% de la producción nacional. Es de resaltar que solo tres departamentos, Santander, Boyacá y Cundinamarca contribuyen con el 50% de la producción de panela del país, en especial por los altos rendimientos de la Hoya del Río Suarez (Boyacá y Santander), los cuales se ubican entre 13 y 15 toneladas por hectárea.

En el 2005 se produjeron en el país 1,784.035 toneladas de panela, las cuales participaron con el 1.95% del PIB agropecuario total, con el 4.28% del agrícola sin café y con el 3.57% del total agrícola con café.

Según cálculos de la Federación Nacional de Paneleros- Fedepanela, existen en el país alrededor de 23.000 trapiches, con capacidad de proceso entre 50 y 300 Kg/hora de panela, diferencia dada por condiciones geográficas, lo que a su vez influye en el tipo de metodología empleada.

Respecto a su tamaño Fedepanela estima que cerca del 83% de las unidades productoras se sitúan en el rango de “pequeñas” (capacidad instalada menor a 100 Kg/hora), 15% en el rango de “medianas” (capacidad instalada menor a 150-250 Kg/hora) y tan solo 2% se clasifican como unidades productoras “grandes” (capacidad instalada superior a 250 Kg/hora).

6.2 IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA

La actividad panelera se considera como la segunda agroindustria rural después del café, por el número de establecimientos productivos, el área sembrada y la mano de obra vinculada. Se calcula que esta actividad proporciona 353.366 empleos directos.

Se considera que Colombia es el primer consumidor per cápita con 38.6 kilos. La panela es un edulcorante de bajo costo, con aportes importantes de minerales y trazas de vitaminas. Algunos estudios indican que el consumo de panela alcanza el 2.18% (en algunas zonas hasta el 9%) del gasto en alimentos en los sectores de bajos ingresos.

Durante los últimos quince años, esta actividad ha sido objeto de intensas investigaciones por parte de diferentes instituciones públicas y privadas, que han tenido el propósito de desarrollar herramientas que les permitan a los productores ser más competitivos y mejorar sus relaciones con el entorno en el que se desarrolla su actividad.

Pese a los desarrollos tecnológicos ofrecidos a los productores paneleros, se presenta un limitado acceso debido entre otros a los costos de nuevas las tecnologías, falta de programas de capacitación y acompañamiento técnico; pero fundamentalmente a que las unidades productoras se encuentran dispersas a lo largo de la geografía andina del país, en la franja altimétrica

comprendida entre los 700 y los 2000 msnm, en terrenos de ladera la gran mayoría, con topografías abruptas y de difícil acceso, que ocasionan bajos volúmenes de producción y dependencia absoluta de intermediarios que les presentan cifras de dinero que algunas veces no alcanza para cubrir los costos de producción y las necesidades básicas de las familias, sin que se puedan exceder para adquirir las tecnologías de producción ofrecidas y continúen desarrollando la actividad con los recursos deficientes que contribuyen al deterioro ambiental progresivo de las regiones.

6.3 PROCESO DE PRODUCCION

Para efectos del desarrollo de un proyecto panelero se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Área de influencia directa:** Corresponde, desde el punto de vista físico a la superficie del lote destinado al cultivo de la caña, ubicación del trapiche hasta sus linderos.
- **Área de influencia indirecta:** Está relacionada con áreas dedicadas a otros cultivos y al futuro desarrollo del cultivo de caña o ampliación del trapiche.
- **Componente biótico:** relacionado con la cobertura vegetal tanto del área directa como de la indirecta donde se desarrolla el proyecto, incluye uso actual del suelo, aspectos faunísticos y florísticos.
- **Componente hídrico:** Son las fuentes de aguas superficiales y subterráneas (si hay nacimientos) cercanas al predio.

- **Componente atmosférico:** Esta relacionado con el clima en cuanto a la precipitación, temperatura, humedad y calidad del aire referida a contaminación atmosférica.
- **Componente físico:** Contempla los suelos de acuerdo al perfil estratigráfico, nivel freático, descripción topográfica y su clasificación agrícola.
- **Componente sonoro:** Relacionado con el nivel de ruido existente tanto en el área de influencia directa como indirecta, comparados frente a la norma.

6.4 ACTIVIDADES DE POST-COSECHA O BENEFICIO

Una vez cosechada la caña, se continúa con su beneficio que incluye el conjunto de operaciones tecnológicas posteriores al corte de la caña que se traduce en la obtención del producto final conocido como panela, según el orden siguiente:

- **Apronte:** En esta operación se reúnen las labores de recolección de la caña cortada en los lotes, su transporte (mecanizado: por góndolas; no mecanizado: mula o caballo) desde el campo hasta el trapiche y su almacenamiento.

Figura 6.1. Disposición inicial de caña (Apronte).



- **Extracción de jugos:** Este proceso también se conoce como “molienda”, actividad que consiste en hacer pasar la caña por el molino o tren de molinos y así propiciar la salida del jugo de los tallos. Del procedimiento se obtiene el jugo y el bagazo, el primero continua su paso hasta convertirse en panela y el segundo se lleva hasta un sitio llamado “bagacera”.

Figura 6.2. Extracción del jugo (molienda).



Prelimpieza de jugos: Se basa en la limpieza del jugo a temperatura ambiente una vez ha salido del molino, utilizando para ello un equipo de decantación denominado “prelimpiador” que por efecto de la gravedad envía al

fondo las partículas más pesadas; retirando una fracción importante de los sólidos.

Figura 6.3. Prelimpieza de jugos.



- **Limpieza de jugos:** Conocido como “descachazado”, en este se retiran las impurezas sólidas suspendidas en el jugo. La limpieza se realiza por medios físicos de separación sencillos, a través de la adición de calor y agentes bioquímicos (flotantes o aglutinantes).

Figura 6.4. Limpieza de de jugos (Descachazado).



- **Evaporación y concentración:** Aquí se elimina la mayor parte de agua presente en el jugo, de tal manera que los sólidos se concentran hasta alcanzar su estado de miel.

Figura 6.5. Paila para la evaporación de jugos.



- **Punteo:** En esta fase se logra la mayor concentración de sólidos, aquí se corre el riesgo de quemar la miel, para esto se requiere una persona de mucha experiencia.

Figura 6.6. Operación de punteo de la miel.



- **Batido:** En esta operación la miel se pasa a unas bandejas en donde dos operarios baten la miel y la enfrían para pasarla finalmente a la zona de moldeo.

Figura 6.7. Maniobra de batido de la panela.



- **Moldeo de la panela:** En dicha etapa se da forma a la masa de miel con ayuda de moldes para ofrecer diversas presentaciones.

Figura 6.8. Molde para disposicion final de la panela.



- **Empaque:** Es la protección superficial del producto frente a la manipulación, condiciones ambientales y de almacenamiento.

Figura 6.9. Empaque de las unidades.

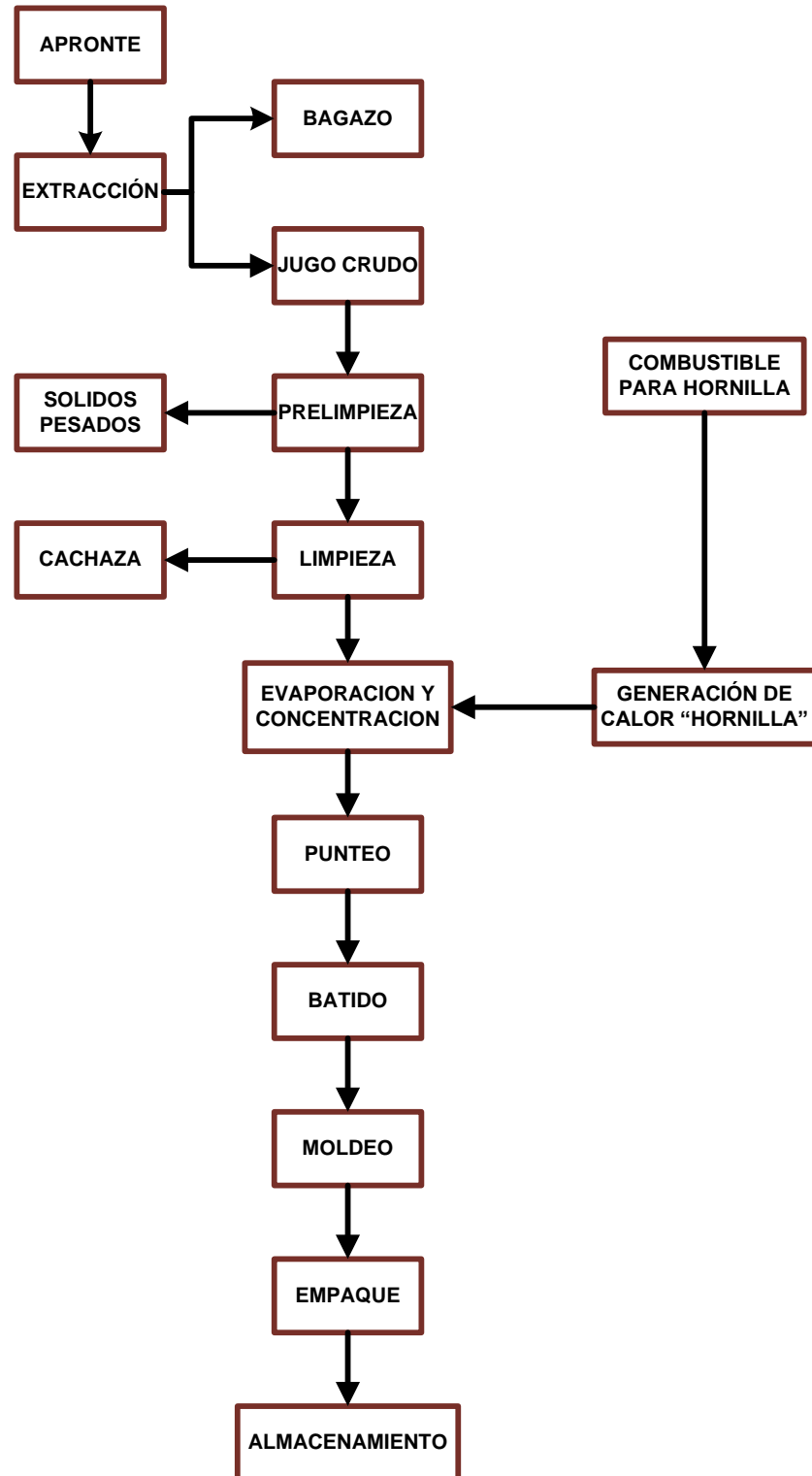


- **Almacenamiento:** Está definido como el espacio donde permanece el producto hasta que es ofrecido a los consumidores.

Figura 6.10. Disposición final en el trapiche.



Figura 6.11. Diagrama de flujo actividades de pos-cosecha



6.5 DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

A continuación se presenta la ficha de impacto ambiental enfatizada en recursos como el agua y a nivel social:

Tabla 6.3. Tabla del impacto ambiental.

IMPACTO	ACTIVIDAD	lavado de herminas	arrume del bago	manejo de hornilla	unidades ambientales
	AGUA	Aportes de DBO (materia orgánica)	■	■	■
	consumo				■
SOCIAL	Generación de empleo	■	■	■	■
	órganos de los sentidos		■		
	traumatismos		■		
	dermatitis y alergias		■	■	
	musculo esqueléticos		■	■	

IMPACTO BAJO ■ IMPACTO MEDIO ■ IMPACTO ALTO ■

Fuente guía del sector panelero

7. NORMATIVIDAD

Las sustancias y/o microorganismos presentes en el agua le otorgan una serie de características físicas, químicas y biológicas que determinan su calidad y están contempladas y reglamentadas en la legislación nacional. La mayoría de los parámetros se expresan por la concentración de un elemento presente en el agua; sin embargo hay otros como color, turbiedad, alcalinidad, acidez, que no se expresan por la concentración de un elemento determinado, sino miden el efecto de una combinación de sustancias.

La normatividad existente fija los valores admisibles o deseables de algunas de las características presentes en el agua, con el objetivo de determinar su calidad y favorecer la preservación del medio ambiente y la salud humana.

Cuando hablamos de calidad del agua, es necesario tener en cuenta el uso que se le da al recurso; puesto que un agua suficientemente limpia que permita la práctica de deportes acuáticos, puede no ser útil para un uso de tipo industrial. Esto significa que el agua se encuentra contaminada cuando su uso potencial se ve afectado.

Al enfocarnos en el sector panelero se pueden observar numerosos problemas que se derivan a causa de las inadecuadas e incluso inexistentes instalaciones sanitarias, ocasionando contaminación en el agua y afectando la salud humana. Es de percibir que muchos de los trabajadores de este sector desconocen por completo el tema ambiental, además se advierte que las *soluciones ambientales* se realizan por métodos de conocimiento popular que no son siempre convenientes.

Los vertimientos generados por el sector panelero están compuestos principalmente de altos contenidos de sacarosa y sólidos suspendidos, dichos vertimientos provienen primordialmente de:

- Lavado de pailas y herramientas utilizadas en la jornada de producción.
- Lavado de áreas de proceso.

La legislación pertinente al sector panelero y referente a los vertimientos líquidos generados por este se enmarcan dentro de las siguientes normas legales:

Tabla 7.1. Normatividad para vertimientos del sector panelero.

NORMA	DISPOSICIÓN
Ley 9 de 1979	Código sanitario nacional y de protección al medio ambiente.
Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Salud	En cuanto a usos del agua y residuos líquidos (Vertimientos)
Decreto 1541 de 1978 Ministerio de Agricultura	Procedimiento para el otorgamiento de concesiones de agua. Control de vertimientos líquidos domésticos e industriales.

Fuente: Diagnostico Integral Sector Panelero Caldas.

7.1 LEY 9 DE 1979

El congreso de la república decreta:

TITULO I: DE LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Objeto

Artículo 1: Para la protección del Medio Ambiente la presente ley establece:

- a) Las normas generales que sirvan de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana.
- b) Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legislación y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o puedan afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.

Parágrafo: Para los efectos de aplicación de esta Ley se entenderán por condiciones sanitarias del Ambiente las necesarias para asegurar el bienestar y la salud humana.

Artículo 2: Cuando en esta Ley o en sus reglamentaciones se hable de aguas, se entenderán tanto las públicas como las privadas.

Las normas de protección de la calidad de las aguas se aplican tanto a unas como a otras.

Del control sanitario de los usos del agua

Artículo 3: Para el control sanitario de los usos del agua se tendrán en cuenta las siguientes opciones, sin que su enunciación indique orden de prioridad

- a) Consumo humano
- b) Doméstico
- c) Preservación de la flora y fauna
- d) Agrícola y pecuario
- e) Recreativo
- f) Industrial
- g) Transporte

Artículo 4: El Ministerio de la Salud establecerá cuáles usos que produzcan o puedan producir contaminación de las aguas, requerirán su autorización previa a la concesión o permiso que otorgue la autoridad competente para el uso del recurso.

Artículo 5: El Ministerio de la Salud queda facultado para establecer las características deseables y admisibles que deben tener las aguas para efectos del control sanitario.

Artículo 6: En la determinación de las características deseables y admisibles de las aguas deberá tenerse en cuenta, por lo menos uno de los siguientes criterios:

- a) La preservación de sus características naturales.
- b) La conservación de ciertos límites acordes con las necesidades del consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.
- c) El mejoramiento de sus características hasta alcanzar las cualidades para consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

Artículo 7: Todo usuario de las aguas debe cumplir, además de las disposiciones que establece la autoridad encargada de administrar los recursos naturales, las especificaciones que establece el Ministerio de Salud.

Artículo 8: La descarga de residuos en las aguas debería ajustarse a las reglamentaciones que establezca el Ministerio de Salud.

Artículo 9: No podrán utilizarse las aguas como sitio de disposición final de residuos sólidos, salvo los casos que autorice el Ministerio de Salud

Residuos Líquidos

Artículo 10: Todo vertimiento de residuos líquidos deberá someterse a los requisitos y condiciones que establezca el Ministerio de Salud, teniendo en cuenta las características del sistema de alcantarillado y de la fuente receptora correspondiente.

Artículo 11: Antes de instalar cualquier establecimiento industrial, la persona interesada deberá solicitar y obtener del Ministerio de Salud o de la entidad en quien éste delegue, autorización para verter los residuos líquidos.

Artículo 12: Toda edificación, concentración de edificaciones o desarrollo urbanístico, localizado fuera del radio de acción del sistema de alcantarillado público, deberá dotarse de un sistema de alcantarillado particular o de otro sistema de adecuado de disposición de residuos.

Artículo 13: Cuando por almacenamiento de materias primas o procesadas existe la posibilidad de que estas alcancen los sistemas de alcantarillado o las aguas, las personas responsables del establecimiento deberán tomar las

medidas específicas necesarias para el cumplimiento de la presente Ley y sus reglamentos.

Artículo 14: Se prohíbe la descarga de residuos líquidos en las calles, calzadas, canales o sistemas de alcantarillado de aguas lluvias.

Artículo 15: Una vez construidos los sistemas de tratamiento de agua, la persona interesada deberá informar al Ministerio de Salud o a la entidad delegada, con el objeto de comprobar la calidad del efluente.

Si al construir un sistema de tratamiento de agua no alcanza los límites prefijados, la persona interesada deberá ejecutar los cambios o adiciones necesarios para cumplir con las exigencias requeridas.

Artículo 16: En la realización de planes de ordenamiento urbano deberán tenerse en cuenta, para la ubicación de las zonas industriales, los siguientes aspectos:

- a) Incidencias de las descargas de residuos industriales líquidos en los sistemas de alcantarillado municipal.
- b) Grado de tratamiento requerido de acuerdo con las características de los residuos industriales líquidos y con la clasificación de las fuentes receptoras y su incidencia en los sistemas municipales de tratamiento.
- c) Posibles efectos sobre la utilización actual o futura de las aguas.
- d) Posibilidad de construcción de sistemas de tratamiento y de alcantarillado para aguas residuales y aguas lluvias.
- e) Conveniencia de zonificar el área industrial de acuerdo con las características de los residuos producidos en los diferentes establecimientos, con el objeto de facilitar o complementar los procesos de tratamiento requeridos.
- f) Régimen de caudales de la fuente receptora.

Artículo 17: El Ministerio de Salud o la entidad delegada adelantaran investigaciones que permitan cuantificar los niveles reales de concentración de sustancias y determinar sus escalas de biodegradabilidad.

Artículo 18: El Ministerio de Salud, o la entidad delegada efectuara cuando estime conveniente, pruebas de biodegradabilidad en los productos que se expendan en el país.

Artículo 19: El Ministerio de Salud reglamentará el uso de productos no biodegradables.

Artículo 20: El Ministerio de Salud o la entidad que delegue, podrá exigir la modificación, remoción o disminución de una sustancia específica y aun prohibir la fabricación, importación y consumo de cualquier sustancia en razón a su peligrosidad para la salud y el ambiente.

Artículo 21: Para efectos de la preservación y conservación de la calidad de las aguas el Ministerio de Salud tendrá en cuenta además de las normas establecidas en esta Ley, los artículos 134 y 145 del Decreto-ley 2811 de 1974 en el que se refiere a la protección de aguas para consumo humano.

7.2 DECRETO 1541 DE 1978

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

En uso de las atribuciones que le confiere el numeral 3º del artículo 120 de la Constitución Política decreta:

CAPITULO VI: DEL VERTIMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS

Artículo 60: Se prohíbe todo vertimiento de residuos líquidos a las calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.

Artículo 61: Se prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la inyección de de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de gas natural, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.

Artículo 62: Se prohíbe la utilización de de aguas del recurso, del acueducto público o privado y las de almacenamiento de aguas lluvias, con el propósito de diluir los vertimientos, con anterioridad a la descarga del cuerpo receptor.

Artículo 63: Se permite la infiltración de residuos líquidos siempre y cuando no se afecte la calidad del agua del acuífero en condiciones tales que se impidan los usos actuales o potenciales.

Artículo 64: Cuando en el presente Decreto se haga referencia a normas de vertimiento, se entenderá por tales las contenidas en este Capítulo con las modificaciones o adiciones que el Ministerio de Salud o la EMAR establezcan de acuerdo con los procedimientos señalados en el Capítulo XI de este Decreto.

Artículo 65: Con fundamento en las disposiciones de este Decreto y las demás vigentes sobre la materia, la EMAR fijará en cada caso las normas que deben cumplir los vertimientos a un cuerpo de agua o a un alcantarillado, previamente a la instalación, modificación, ampliación de una fuente contaminante, o desarrollo de un plan de cumplimiento por parte de cualquier usuario.

Cuando se trate de normas específicas de vertimientos para protección de los recursos naturales, éstas deberán ser fijadas por la EMAR.

Artículo 66: Las normas de vertimiento serán fijadas teniendo en cuenta los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados al recurso.

En los tramos donde se asignen usos múltiples, las normas de vertimiento se establecerán teniendo en cuenta los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uso.

El control de los criterios de calidad se hará por fuera de la zona de mezcla, la cual será determinada para cada situación específica por la EMAR.

Artículo 67: Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua, en las mediciones se descontarán las cargas de los contaminantes existentes en el punto de captación.

Artículo 68: Los usuarios existentes que amplíen su producción, serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de los vertimientos que correspondan al grado de ampliación.

Artículo 69: Los responsables de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de vertimiento contenidas por el presente Decreto.

Artículo 70: Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de control de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos.

Artículo 71: Para efectos de control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se tendrá en cuenta:

Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.

Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.

La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo de del Ministerio de Salud o de su entidad delegada y de la EMAR.

Además las normas contenidas en el presente artículo, sobre aplicación de agroquímicos, se deberán tener en cuenta las demás disposiciones legales y reglamentarias sobre la materia.

De las normas de vertimiento

Artículo 72: Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Tabla 7.2. Parámetros mínimos para realización de vertimientos

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos industriales	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
DBO ₅ para desechos domésticos	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga
DBO ₅ para desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

Fuente: Decreto 1594 de 1948

Carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente Decreto.

Parágrafo: De acuerdo con las características del cuerpo receptor y del vertimiento, la EMAR decidirá cual o cuales

Artículo 74: Las concentraciones para el control de la carga de las siguientes sustancias de interés sanitario, son:

Tabla 7.3. Concentraciones permitidas para vertimiento de algunas sustancias

SUSTANCIA	EXPRESADA COMO	CONCENTRACIÓN (mg/L)
Arsénico	As	0.5
Bario	Ba	5.0
Cadmio	Cd	0.1
Cobre	Cu	3.0
Cromo	Cr+6	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	0.2
Mercurio	Hg	0.02
Níquel	Ni	2.0
Plata	Ag	0.5
Plomo	Pb	0.5
Selenio	Se	0.5
Cianuro	CN-	1.0
Difenil policlorados	Concentración de agente activo	No detectable
Mercurio orgánico	Hg	No detectable
Tricloroetileno	Tricloroetileno	1.0
Cloroformo	Extracto de Carbono Cloroformo (ECC)	1.0
Tetracloruro de Carbono	Tetracloruro de Carbono	1.0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	1.0
Sulfuro de Carbono	Sulfuro de Carbono	1.0
Otros compuestos organoclorados, concentración de cada variedad	Agente activo	0.5
Otros compuestos organofosforados, concentración de cada variedad	Agente activo	0.1
Carbamatos		0.1

Fuente: Decreto 1594 de 1984

7.3 DECRETO 1594 DE 1978

CAPITULO II: Preservación de las aguas

Sección I: Control de vertimientos

Artículo 211: Se prohíbe verter, sin tratamiento, residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que puedan contaminar o eutroficar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna, o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos.

El grado de tratamiento para cada tipo de vertimiento dependerá de la de la destinación de los tramos o cuerpos de agua, de los efectos para la salud y de las implicaciones ecológicas y económicas.

Artículo 212: Si a pesar de los tratamientos previstos o aplicados, el vertimiento ha de ocasionar contaminación en grado tal que inutilice el tramo o cuerpo de agua para los usos o destinación previstos por el Instituto Nacional de los Recursos Renovables y del Ambiente –INDERENA-, éste podrá denegar o declarar la caducidad de la concesión de aguas o del permiso de vertimiento.

Artículo 213: El interesado en obtener un permiso de vertimiento deberá presentar al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, junto con su solicitud, la siguiente información:

- a) Nombre, dirección e identificación del peticionario, y razón social si se trata de una persona jurídica.
- b) Localización del predio, planta industrial, central eléctrica, explotación minera y características de la fuente que origina el vertimiento.
- c) Indicación de la corriente o depósito de agua que habrá de recibir el vertimiento.

- d) Clase, calidad y cantidad de desagües, sistema de tratamiento que se adoptará y estado final previsto para el vertimiento.
- e) Forma y caudal de la descarga expresada en litros por segundo, e indicación de si se hará en flujo continuo o intermitente.
- f) Declaración del efecto ambiental.
- g) Los demás que el –INDERENA- considere necesarios.

Artículo 214: A la solicitud de que trate el artículo anterior, se acompaña un proyecto elaborado por un ingeniero o firma especializada e inscrita ante el –INDERENA-, y el Ministerio de Salud, de acuerdo con lo previsto por las normas legales vigentes, en el cual se detalla el proceso de tratamiento que se pretenda adoptar para el efluente.

Artículo 215: En el estudio de la solicitud de permiso de vertimiento a que se refiere el artículo 213 de este Decreto, el INDERENA, conjuntamente con el Ministerio de Salud, practicara las visitas oculares necesarias sobre el área; y por intermedio de profesionales o técnicos especializados en la materia se harán los análisis de corriente no reglamentada o cuyos vertimientos aún no estén reglamentados, los siguientes aspectos, cuando menos:

- a) Calidad de la fuente receptora.
- b) Los usos a que está destinada aguas abajo.
- c) El efecto del vertimiento proyectado, teniendo en cuenta los datos suministrados por el solicitante en la Declaración de Efecto Ambiental.
- d) Los usos a que está destinada la corriente receptora aguas arriba del sitio en donde se pretende incorporar el vertimiento, con el fin de analizar la capacidad de carga de la corriente, teniendo en cuenta el efecto acumulativo de las diferentes descargas frente a la proyectada,
- e) Otros aspectos específicos de la actividad que se pretende desarrollar, o del área o región en la cual se va a desarrollar, necesarios para la protección de los recursos naturales renovables.

Artículo 216: Con fundamento en la clasificación de aguas, en lo expuesto por el solicitante y en los hechos y circunstancias deducidos de las visitas practicadas conjuntamente con el Ministerio de Salud, el –INDERENA-; podrá otorgar el permiso. En la resolución deberá consignar los requisitos, condiciones y obligaciones a cargo del permisionario, la indicación de las obras que debe realizar y el plazo para su ejecución.

El permiso de vertimiento no podrá ser invocado para excluir o disminuir la responsabilidad civil o penal en la que pudiere incluir los permisionarios, quienes en todo caso están obligados al empleo de los mejores métodos para mantener la descarga en el estado que exija el –INDERENA-.

Artículo 217: El término del permiso de vertimiento se fijara para cada caso teniendo en cuenta su naturaleza, sin que exceda de cinco años y podrá, previa revisión, ser prorrogado, salvo razones de conveniencia pública.

Artículo 218: En desarrollo de lo previsto en el artículo 8 de la Ley 23 de 1973, el –INDERENA-, y el Ministerio de Salud organizaran un mecanismo de coordinación para los efectos de la evaluación de la Declaración de Efecto Ambiental o del Estudio Ecológico Y Ambiental previo a que se refieren los artículos anteriores, y para la supervisión de los sistemas de tratamiento de vertimientos.

En todo caso, los costos de evaluación y supervisión a que se refiere este artículo, serán de cargo de los usuarios, pero cuando estos sean de escasos recursos económicos contribuirán en forma proporcional a su capacidad económica, y el excedente de los costos será cubierto por el fondo que se crea con las tasas a que se refieren los puntos a y c del artículo 232 de este Decreto.

Artículo 219: Los titulares de permisos o concesiones. Los dueños, poseedores o tenedores de predios, y los propietarios o representantes de establecimientos o industrias deberán suministrar a los funcionarios que practiquen la inspección, supervisión o control a que se refiere el artículo anterior, todos los datos necesarios, y no podrán oponerse a la práctica de estas diligencias.

Los elementos y sustancias contaminantes se controlarán de acuerdo con la cantidad de masa de los mismos.

Sección IV: Vertimientos por uso industrial

Artículo 226: Los concesionarios de agua para uso industrial tiene la obligación de reciclarlas, esto es recuperarlas para nuevo uso, siempre que ello sea técnica y económicamente factible.

Artículo 227: Si como consecuencia del uso industrial las aguas adquieren temperatura diferente al de la corriente o depósito receptor, los concesionarios tienen la obligación de tratarlas para que recuperen su temperatura natural antes de verterlas al cauce de origen, a las redes de alcantarillado o a los acueductos de desagüe.

Artículo 228: Los desagües y efluentes provenientes de las plantas industriales deberán evacuarse mediante redes especiales construidas para este fin, en forma que facilite el tratamiento del agua residual, de acuerdo con las características y la clasificación de la fuente receptora.

Artículo 229: Las industrias que no puedan garantizar la calidad de las aguas dentro de los límites permisibles que se establezcan, solo podrán instalarse en los lugares que indique el –INDERENA-, en coordinación con la oficina de Planeación Municipal y el Ministerio de Salud.

Para autorizar su ubicación en zonas industriales se tendrá en cuenta el volumen y composición de los efluentes y la calidad de la fuente receptora, conforme al artículo 141 del Decreto – Ley 2811 de 1974.

Artículo 230: Las industrias solo podrán ser autorizadas a descargar sus efluentes en el sistema de alcantarillado público, si cumple con las exigencias que establezca el Ministerio de Salud, el Instituto Nacional de Fomento Municipal, el Instituto Nacional de Salud o las Empresas Públicas Municipales.

7.4 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 5667-10

GESTIÓN AMBIENTAL.

CALIDAD DEL AGUA, MUESTREO.

MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES

- **ALCANCE**

Esta norma contiene detalles sobre muestreo de aguas residuales domésticas e industriales; es decir, el diseño de programas y técnicas de muestreo para la recolección de muestras. Cubre las aguas residuales en todas sus formas; las aguas residuales industriales y residuales domésticas tratadas y sin tratar.

- **OBJETIVOS**

- Determinar las concentraciones de contaminantes en una corriente de aguas residuales.
- Determinar la carga contaminante que transporta una corriente de aguas residuales.
- Proporcionar datos para la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar ensayos para determinar si en una descarga determinada se mantiene los límites de concentración.
- Realizar ensayos para determinar si en una descarga determinada se mantiene los límites de carga.
- Suministrar datos para el avalúo de impuesto por descarga de aguas residuales.

- **EQUIPO DE MUESTREO**

Contenedor de Muestreo

Se debe consultar al laboratorio responsable del análisis de muestras, acerca del tipo de contenedor que se debería utilizar para recolección, almacenamiento y transporte de muestras.

El contenedor para muestras debe evitar pérdidas causadas por adsorción, volatilización y contaminación por sustancias extrañas.

Los factores convenientes que se deben considerar al seleccionar los contenedores para muestras son:

- Alta resistencia a la rotura
- Sellado eficiente
- Facilidad de abertura
- Buena resistencia a temperaturas extremas
- Tamaño y forma prácticos
- Buen potencial para limpieza y reutilización
- Disponibilidad y costo

Para el muestreo de aguas residuales se recomiendan contenedores plásticos para la mayoría de determinaciones. Sin embargo, hay algunas excepciones pues en algunos casos se deben utilizar recipientes de vidrio, por ejemplo, cuando se realizan los siguientes análisis:

- Aceite y grasas
- Hidrocarburos
- Detergentes
- Pesticidas

- **TIPO DE APARATO**

Equipo de Muestro Manual

El equipo más sencillo utilizado para tomar muestras de efluentes, consta de un cubo, un cucharón y una botella de boca ancha que se puede colocar sobre un soporte de una longitud apropiada. El volumen no debe ser inferior a 100 ml. También se pueden tomar muestras manuales con un tomamuestras *Ruttner* o

Kemmerer, formado por un tubo volumétrico de 1 L a 3 L, con tapa de bisagra a cada lado del tubo.

Antes de empezar el muestreo, el equipo se debe limpiar con detergente y agua o de la forma que indique el fabricante del equipo, y finalmente se enjuaga con agua. El equipo de muestreo se puede purgar en la corriente de aguas residuales antes de su uso, con el fin de minimizar el riesgo de contaminación.

Equipo Automático de Muestreo

Existen muchos aparatos disponibles en el comercio, que permiten muestreo continuo o la recolección automática de una serie de muestras. Con frecuencia son portátiles y se pueden utilizar para cualquier tipo de agua residual. Se consiguen principalmente dos tipos de toma muestras automáticos, uno proporcional al tiempo y el otro proporcional al flujo. El toma muestras puede estar basado en los siguientes principios de recolección de muestras:

- Bomba de cadena
- Aire comprimido y/o vacío
- Corriente continua del efluente
- Bombeo

• PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Sitios de Realización

Esta norma presenta técnicas de muestreo que se pueden llevar a cabo en varios tipos de lugares, por ejemplo:

- Al interior de las plantas industriales
- Puntos de descarga de plantas industriales
- En sistemas urbanos de aguas residuales
- Al interior de plantas de tratamiento de aguas residuales
- En desagües de plantas de tratamiento de aguas residuales

En todos los casos, es esencial que el lugar seleccionado sea representativo de la corriente de agua que se va a examinar.

- **Muestreos en alcantarillados, canales y pozos de inspección**

Se recomienda escoger un sitio en el que el efluente tenga un flujo bastante turbulento, para asegurar un buen mezclado. Antes de realizar el muestreo de descargas industriales, se debe observar y registrar las condiciones interiores de la planta, junto con los riesgos potenciales.

Como regla general, el punto de muestreo debe estar a 1/3 parte de la profundidad del agua efluente. Cuando resulte factible, se recomienda establecer sitio de muestreo permanente.

- **Muestreos en plantas de tratamiento de aguas residuales**

Cuando se escoge el sitio para el muestreo de las plantas de tratamiento, de nuevo es importante hacer referencia al objeto del programa de recolección de datos, del cual el muestreo es una parte. Los objetivos típicos son:

- Controlar el funcionamiento global de la planta de tratamiento entera, se recomienda recoger las muestras en la entrada principal y en los principales puntos de descarga.

- Controlar la operación de las unidades de procesamiento individuales, o los grupos de unidades, se recomienda recolectar las muestras en los tomas y puntos de descarga de las unidades en cuestión.

Frecuencia y Tiempo de Realización del Muestreo

Este numeral hace referencia a la frecuencia del muestreo, el número de muestras que se deben tomar, la duración del período de muestreo y la hora en que debe realizarse dicho muestreo

- **Número de Muestras**

Se recomienda que los análisis de agua estén basados en muestras tomadas a intervalos regulares durante un período determinado (es decir, el período de control). Se recomienda también que las muestras sean muestras compuestas, a menos que las determinaciones que se van a llevar a cabo prohíban el uso de una muestra compuesta. La selección del número necesario de muestras tomadas durante cada período de control se debe realizar de acuerdo con técnicas estadísticas.

- **Tiempo de Muestras**

En general al realizar el muestreo de aguas residuales y efluentes, es normal tener en cuenta las siguientes fuentes de variación en la calidad.

- Variaciones diurnas
- Variaciones entre los días de la semana
- Variaciones entre las semanas
- Variaciones entre meses y temporadas climáticas
- Tendencias

Es importante la identificación de la naturaleza y la magnitud de la carga pico, el muestreo se debe restringir para aquellos periodos del día, semana o mes, en que se presentan las cargas pico.

Cuando se estudian las descargas de efluentes industriales tanto estacionales o que operan de forma discontinua, puede ser muy importante relacionar las horas del muestreo con el proceso particular que se está controlando. En cualquier caso, la descarga no será continua y en el programa de muestreo se debe tener en cuenta este hecho.

Cuando se ha llegado a una decisión acerca del número de muestras, se debe determinar el horario del muestreo. Normalmente, se deben tomar las muestras a intervalos fijos durante todo el período de control. Éste puede ser un año, varios meses o semanas o incluso periodos menores de tiempo.

- **Duración de cada Período de Muestreo**

Para la selección del período se deben tener en cuenta dos factores:

- El objetivo del muestreo. Por ejemplo puede ser necesario evaluar la carga orgánica promedio en un flujo para varios períodos de 24 horas, en cuyo caso serán adecuadas muestras compuestas proporcionales del flujo diurno.
- La estabilidad de la muestra. En el ejemplo anterior no sería necesariamente práctico extender el período de composición más de 24 horas, ya que se puede deteriorar el componente orgánico en la muestra que se estudia.

El período de muestreo en su conjunto puede variar de unas pocas horas, en el que se hace un seguimiento de rastreo de materia orgánica volátil, hasta de varios días, en el cual se controlan especies inorgánicas estables.

Selección del método de Muestreo

Es común distinguir entre dos tipos de muestras:

- **Muestras puntuales:** son esenciales cuando el objetivo de un programa de muestreo es evaluar la conformidad con normas no relacionadas con la calidad promedio. En los casos en que la conformidad con la calidad se juzga con base en la calidad promedio de los efluentes, se deben utilizar siempre muestras compuestas. Por lo general, las muestras puntuales se toman manualmente, aunque también se puede utilizar equipo para muestreo automático.
- **Muestras compuestas:** estas se preparan mezclando varias muestras puntuales o mediante la recolección de una fracción continua de la corriente de aguas residuales. Existen dos tipos de muestras compuestas:
 - Muestras medidas por peso
 - Muestras medidas por flujo

Las muestras compuestas medidas por tiempo están conformadas por muestras puntuales de igual volumen, tomadas a intervalos constantes durante el período de muestreo, estas muestras son apropiadas cuando es importante la calidad promedio de las aguas residuales o efluentes.

Las muestras compuestas medidas por flujo están conformadas por muestras puntuales tomadas y mezcladas de tal manera que el volumen de muestra es proporcional al flujo o volumen del efluente durante el período de muestreo, se

recomienda utilizar estas muestras cuando el objetivo del muestreo es la determinación de cargas contaminantes. Por ejemplo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) a plantas de tratamiento de aguas residuales, porcentaje de remoción de sólidos, carga de nutrientes y otras determinaciones ambientales.

Estas muestras se deben tomar a intervalos constantes, pero con volúmenes de muestra variables proporcionales al flujo en el momento del muestreo, o como muestras puntuales de volumen igual, que se toman en el momento en que cantidades fijas de efluente han pasado el punto de muestreo.

Conservación de la Muestra

La forma más común de preservar las muestras de aguas residuales es enfriarlas a una temperatura inferior a 0 °C y 4 °C. La mayoría de muestras enfriadas a esta temperatura y almacenadas en la obscuridad, son normalmente estables hasta por 24 horas.

Para algunas determinaciones, la estabilidad a largo plazo se puede obtener mediante congelamiento (una temperatura inferior a -18 °C). Al recoger muestras compuestas durante periodos prolongados, la conservación debe ser parte integral de la operación de muestreo.

• IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE MUESTRAS

El impreso para el informe del muestreo debe incluir los siguientes datos, según el caso:

- Punto de muestreo
- Designación abreviada del punto de muestreo

- Fecha de inicio y suspensión del muestreo
- Duración del período de muestreo
- Propósito del muestreo
- Detalles del método de muestreo
- Detalles de los ensayos de campo

Figura 7.1. Informe muestreo de aguas residuales



INFORME-MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES		
Ubicación:		
Nombres código(s):		
Método de muestreo:		
Intervalo o flujo entre muestras:		
Volumen de muestras puntuales:		
Inicio de muestreo:		
Finalización de muestreo:		
Método de conservación:		
Mediciones en campo		
Ensayo	Resultado	Unidad
Procedimiento de control de calidad:		
Comentarios sobre el muestreo:		
Nombre, fecha, firma:		

8. MUESTREO INICIAL

Caracterización del Vertimiento a Tratar

El agua residual a tratar por el modelo proviene directamente de la unidad productora de panela, se considera un vertimiento de tipo industrial y presenta las siguientes características de acuerdo con el muestreo realizado.

Tabla 8.1. Características del afluyente (muestreo).

FORMATO INFORME DE RESULTADOS		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM		CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
INFORME DE RESULTADOS				
TITULO: Análisis de aguas residuales				
FECHA				
DD	MM	AA		
25	02	10		
INFORMACION DEL CLIENTE				
NOMBRE		DIRECCION	TELEFONO	
OSCAR ALMEIDA Y/O LIZETH DAYANA PINZON		Calle 12 N° 10ª-16 Nueva Candelaria	6554926	
MUESTRA				
TIPO DE MUESTRA:		LIXIVIADO		
NOMBRE DE LA MUESTRA:		AFLUENTE		
FECHA DE RECEPCIÓN		FEBRERO 17 DE 2010		
PROCEDENCIA:		AGUAS DE TRAPICHE		
TOMA DE MUESTRA				
PUNTOS DE MUESTREO		AFLUENTE		
FECHA DE MUESTREO		FEBRERO 17 DE 2010		
TIPO DE MUESTREO		PUNTUAL		

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
-------------------------------	--	------------------------------

RESULTADOS DE ANALISIS				
NOMBRE MUESTRA	PARÀMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO
AFLUENTE	DBO ₅	Incubación 5 días	mg/L O ₂	8300
AFLUENTE	DQO	Reflujo cerrado	mg/LO ₂	16833
AFLUENTE	SST	Gravimétrico	mg/L	675
AFLUENTE	Grasas y Aceites	Gravimétrico	mg/L	<2

Nota: estos resultados se relacionan únicamente con las muestras analizadas. No se debe reproducir el informe, excepto en la totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio.



YANETH QUINTERO LÓPEZ
Directora de laboratorio

9. MODELO DE TRATAMIENTO IMPLEMENTADO

Una planta o sistema de tratamiento para aguas residuales ya sean urbanas o industriales, es una secuencia de operaciones o procesos, convenientemente seleccionados y organizados con el fin de remover los diferentes tipos de contaminantes (físicos, químicos y biológicos), presentes en el aguas a tratar, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las autoridades ambientales en la normatividad existente.

Figura 9.1. Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Río Frio



Fuente. Carlos Cortés (www.panoramio.com)

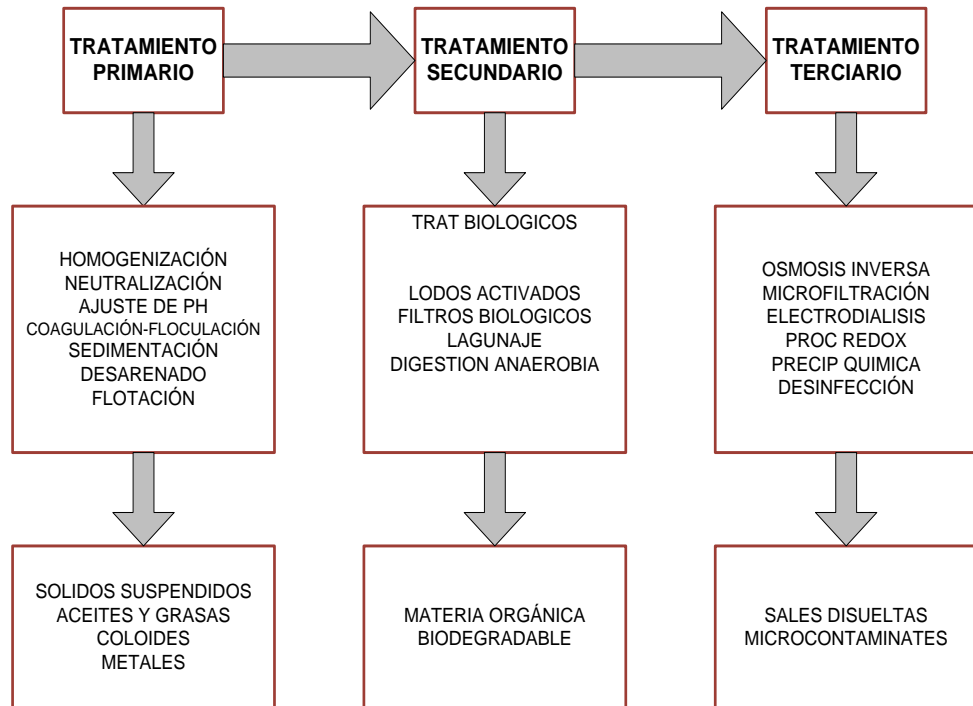
En una planta de tratamiento se puede encontrar diversos tipos de operaciones o procesos, los cuales deben ser seleccionados de una manera adecuada y funcional para proporcionar un tratamiento al afluente, otro factor influyente es la capacidad económica debido que algunos sistemas son costosos y pueden estar fuera del alcance de ciertas comunidades o sectores que no cuentan con los recursos para llevar la implementación de un método específico.

También existen procesos que son mucho más fáciles de implementar en poblaciones o sectores con limitaciones económicas, debido a que su construcción no es muy compleja y los costos no son exagerados en contraste con beneficio que traería la implementación del sistema de tratamiento.

En general en las plantas de tratamiento encontramos tres tipos de procesos o tratamientos:

- **Pretratamientos y tratamientos primarios:** cribado, neutralización, coagulación-floculación, sedimentación, filtración, floculación, desarenado y desaceitado. Tienen por objeto la eliminación de sólidos en suspensión, coloides, metales pesados y aceites y grasas.
- **Tratamientos secundarios:** lodos activados, filtros percoladores, lagunaje, etc. Se elimina materia orgánica biodegradable.
- **Tratamientos terciarios:**
 - procesos de oxidación (destrucción o transformación de materia orgánica y compuestos inorgánicos oxidables) y de reducción.
 - Procesos de precipitación química: eliminación de metales y aniones inorgánicos.
 - Arrastre con aire o vapor (stripping): eliminación de compuestos volátiles.

Figura 9.2. Procesos Para Tratamiento de Aguas Residuales



9.1 MODELO IMPLEMENTADO PARA EL SECTOR PANELERO

Para tratar los vertimientos generados en el proceso de producción de panela se implementara un sistema de tratamiento compuesto por tres procesos, que en su orden son:

- Tanque Séptico
- Filtro Anaerobio de Flujo ascendente
- Lecho de Infiltración

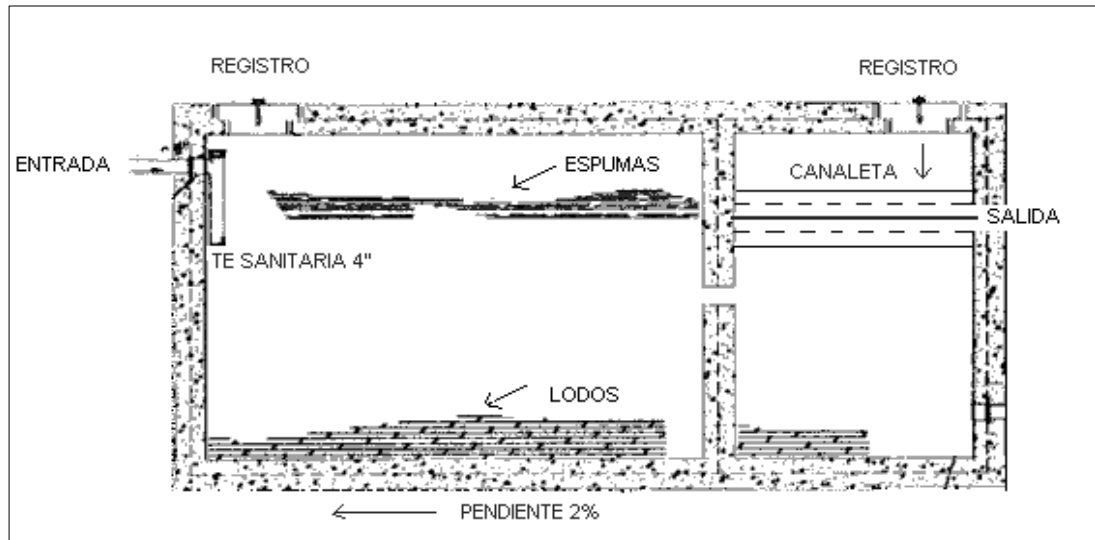
10. TANQUE SÉPTICO

10.1 GENERALIDADES DEL PROCESO

Es un sistema generalmente primario para el tratamiento de aguas residuales en el que se pueden observar los procesos de separación de una parte sólida (sedimentación simple) y una de espumas; el agua intermedia entre el sedimento y las espumas se va convirtiendo en un líquido clarificado; lo anterior se debe a que si se impide que el aire y la luz lleguen a la masa, se favorece la vida y reproducción de seres microscópicos que proliferan en ambientes desprovistos de oxígeno además se encargan de tomar los elementos necesarios para su existencia de la materia orgánica, destruyendo su estado sólido y convirtiéndose en líquidos y gases, en una tendencia propicia para reducir las formas peligrosas de dicha materia a productos minerales inofensivos; se les llama Anaerobios.

El pozo séptico efectúa solamente un proceso primario en la depuración de las aguas residuales, por lo tanto el efluente no posee las características físico-químicas ni microbiológicas adecuadas para ser descargado directamente a un cuerpo receptor. Por lo tanto es necesario proporcionar un tratamiento al efluente, con el propósito de disminuir los riesgos de contaminación y de perjuicio a la salud pública.

Figura 10.1. Sección transversal tanque séptico dos compartimientos



Fuente Legalización de pozos sépticos

Tipos:

Existen diferentes tipos de pozos sépticos entre los cuales se tiene:

- Convencionales de dos compartimientos.
- Equipados con un filtro anaerobio.
- Según el material de concreto o de fibra de vidrio también se pueden utilizar otros materiales que se consideren apropiados para el propósito del tanque.
- Pueden ser rectangulares o cilíndricos.
- Prefabricados.

10.2 DISEÑO DE TANQUE SEPTICO

La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación puede ser grande, *Majador* y sus colaboradores (1960) informaron de la eliminación del 80% de los sólidos en suspensión en tres tanques sépticos de Bengala occidental, y se han encontrado valores de eliminación similares en un solo tanque cerca de Bombay. Sin embargo, los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida etc.

Estas referencias de eficiencia son datos teóricos los cuales son muy optimistas; si se asumen datos conservadores de eficiencia se decide adjudicar un valor del 25% de eficiencia al tanque séptico.

Tomando como referencia los datos que se tienen de la caracterización:

DBO afluente = 8300 (mg/litro)

Caudal afluente (Q) = 0.15 (L/seg)

Determinación de la carga orgánica (kg/día)

Para determinar la carga orgánica es necesario realizar una conversión de unidades; además establecer que el número de horas diarias que se trabaja es de 8 (ocho) y determinar la carga en Kg/día para tal efecto se utilizó la siguiente ecuación

$$C.O = DBO_{afluente} \left(\frac{mg}{L} \right) * Q \left(\frac{m^3}{día} \right) \quad \text{Ecuación 10.1}$$

De aquí se obtiene una carga orgánica = Co= 35.86 kg/día.

Tiempos de retención

En las unidades productoras existen distintas jornadas de trabajo que se encuentran entre ocho (8) y veinticuatro (24) horas continuas; para determinar el volumen; que se encuentra en función del tiempo de retención y es un parámetro principal en el diseño del tanque se estimó una jornada laboral igual a veinticuatro (24) horas en la que se maneja un caudal (Q) 0.15 l/seg. Se decide diseñar el tanque con la condición nombrada a fin de no sobrecargar el filtro anaerobio y permitir su correcto funcionamiento.

Para poder realizar el dimensionamiento del tanque se tomara un tiempo de retención de 24 h.

Volumen del tanque

Cada diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta que se debe cumplir con los siguientes criterios:

- Rendimiento del proceso de tratamiento.
- Almacenamiento de lodos y espumas.
- Amortiguamiento de caudales pico.

Es necesario determinar el volumen útil del tanque para lo cual se tienen los datos obtenidos anteriormente de tiempo de retención y caudal.

$$vu(m^3) = Q \left(\frac{m^3}{seg} \right) * t(seg) \text{ Ecuación 10.2}$$

$$vu(m^3) = 12.96$$

Dimensionamiento

La relación largo ancho Debe cumplir con la siguiente restricción $2 = L/b = 4$
 Para tal efecto se tomaron las siguientes dimensiones:

Ancho b (m) 1.5

Largo L (m) 4.0

Profundidades de los tanques

Cuando se diseña se debe tener en cuenta que se encuentre en ciertos rangos, además están relacionadas con el volumen útil.

Tabla 10.1. Valores de profundidad útil

volumen útil (m ³)	profundidad útil mínima (m)	profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

Fuente RAS 2.000.Tratamiento de Aguas Residuales Municipales

Debido que el tanque propósito del diseño tiene un volumen útil de mayor de 10m³ se debe tomar una profundidad útil entre 1.8 y 2.8 m; por lo tanto la profundidad útil es $P_u: 2.16 m$.

Además se debe cumplir que:

$$L \leq 2 \cdot P_u$$

Altura total del tanque

Es necesario incluir en la altura total un borde libre entre el nivel del agua y la parte superior del tanque no menor a 300 mm.

$$hT(m) = Pu + 0.30$$

$$hT(m) = 2.46 m$$

Tanques sépticos con más de una cámara

Si se tienen tanques rectangulares es oportuno adoptar dos cámaras en serie y tener en cuenta que el volumen de la primera cámara será igual a $2/3 v$ y de la segunda $1/3v$. No se recomienda diseñar tanques con más de 4 (cuatro) compartimientos.

Con las recomendaciones anteriores se obtienen longitudes iguales a:

$$L1(m) = 2.67$$

$$L2(m) = 1.33$$

Tabique divisorio

El tabique divisorio tendrá por objeto darle al líquido que entra un mayor recorrido antes que salga del tanque y por consiguiente, más tiempo de sedimentación y fermentación. Además, este tabique es muy importante en aquellos casos en que el desnivel es muy fuerte y por lo tanto el agua penetra con mucha fuerza en la fosa, pudiendo arrastrar los lodos al dispositivo de salida. La altura del tabique debe admitir un espacio, bajo la cubierta del

tanque, el cual será mínimo de 20 cms con el fin de habilitar el paso de gases de un compartimiento a otro.

$$ht(m) = hT(m) - 0.2$$

$$ht(m) = 2.26 \text{ m}$$

Aberturas de intercomunicación de los tanques

La intercomunicación entre cámaras será mediante aberturas con un área equivalente al 5% de la sección vertical útil del plano de separación del tanque; el número mínimo de aberturas es dos.

Área de aberturas para intercomunicación de las cámaras es:

$$\text{Area de aberturas} = 0.05 * \text{la seccion util del tabique}$$

$$A_{ab}(m^2) = 0.16$$

El área que se encontró es la total por lo tanto tomamos aberturas de:

Alto h (m) 0.2

Ancho b1 (m) 0.2

Obteniendo así un número total de aberturas de 4(cuatro).

Para determinar la separación entre ellas:

$$\text{separacion} = \frac{b \text{ del tanque} - (\text{numero de aberturas} * b1 \text{ aberturas})}{\text{numero de aberturas} + 1}$$

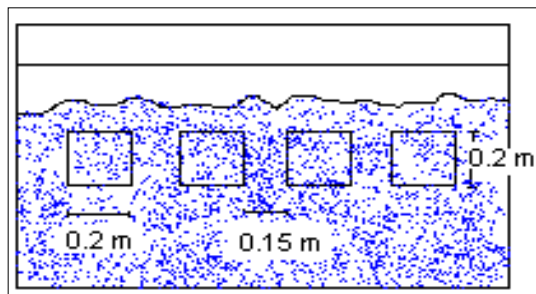
$$\text{separacion} = 0.15$$

Extremo superior de las aberturas H_a , debe estar a más de 30 cm por debajo de P_u

La altura por debajo de P_u es Y es cual es igual $a=0.40$ por lo tanto:

$$H_a = 1.76 \text{ m}$$

Figura 10.2. Corte del tabique.



Dispositivos de entrada y salida

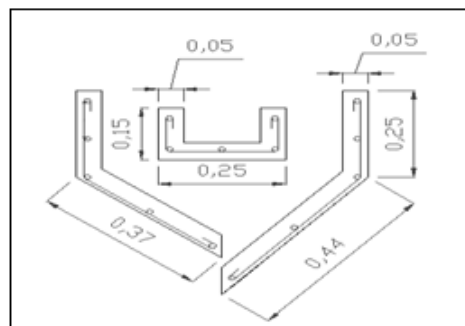
Figura 10.3. Detalle dispositivo de entrada al tanque



Se realizara por medio de una conexión en te, o cortina, la generatriz inferior de la tubería de ingreso deberá estar como mínimo 5 cm por encima de la superficie del líquido en el interior del tanque.

En el ingreso la parte interior de la te o cortina se sumergirá a mas de 10 cm respecto a la superficie del líquido en el interior del tanque.

Figura 10.4. Detalle canaleta de salida del tanque



Geometría de los tanques

La geometría puede variar; se utilizan tanques cilíndricos si se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, el diámetro interno mínimo que se utiliza generalmente es de 1.10 hasta 0.8 m. Los prismáticos rectangulares se recurren en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad, tienen una relación largo ancho: mínimo de 2:1 y máximo 4:1.

Fondo del tanque

Tendrá una pendiente de 2% orientada hacia el ingreso.

Si el terreno nos permite se puede colocar una tubería para drenar lo lodos, en la parte más profunda que estará provista de válvulas de limpieza.

Para tanques divididos, el segundo compartimiento deberá tener la parte inferior horizontal y el primer compartimiento puede tenerla inclinada hacia la entrada.

El cálculo del volumen del tanque séptico, se considerará que el fondo es horizontal al nivel más alto. De este modo, el efecto de la inclinación es aumentar el volumen.

Dimensiones internas

- El ancho del tanque debe tener como mínimo 0.60 m que garantice la entrada a la persona que lo construya o se encarga del mantenimiento pueda trabajar en este espacio.
- La profundidad neta debe ser mayor a 0.75 m; por lo general la profundidad no excederá el largo del tanque.
- Debe existir una relación mínima de 2:1 entre el largo y ancho.
- Para efectos de la pérdida hidráulica la tubería de salida con respecto a la de entrada se debe instalar por lo menos a 0.05 m por debajo.
- Los dispositivos de entrada y de salida del tanque deben ser tees o pantallas; en el caso de ser utilizadas las pantallas las distancias entre ellas y las paredes del tanque deben ser como mínimo 0.2 m y no mayores de 0.30m.
- En la mayoría de tanques se utiliza más de un compartimiento por lo tanto se debe evitar el paso de lodos y natas de uno a otro.

- El número máximo de de compartimentos es cuatro (4) y cada uno no puede tener un largo menor a 0.60m.
- Cuando el tanque tiene una ancho A, la longitud del primer compartimiento debe ser 2A y la del segundo A.
- El techo de los tanques deben ser losas removibles dotadas con registro de inspección que tendrán como mínimo 150mm de diámetro.

Bajo estas condiciones las dimensiones del tanque séptico se muestran en la siguiente tabla resumen.

Tabla 10.2. Resumen de la dimensiones del tanque

$V_T(m^3)$	14.76
$V_u(m^3)$	12.96
$b(m)$	1.50
$L(m)$	4.00
$P_u(m)$	2.16
$h_T(m)$	2.46
$h_t(m)$	2.26
$L_1(m)$	2.67
$L_2(m)$	1.33
$h(m)$	0.20
$b_1(m)$	0.20
$S_{ab}(m)$	0.14
$H_a(m)$	1.76

10.3 LOCALIZACION Y CONSTRUCCION

Distancias a edificaciones y a caminos peatonales	1.5 m
A pozos de agua potable	30 m
A límites de propiedad	1.5 m
A corrientes de agua cualquiera	15 m
A arboles, piscinas y tuberías de agua	3.0 m

Materiales

- Concreto
- Material reforzado
- Tubería de alcantarillado deberá ser no corrosiva generalmente PVC.
- Ladrillo o bloques de concreto

Para los tanques pequeños, el fondo se construye generalmente en concreto no reforzado, pero si las condiciones del suelo no son favorables o si el tanque es de gran tamaño, puede ser necesario reforzar el fondo. Las paredes son por lo común de ladrillo o bloques de concreto y deben pulirse en el interior con mortero para impermeabilizarse.

El tanque debe ser hermético, estable estructuralmente, que soporte las condiciones para las que fue creado y durable. Se aconseja utilizar materiales como concretos reforzados y el ferrocemento para su construcción que no sean susceptibles a la corrosión.

Excavación del hoyo y construcción

Se debe tener en cuenta que los trabajos alrededor del tanque serán por lo menos de 300 mm; si el hoyo tiene más de 1.5 m de profundidad hay que empezar a poner refuerzo en los lados (apuntalamiento) para evitar algún accidente.

La estructura puede ser construida en concreto, con una resistencia a la comprensión de 3.000 PSI, con aditivo especial para la resistencia a la corrosión e impermeabilización integral. En caso de no ser en este material, las paredes y el fondo se pueden pañetar en un espesor de 2 cm.

Antes de fundir la placa de piso del pozo, se efectuará una base en recebo convenientemente compactado de 0,1 m de espesor.

Este debe llevar tapas para inspección y vaciado; se debe tomar precauciones para el manejo de gases por lo cual se recomienda tener un tubo de ventilación.

Mantenimiento

- Es necesario inspeccionar por lo menos una vez por año.
- Se debe hacer limpieza del tanque cuando la profundidad de lodos sea mínima del 40 % de la altura del nivel máximo del agua.
- La limpieza debe efectuarse mediante bombes a vehículos cisternas y no deben lavarse ni desinfectarse después de desocupados.
- El periodo de limpieza no deberá ser mayor a cinco años.
- La remoción de lodos debe ser realizada por personal capacitado que disponga del equipo adecuado para garantizar que no haya contacto entre el lodo y las personas.

Recomendaciones

- El tanque debe tener acceso apropiado para que las operaciones de mantenimiento y limpieza sean fáciles.
- El tanque séptico debe limpiarse cuando la capa de espumas se extiende a menos de 7.5 cm desde el borde.
- Es necesario determinar el tiempo de retención del agua en el tanque.
- Asegurar que el tamaño del tanque sea el suficiente para garantizar la acumulación de lodos y espuma.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para lograr que se presente una sedimentación y flotación de los sólidos.
- No deberán ser construidos en áreas pantanosas o fácilmente inundables.
- Ningún tanque séptico se diseñara par a un caudal superior a 30m³/día; para caudales superiores se debe buscar otra solución.
- Se podrá aceptar la compartimentación del tanque cuando su capacidad total exceda los 5 m³.
- Antes de cualquier operación en el tanque la cubierta debe mantenerse abierta durante un tiempo suficiente (>15min) para la remoción de gases tóxicos o explosivos).
- En ningún caso los lodos removidos pueden arrojarse a cuerpos de agua.
- En la limpieza no se debe utilizar detergentes, ácidos ni bactericidas, simplemente se debe palear los lodos.

11. FILTRO ANAEROBIO

11.1 GENERALIDADES DEL PROCESO

El objetivo principal de cualquier tratamiento biológico de aguas residuales es transformar los compuestos orgánicos contenidos en estas. Es decir, reducir la concentración de contaminantes orgánicos en una corriente de aguas residuales, por debajo de un valor específico, el cual es detallado por las normas ambientales y de seguridad. La cantidad de materia orgánica que se puede desarticular en un agua residual se cuantifica por medio de su DBO (demanda bioquímica de oxígeno), ya que esta determina la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica que se descompone hacia biogás, es decir Metano (CH_4) y Dióxido de carbono (CO_2).

Los procesos de digestión anaerobia son utilizados para el tratamiento de aguas residuales, donde una corriente contaminada de aguas residuales con una alta carga orgánica es procesada por una bacterias que se alimentan de componentes orgánicos, en ausencia de oxígeno. De esta manera producen biogás que está conformado principalmente por Metano (CH_4) y Dióxido de carbono (CO_2). También se obtienen lodos residuales, subproductos orgánicos y biomasa. El resultado más importante es una corriente de agua con menos contaminación orgánica.

Figura 11.1. Degradación Biológica de la Materia Orgánica.



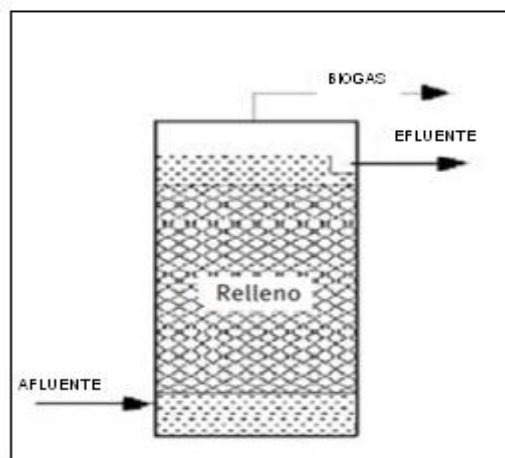
Fuente: Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales Universidad del Valle

Las ventajas de la digestión anaerobia son: alta eficiencia en purificación, estimada en un 80 por ciento de remoción de la DBO, la baja producción de lodos y el bajo consumo de energía, si se le compara con la digestión aerobia. La desventaja principal radica en la fácil desestabilización, en la cual puede llegar a condición de lavado. En ese punto hay desaparición de la biomasa, de modo que debe realizarse una inoculación de las bacterias nuevamente.

Otra ventaja es la producción de biogás que es una fuente valiosa de energía. Como se puede ver en la figura 11.2, el agua a tratar pasa de abajo hacia arriba por el interior de una columna, donde los microorganismos realizan la depuración. Por la parte inferior entra el agua contaminada a tratar, en el interior de la columna están las bacterias que realizan la depuración, por la parte superior se obtiene biogás, por la parte superior derecha se obtiene un efluente con menor carga orgánica

Es de gran importancia el estudio de la condición de lavado, en el cual ocurre la desaparición de la biomasa, con el fin de establecer condiciones o restricciones en los parámetros de forma que sea evitada. En el otro punto de equilibrio, donde se mantienen condiciones de operación normales, la biomasa se mantiene activa.

Figura 11.2 Características del Proceso de Digestión Anaerobia



Fuente: Operación de un Filtro Anaerobio (FAFA) Universidad Nacional

11.2 GENERALIDADES DE LOS FILTROS ANAEROBIOS CON FLUJO ASCENDENTE (FAFA)

En los filtros anaerobios de flujo ascendente, se puede decir que el contacto entre el agua residual y los microorganismos que se encargan de reducir su carga contaminante, se realiza así; el agua residual alimenta al reactor a través de un falso fondo por donde el flujo se distribuye uniformemente, luego el agua a tratar se hace pasar a través de una masa de sólidos biológicos suspendidos contenidos dentro del sistema por un medio fijo de soporte. Los microorganismos se adhieren a la superficie del medio en forma de fina biopelícula, o bien se agrupan en forma de masa de lodo floculado o granulada dentro de los resquicios del medio. La materia orgánica soluble que pasa a través del filtro, se difunde dentro de la superficie de los sólidos adheridos o floculados, donde se realiza el proceso de digestión anaerobia.

La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por:

$$E = \frac{s_0 - S}{s_0} * 100 \quad \text{Ecuación 11.1}$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema (%)

S: Carga contaminante de salida (mg DBO/litro)

S₀: Carga contaminante de entrada (mg DBO/litro)

Muchos son los factores que afectan la eficiencia de remoción de carga contaminante en este tipo de tratamiento, ya que los procesos anaerobios son complejos sobre los que se hacen nuevos descubrimientos constantemente y se revalúan las teorías. Entre los factores podemos contar:

- **El tiempo de retención hidráulico**

El tiempo de retención hidráulico, se considera el principal factor que influye en el rendimiento de los filtros anaerobios. Tiempos de retención altos favorecen al contacto tanto de la película como del floc granular suspendido con las aguas residuales, lo que se refleja en una mayor producción de microorganismos y una mayor eficiencia de remoción de contaminantes.

- **Carga Orgánica Volumétrica**

La carga orgánica volumétrica se define como:

$$C.O = \frac{S_0}{TRH} \quad \text{Ecuación 11.2}$$

Donde:

C.O: Carga Orgánica Volumétrica (Kg/m³*día)

S₀: Carga contaminante de entrada (mg DBO/litro)

TRH: Tiempo de Retención Hidráulico (días)

En el diseño de filtros anaerobios las cargas volumétricas no exceden por lo general los 12 (Kg/m³*día), a menos que se traten de aguas residuales con cargas que excedan los 12000 (mg DBO/litro), lo que implica que existe una concentración por encima de la cual el diseño de los filtros queda limitado por la carga y por debajo de la cual queda limitado por el TRH. Por otra parte la concentración contaminante del afluente no afecta en forma considerable el rendimiento de los filtros en un rango aproximado de entre 3000 y 12000 (mg DBO/litro). Esto probablemente se deba a la naturaleza mezclada de la fase líquida dentro de los filtros anaerobios [Young, 1991].

- **El medio de Soporte**

La superficie específica del medio tiene un efecto menor en el rendimiento de los filtros anaerobios de flujo ascendente pero no menos importante; generalmente no es suficiente para incrementar el área superficial más allá de $100 \text{ (m}^2/\text{m}^3\text{)}$.

Para ello el relleno de filtros anaerobios se han ensayado diferentes tipos de materiales entre los que podemos contar gravilla, materiales cerámicos, cilindros y esferas plásticas perforadas, módulos tubulares de flujo cruzado o de flujo vertical, bambú, etc.

El material de relleno más utilizado es la grava, debido esencialmente a su bajo costo y a su facilidad de adquisición. Sin embargo, estudios han demostrado que el empleo de materiales plásticos tubulares que permiten el tratamiento de aguas residuales con mayor carga orgánica y con una alta concentración de sólidos, ya que son materiales de una mayor porosidad y permiten una mejor distribución de flujo.

- **Temperatura, pH y nutrientes**

Los filtros anaerobios generalmente operan satisfactoriamente en el rango mesofílico de temperaturas, es decir, entre 25°C y 38°C . En cuanto al control de pH, los filtros anaerobios presentan buena capacidad autorreguladora. Los nutrientes deben ser adecuados para el desarrollo de las bacterias metanogénicas. Generalmente se acepta que el nitrógeno y el fósforo son los elementos que más tienen que ver con el desarrollo de los microorganismos dentro de un sistema anaerobio. El requerimiento de nutrientes del sistema es descrito generalmente por la relación (relación mínima):

$$\frac{DBO_{entrada}}{N.P} = 7.0 \quad \text{Ecuación 11.3}$$

Donde:

$DBO_{entrada}$: Concentración de sustrato del afluente

N y P: Concentración de Nitrógeno y Fósforo en la alimentación

Generalmente en la Ecuación 11.3 solo se toma en cuenta los requerimientos de nitrógeno, ya que el requerimiento de fósforo es de una magnitud de implicaciones económicas menores. Nutrientes diferentes al Nitrógeno y al Fósforo, como Hierro, Níquel, Magnesio, Calcio, Bario, Cobalto y Sulfatos, son esencialmente para los procesos anaerobios. Su influencia se hace notar en aspectos como la floculación, la precipitación del sulfuro y en el incremento de la actividad bacterial.

11.3 DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO

Para realizar el diseño del filtro anaeróbico se realiza a partir de los siguientes parámetros y bajo la premisa que el tanque séptico presenta una eficiencia de 25%:

$DBO_{afluente} = 6225$ (mg/litro)

Caudal afluente (Q) = 4.32 ($m^3/día$)

- **Diseño por Carga Orgánica Volumétrica (C.O)**

Para aguas residuales de tipo industrial como las que estamos tratando (sector panelero) la carga orgánica de diseño se encuentra en el siguiente intervalo Carga Orgánica de Diseño [$8-20(Kg/m^3*día)$], para nuestro diseño tomamos un

valor de diseño de $C.O = 8(\text{Kg}/\text{m}^3 \cdot \text{día})$, a partir de este parámetro se puede realizar el dimensionamiento del filtro con base en la siguiente relación:

$$C.O = \frac{DBO_{\text{afluente}} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) * Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right)}{V_u (\text{m}^3) * 1000} \quad \text{Ecuación 11.4}$$

Se despeja el valor del Volumen Útil del reactor (v_u), utilizando los valores conocidos previamente, de aquí se tiene:

$$V_u (\text{m}^3) = \frac{DBO_{\text{afluente}} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) * Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right)}{C.O \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3 \cdot \text{día}} \right) * 1000} \quad \text{Ecuación 11.5}$$

$$V_u (\text{m}^3) = 3.36$$

Ahora podemos determinar el Tiempo de Retención Hidráulico a partir de la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V_u (\text{m}^3)}{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right)} \quad \text{Ecuación 11.6}$$

$$TRH = 0.78 \text{ días}$$

- **Dimensionamiento del filtro anaerobio**

Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 Título E, se deben cumplir las siguientes relaciones entre ancho (b), largo (L) y altura útil (hu).

Ancho interior mínimo (b) = 0.95 m

Altura útil mínima (hu) = 1.80 m

$b < L < 3b$

$L < 2hu$

Bajo estas condiciones las dimensiones del filtro anaerobio se muestran en la siguiente tabla resumen.

Tabla 11.1. Resumen de la dimensiones del filtro

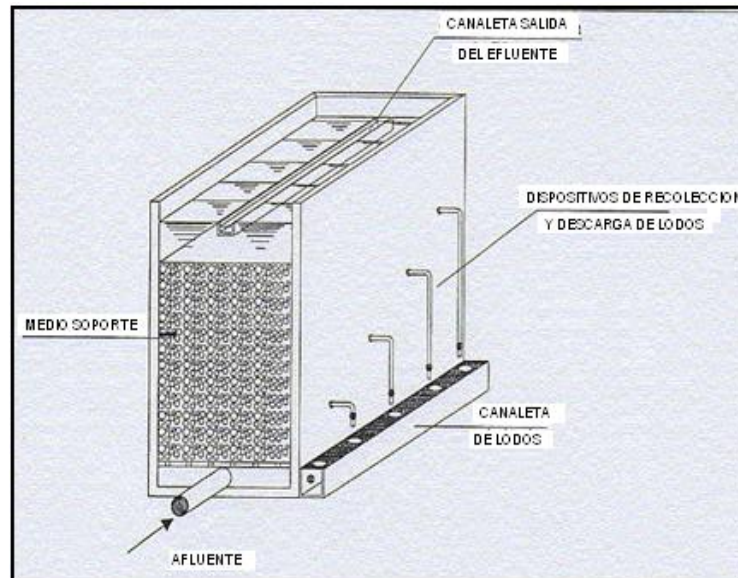
FILTRO ANAEROBIO									
TABLA RESUMEN									
V_T (m ³)	V_u (m ³)	b (m)	L (m)	h_u (m)	h_m (m)	h_f (m)	h_a (m)	h_l (m)	H (m)
3.81	3.36	1.20	1.55	1.80	1.20	0.35	0.30	0.20	2.05

11.4 DESCRIPCIÓN DEL FILTRO ANAEROBIO

El filtro que hace parte del presente proyecto está constituido por cuatro partes o zonas:

- Zona de Entrada (Falso Fondo)
- Zona de Salida (Canaleta de Colecta)
- Medio Filtrante (Medio Soporte)
- Canaleta de Lodos

Figura 11.3. Filtro Anaerobio y sus componentes



Fuente: Curso de Tratamiento Mediante Reactores Anaerobios 2002

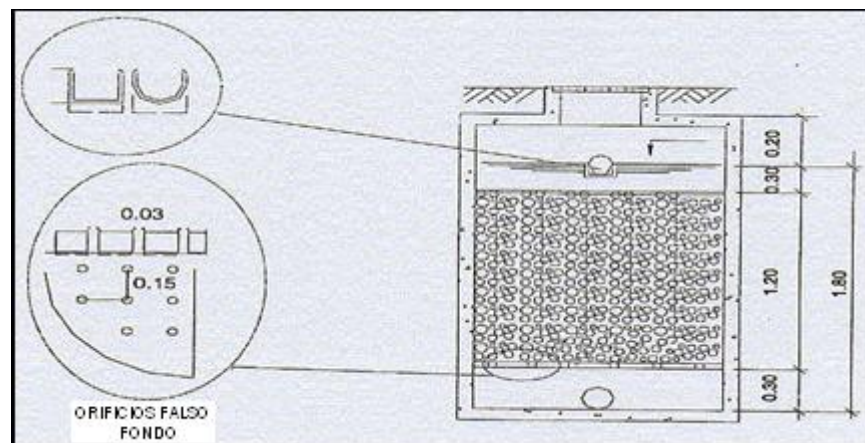
- **Zona de Entrada**

La estructura de entrada se compone de un falso fondo, pues posee una región libre en el fondo. El agua residual es conducida hasta el falso fondo por una tubería de PVC, una vez allí empieza a llenar dicha cavidad por medio de una flauta de PVC (tubería perforada), que tiene un diámetro de 2" (aproximadamente 5 cm). Una vez lleno el falso fondo el caudal se distribuye uniformemente gracias a una placa losa de concreto que cuenta con # series de # orificios de diámetro igual a 1" (aproximadamente 2.5 cm), separados 15 cm entre sí.

- **Zona de Salida**

En la zona de salida se tiene un volumen de agua que está por encima del medio filtrante y posee una profundidad de 30 cm allí se ubica una canaleta de colecta que recibe y evacua el efluente del filtro esta canaleta tiene un ancho de 25 cm y una altura de 15 cm y se conecta a una tubería de PVC de 2" de diámetro ubicada al mismo nivel del agua que ha pasado por el medio filtrante, esta tubería conduce el efluente hasta una flauta de PVC que se encarga de distribuir uniformemente el caudal que se descargara sobre el humedal.

Figura 11.4. Detalle de las Zonas de Entrada y Salida



Fuente: Curso de Tratamiento Mediante Reactores Anaerobios 2002

- **Medio Filtrante**

El Medio filtrante es una columna de 1.20 m de altura la cual se llena con material granular por lo general grava media de $\frac{3}{4}$ ", a través de este medio se hace pasar de abajo hacia arriba el agua residual proveniente del falso fondo, de esta manera se crea una biopelícula bacteriana en la superficie del material

granular gracias a los microorganismos que se adhieren a él, a medida que el agua residual pasa a través del medio filtrante la materia orgánica sufre el proceso de degradación anaerobia por el cual es eliminada la carga contaminante presente en el afluente.

Figura 11.5. Detalle del material granular del Medio Filtrante

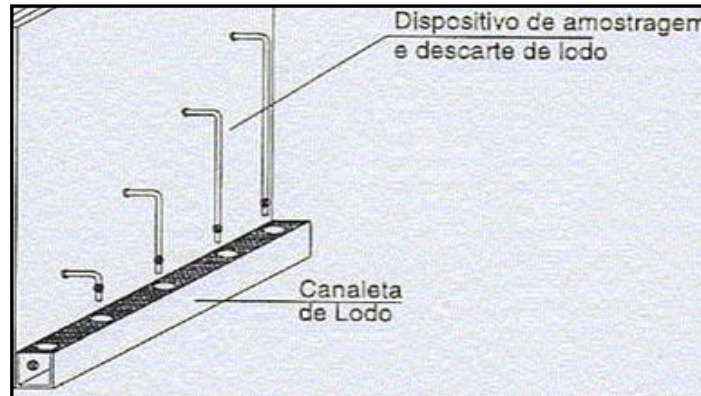


Fuente: Imagen de Google ([www. Valdicor.cl](http://www.Valdicor.cl))

- **Canaleta de Lodos**

En forma periódica se realiza la purga del lodo en exceso presente en el reactor, y del material inerte sedimentado en el fondo de la unidad, por esto se ubica una canaleta para lodos en la parte inferior del reactor, a ella se lleva los lodos removidos por las válvulas de purga, dichas válvulas se ubican una en el fondo del reactor y otra aproximadamente 1.0 m por encima del fondo.

Figura 11.6. Detalle de la Canaleta de Lodos



Fuente: Curso de Tratamiento Mediante Reactores Anaerobios 2002

11.5 CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO ANAEROBIO

La construcción del Filtro Anaerobio dará inicio con el reconocimiento del terreno y la delimitación del lugar donde estará ubicado, una vez definido esto comenzaran los trabajos de excavación y disposición final de escombros del sitio de construcción, posteriormente se funde la placa de piso para el filtro ($e = 10\text{cm}$), seguidamente se levantan los muros en mampostería que darán la forma y dimensiones definitivas al reactor ($b = 1.20\text{ m}$, $L = 1.55\text{ m}$, $H = 2.05\text{ m}$). Cuando haya concluido la etapa de mampostería se procede a la instalación de la tubería que conducirá el agua residual a tratar desde el tanque séptico hasta el faso fondo donde será distribuida uniformemente para proceder a pasarla por el medio filtrante en este paso se incluye la instalación de las válvulas de purga para el retiro de los lodos con sus respectiva tubería.

La siguiente parte del proceso corresponde a los acabados del filtro anaerobio, entre los que podemos contar el friso y la impermeabilización de todas las paredes del reactor, además se debe hacer la instalación de la losa que separa

el falso fondo del medio filtrante ($e = 5$ cm); esta losa ha sido previamente fundida con sus respectivo refuerzo, teniendo en cuenta que esta presenta perforaciones de 1" (3 cm aproximadamente) separadas 15 cm entre si lo que garantiza el ascenso del agua residual hacia el medio filtrante de una manera uniforme, para continuar el proceso de construcción se llena el medio filtrante con el material granular pertinente (grava $\frac{3}{4}$ "), seguidamente se funde y se monta la canaleta de colecta que se encarga de retirar el agua tratada hacia humedal que es la última parte del proceso, finalmente se funde la placa superior del reactor teniendo en cuenta que se debe dejar una compuerta de 50x50 cm para chequear el funcionamiento del reactor.

- **Materiales Empleados**

Los materiales requeridos para llevar a cabo el proceso constructivo del filtro anaerobio están enunciados en el siguiente listado:

- Cemento Portland
- Arena (fina y gruesa)
- Ladrillos (tolete o temosa)
- Grava (diámetro $\frac{3}{4}$ ")
- Acero de Refuerzo ($F_y = 400$ Mpa)
- Tubería en PVC (diámetros requeridos)
- Válvulas para drenaje
- Herramienta y Equipo requerido

- **Recomendaciones**

Para el correcto funcionamiento del filtro anaerobio se recomienda:

- Tener un operario que vigile el funcionamiento y mantenga control sobre el reactor.
- El filtro debe tener acceso apropiado para que las operaciones de mantenimiento y limpieza sean fáciles.
- Realizar mantenimiento y limpieza apropiados y pertinentes al reactor.
- Controlar el flujo del caudal a través del filtro.
- Realizar el proceso de purga que sea requerido.
- No deberán ser construidos en áreas pantanosas o fácilmente inundables.
- En ningún caso los lodos removidos pueden arrojarse a cuerpos de agua.
- El reactor debe estar provisto de una canaleta para el manejo de los lodos producidos durante su funcionamiento.

12. LECHO DE INFILTRACION

12.1 GENERALIDADES DEL PROCESO

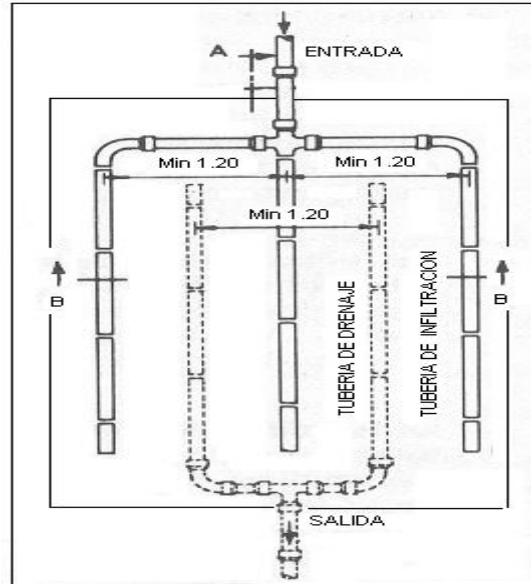
Generalmente los lechos de infiltración presentan profundidades totales entre 1.0 y 1.5 m con un medio de filtración cuidadosamente seleccionado; la arena y la grava son los medios que se utilizan comúnmente, pero la antracita, residuos de minería, cenizas de fondo de incineradores, etcétera, también han sido usados.

La superficie del lecho se dimensiona de acuerdo a las características del efluente. En este proceso se realiza el paso simple del agua hasta el fondo del lecho a través del material del cual está conformado; en la parte inferior es recolectado el efluente y puede disponerse de distintas maneras ya sea a cajas de bombeo o a campos de drenaje.

En los lugares donde el agua subterránea está a poca profundidad, el terreno es compacto e impermeable o el único sitio disponible para el tratamiento se encuentra muy próximo al lugar de donde proceden las aguas residuales, se emplea el Lecho filtrante.

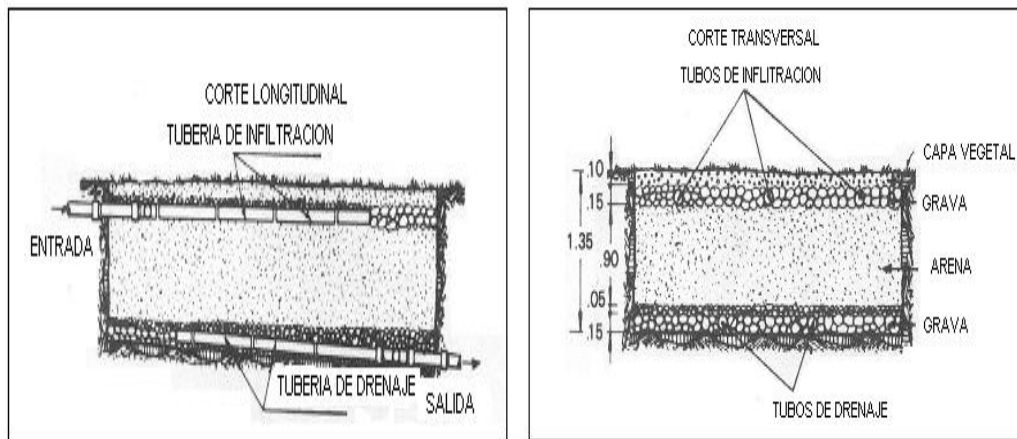
Estos lechos producen un efluente de alta calidad que puede ser usado para irrigación por goteo o puede ser descargado a aguas superficiales después de ser desinfectado; tiene requisitos moderados de energía una de las características más importantes es la facilidad de acceso para el monitoreo y no requieren personal calificado para su operación ni de compuestos químicos. Asimismo puede ser instalado para que se incorpore visualmente al paisaje. Las siguientes figuras se presentan en terrenos completamente impermeables en otras condiciones es necesario poner una capa impermeable en el fondo o cubrir con materiales que cumplan dicha función.

Figura 12.1. Vista en planta del lecho filtrante



Fuente Eternit colombiana S.A

Figura 12.2. Vista en Corte del lecho



Fuente Eternit Colombiana S.A

Tipos

Hay diferentes tipos de configuración de lechos filtrantes; los que se emplean actualmente para la filtración de aguas residuales se pueden clasificar en función del número de capas de material filtrante, lo cual da lugar a los filtros de una única capa, los de doble capa y los filtros multicapa también se pueden nombrar como filtros de flujo descendente convencionales, en los cuales el tamaño de los granos de cada capa se distribuyen, de menor a mayor.

Los principales tipos de filtros empleados para el tratamiento de efluentes de aguas residuales se pueden clasificar en filtros de flujo ascendente y descendente. El más común es el filtro de flujo descendente.

Además existen denominaciones tales como:

De descarga por gravedad

Normalmente se construyen en el costado de colinas, para lo cual se ubica el eje longitudinal en forma perpendicular a la pendiente para reducir a un mínimo la necesidad de realizar excavaciones; debido a que el efluente pasa a través del filtro por efecto de la gravedad.

De descarga por bombeo

Se emplean normalmente en terrenos planos, para la realización de este proceso se ubica una caja de bombeo a la salida del lecho con el fin recolectar el efluente y disponer de este en cualquier ubicación o elevación.

Sin fondo

Esta clase de lecho no tiene revestimiento impermeable y se descargan directamente al suelo debajo del material del filtro.

12.2 DISEÑO DEL LECHO DE INFILTRACION

Tabla 12.1 Criterios típicos de diseño de un lecho

Elemento	Criterio de diseño
Pretratamientos	Mínimo; tanque
	séptico o equivalente
Medio de filtrado	
Material	Material granular durable pre-lavado
Tamaño efectivo	0.25 a 0.75 mm
Coefficiente de uniformidad	< 4.0
Profundidad	50 a 90 cm
Sistema de desagüe	
Tipo	Tubería con ranuras o perforaciones
Pendiente	0 a 0.1%
Tamaño	3 a 4 pulgadas
Carga hidráulica	2 a 5 galones/pie ² /día
Tamaño de la tubería	1 a 2 pulgadas
Tamaño del orificio	1/8 a 1/4 de pulgada

Fuente adaptado de U.S.EPA, 1980 y crites

Según el documento técnico FNDAE nº 22 los lechos de infiltración se deben dimensionar de la siguiente manera este procedimiento fue el que se siguió para determinar el tamaño del lecho.

Debido a que el caudal se conserva $Q = 0.15 \text{ L/seg} = 12.96 \text{ m}^3/\text{día}$

Carga hidráulica superficial = $2 \text{ m}/\text{día}$

$$\text{Area superficial} = \frac{Q}{CH}$$

El área superficial obtenida es igual a $\text{Area superficial} = 6.48 \text{ m}^2$

Para efectos de la construcción del lecho de infiltración se tomara como geometría del lecho una superficie cuadrada de $2.5\text{m} \times 2.5 \text{ m}$.

En esta superficie se deben situar las tuberías tanto de infiltración como de drenaje para efectos de operación y constructivos se requiere dejar una distancia que en el caso que se está analizando será de 50 cms .

Por lo tanto la superficie total para la construcción es de $3.0\text{m} \times 3.0 \text{ m}$.

Determinación del espesor

Cuando la descontaminación por la presencia de coliformes fetales (indicador de la calidad del agua potable) no forma parte de los objetivos de la instalación, un espesor de macizo filtrante de 80 cm es suficiente, el agua a tratar es de origen industrial por lo tanto no presenta esta clase de bacteria.

En caso de que la infiltración tenga por función adicional la eliminación de los gérmenes patógenos, el espesor del macizo filtrante depende del nivel de descontaminación esperado.

Si el espesor del lecho es conformado por arena implantada naturalmente, la relación entre su espesor y la descontaminación es más difícil de obtener y es preferible solicitar a los laboratorios para caracterizar correctamente la arena concernida y sus capacidades de descontaminación.

El espesor es función:

- de la superficie total de lecho filtrante ;
- de la superficie máxima de la unidad de infiltración compatible con un reparto uniforme del afluente sobre esta misma unidad.

12.3 CONSTRUCCION DEL LECHO DE INFILTRACION

▪ **Materiales**

- Grava 3/4".
- Grava 1/2".
- Arena.
- Tubería PVC 2" cada 20 cm.
- Capa vegetal.(césped de caña o caña brava)
- Tees de PVC

Las paredes de las excavaciones deben ser, en lo posible verticales con la finalidad de garantizar el recorrido vertical del agua a través del material filtrante.

Para construir el Lecho filtrante se cava a profundidad de 1.50 m. una zanja o un foso rectangular con fondo de planos inclinados hacia el punto de desagüe en el cual se instalan tuberías de drenaje rodeadas de grava gruesa . Sobre esta base se colocan sucesivamente una capa de grava más delgada, otra de

arena limpia de 90 cm. de altura, por entre la cual desemboca y ramifica la tubería de infiltración que trae el líquido residual del Tanque Séptico. Tanto la tubería como la del fondo, son de 2" con uniones abiertas y ramales separados a 1.20 m. entre ejes, pero dispuestos de manera que los ramales de drenaje queden situados en planos verticales comprendidos entre cada dos de los planos de las tuberías de infiltración.

El resto de la excavación se rellena con tierra vegetal y para protegerla se siembra en ella una gramínea u otra planta apropiada.

Es necesario instalar aliviaderos de seguridad, para evacuar excesos de caudal hacia un medio receptor y a para determinar las disminuciones de carga.

Para instalar las tuberías se debe tener en cuenta que las separaciones mínimas entre ejes tanto de las tuberías de infiltración como de las de drenajes es de 1.20 m.

En la parte inferior del lecho se debe situar la tubería entre los ejes de las tuberías de infiltración y al final disponer de una te sanitaria para unificar la salida del efluente. Generalmente y para el diseño que se propuso se manipulan dos ramas de tubos.

La disposición de las tuberías de infiltración se distribuyen de forma distinta en estas el agua es recogida de una tubería que proviene de un tratamiento anterior obligatorio y se distribuye habitualmente en tres ramificaciones en la superficie del lecho.

▪ **Mantenimiento**

- Se requiere un mantenimiento rutinario. Aunque simple es necesario llevar un registro del correcto funcionamiento de esta unidad.
- Se debe realizar un seguimiento regular visitas mensuales o cada dos meses para realizar exámenes visuales de flujo de agua correcto aspecto de los efluentes.
- Regulaciones de nivel; altura de agua máxima en la superficie.
- segado de la capa vegetal y de los rellenos alrededor de las capas del lecho.
- Funcionamiento de las tuberías de infiltración para evitar posibles taponamientos.
- En el caso que se utilicen bombas realizar el mantenimiento de estos equipos de acuerdo a las especificaciones una o dos veces al año.

▪ **Recomendaciones**

- No se sembrarán árboles cerca del tanque ni sobre el Lecho filtrante.
- Debe evitarse el paso de animales o vehículos en los mismos lugares, a fin de impedir la ruptura del tanque o de las tuberías.
- La altura de la capa vegetal o del talud por encima del nivel de infiltración debe ser aproximadamente de 30 cm.

- Se deben instalar aliviaderos de seguridad, para hacer frente a las emergencias y evacuar los caudales en exceso hacia un medio receptor.
- Para evitar el riesgo de taponamiento de las tuberías es importante seleccionar una grava y una arena *limpia* y con una buena granulometría.
- Anterior a este proceso es necesario un tratamiento preliminar; no se puede utilizar como único proceso.

13. CONSTRUCCION MODELO

- **Materiales**
 - Acrílico
 - Grava fina, media y gruesa
 - Arena
 - Tubo PVC 2"
 - Balde
 - Tubería

Figura 13.1. Sistema Implementado Para el Sector Panelero



El modelo no está construido a escala real puesto que no se cuenta con los recursos económicos para llevar a cabo la materialización; por dicho motivo se implementó un modelo con una reducción de escala lineal 1:10.

Este capítulo estará enfocado a la descripción del modelo, el dimensionamiento, los procesos pertinentes de diseño y dimensionamiento serán contemplados en los capítulos posteriores, bajo la premisa que los diseños y demás puntos a tratar en dichos capítulos estarán orientados hacia la implementación del modelo a escala real.

Para el dimensionamiento es necesario contemplar también el caudal que se utilizara en el modelo.

El vertimiento real tiene un caudal $Q = 0.15$ L/seg, para realizar el ajuste a la escala del modelo este caudal se redujo a una milésima parte, por tanto el caudal que se maneja para el modelo es $Q = 0.15$ ml/seg ó $Q = 9$ ml/min

13.1 TANQUE SÉPTICO (MODELO)

El tanque séptico comprende un vertedero triangular el cual facilita el paso de agua clarificada al vertedero de salida y la separación de espumas en la segunda cámara.

Figura 13.2 Tanque septico (modelo)

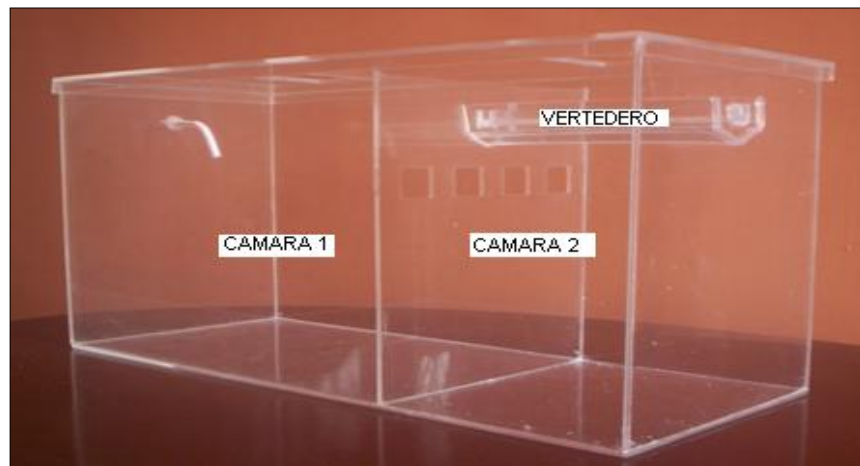


Tabla 13.1. Dimensiones del Tanque Séptico (Modelo)

T. SÉPTICO (Modelo)		
TABLA RESUMEN		
Caudal	Q(ml/seg)	0.15
Tiempo de Retención	Tr(h)	24
Volumen Total	V_T(m³)	0.01495
Volumen Útil	Vu(m³)	0.01296
Ancho	b(m)	0.1660
Largo	L(m)	0.4000
Profundidad Útil	Pu(m)	0.195
Altura Total	hT(m)	0.225
Altura Tabique	ht(m)	0.205
Longitud Cámara 1	L1(m)	0.267
Longitud Cámara 2	L2(m)	0.133
Altura Aberturas	h(m)	0.020
Ancho Aberturas	b1(m)	0.020
Separación Aberturas	Sab(m)	0.017
Extremo Superior Aberturas	Ha(m)	0.155

13.2 FILTRO ANAEROBIO (MODELO)

El medio filtrante que se empleó en el modelo fué grava media de $\frac{3}{4}$ " y presenta la misma granulometría que se utilizaría en el sistema real para simular el área superficial y garantizar la formación de la biopelícula.

Figura 13.3 Filtro anaerobio (modelo)



Tabla 13.2. Dimensiones del Filtro Anaerobio (Modelo)

FILTRO ANAEROBIO (Modelo)		
TABLA RESUMEN		
Caudal	Q (ml/seg)	0.05
Tiempo de Retención	Tr (h)	16.68
Volumen Total	VT (m3)	0.00381
Volumen Útil	Vu (m3)	0.00
Ancho	b (m)	0.12
Largo	L (m)	0.155
Altura Útil	hu (m)	0.18
Altura Medio Filtrante	hm (m)	0.12
Altura Falso fondo	hf (m)	0.035
Altura Total	H (m)	0.205

13.3 LECHO DE INFILTRACIÓN (MODELO)

Para el correcto funcionamiento del lecho de infiltración es indispensable contar con una profundidad adecuada (1.0 – 1.5 m), por tal motivo la construcción de un modelo a escala de este proceso no permitiría el correcto funcionamiento del medio de filtración; con el fin de solucionar esto se adecuo un tubo de PVC de 2 pulgadas de diámetro, el cual tiene una altura de 1.0 m donde se distribuirán las diferentes capas de grava y arena que conformaran el medio de filtración.

Figura 13.4. Esquema de lecho filtrante (modelo)

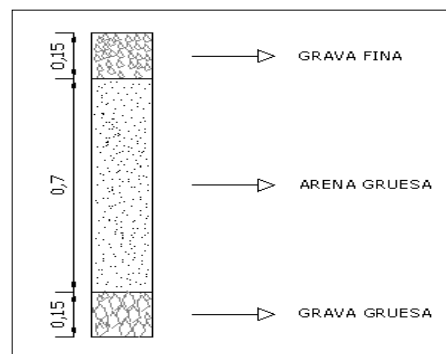
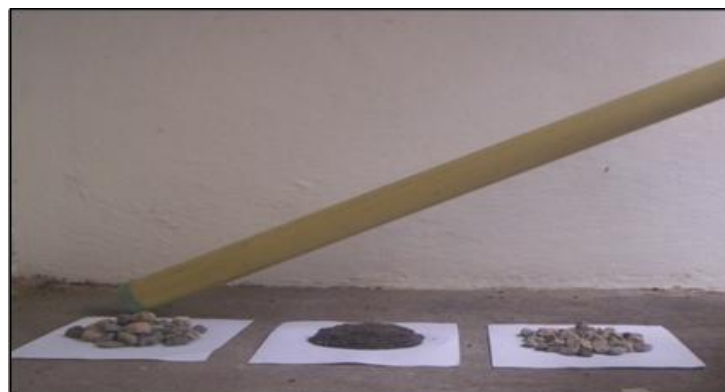


Figura 13.5. Lecho filtrante (modelo)



13.4 EM (EFFECTIVE MICROORGANISMS)

EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, La acción microbial en este proyecto es asistida por la incorporación de EM, que se comercializan en presentación líquida y cuyas características organolépticas son muy similares al “guarapo” de caña salvo que no es dulce; se compone principalmente por levaduras, bacterias acidolácticas y bacterias fotosintéticas que desarrollan una asociación metabólica que permite su aplicación en el tratamiento de aguas residuales.

Esta tecnología fue desarrollada por la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa – Japón y se encuentra patentada y comercializada recientemente en Colombia. La implementación de EM en aguas industriales.

Forma de Aplicación de los EM

La dosis de EM se administra en una sola aplicación y directamente en cada unidad de tratamiento, se deben aplicar por debajo de la superficie de cada unidad de tratamiento para garantizar la distribución por todo el volumen de la unidad. Los EM son organismos vivos y no deben entrar en contacto con detergentes ni desinfectantes que puedan eliminarlos; su almacenamiento requiere de un lugar oscuro y fresco, por un tiempo no mayor a 45 días calendario, después de los cuales el contenido pierde sus propiedades y debe desecharse.

- **Primer día de aplicación**

La primera inoculación es mayor porque es necesario iniciar el sistema y abrir paso a un hábitat adecuado para la evolución de los microorganismos. La dosis utilizada fue de un (1) litro de EM por cada metro cúbico de volumen de tanques.

Así las cantidades usadas fueron:

Tabla 13.3 Dosificación de EM

APLICACIÓN DE EM PRIMER DÍA		
UNIDAD DE PROCESO	VOLUMEN (m³)	DOSIS DE EM (ml)
Tanque Séptico	0.01296	12.96
Filtro Anaerobio	0.00335	3.35

- **Primera Semana**

La dosificación se reduce debido a que se encuentra un ecosistema favorable para el desarrollo de los microorganismos a incorporar, La dosis aplicada fue de un (1) litro de EM por cada dos metros cúbicos de volumen de tanques.

Las cantidades usadas fueron:

Tabla 13.4 Aplicación de EM en el sistema primera semana

APLICACIÓN DE EM PRIMERA SEMANA		
UNIDAD DE PROCESO	VOLUMEN (m³)	DOSIS DE EM (ml)
Tanque Séptico	0.01296	6.48
Filtro Anaerobio	0.00335	1.67

- **Segunda Semana y en adelante (cada semana)**

La dosis se estabiliza en un mínimo equivalente a la mitad de la anterior lo que corresponde a las siguientes cantidades:

Tabla 13.5 Aplicación de EM en el sistema segunda semana

APLICACIÓN DE EM SEGUNDA SEMANA EN ADELANTE		
UNIDAD DE PROCESO	VOLUMEN (m ³)	DOSIS DE EM (ml)
Tanque Séptico	0.01296	3.24
Filtro Anaerobio	0.00335	0.84

13.5 MONTAJE Y SEGUIMIENTO DEL MODELO

Si se quiere garantizar un funcionamiento adecuado del sistema es necesario acondicionar el lugar y la ubicación de cada uno de los compartimientos del sistema. Es necesario mantener protegido de la luz y el aire (ambiente anaerobio), establecer la pendiente en fondo del tanque, disponer el depósito por medio del cual se abastecerá el sistema, confirmar que las canaletas estén completamente horizontales y corroborar que el tubo que operara como lecho filtrante este acondicionado con el material y dispuesto en la parte final del sistema.

- **Regulación del caudal**

Este primer paso en el montaje del modelo es de vital importancia ya que el caudal es un factor principal para diseño de los procesos que conforman el sistema; se utilizó un cronometro, una jeringa graduada la cual debería llegar a un nivel de 4.5 ml en 30 segundos; y así conservar la escala del caudal real.

Figura 13.6. Regulación del caudal (modelo)



- **Ensamble del modelo**

En la puesta en marcha del modelo se necesito verificar al comienzo que los compartimientos no presentaran ninguna clase fugas que pudieran afectar el correcto funcionamiento del procedimiento. Después del control empezó el proceso de llenado del tanque.

Figura 13.7. Sistema en la hora cero (inicio)



- **Inspección del sistema**

Luego de transcurrido ocho horas del inicio es necesario hacer una revisión para determinar el correcto funcionamiento y que el caudal se conserve.

Figura 13.8. Inspección realizada (ocho horas del inicio)



- **Tanque cumplidas 24 horas**

A continuación cumplido el tiempo de retención total en el tanque se observa la variación del color de una cámara a otra indicando un buen desempeño de este.

Figura 13.9. Tanque séptico modelo (24 horas después inicio)

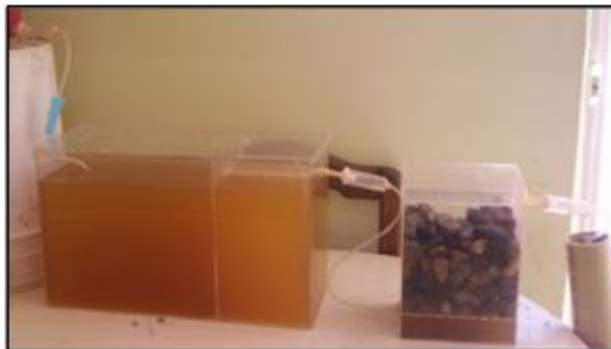


En seguida el efluente se dirige al posterior tratamiento filtro anaerobio.

- **Inicio salida del tanque al filtro**

Inmediatamente después que el efluente alcanza la canaleta de salida del tanque inicia la circulación al filtro ingresando en la parte inferior por el falso fondo y se realiza una distribución uniforme hacia el medio filtrante.

Figura 13.10. Distribución en el filtro anaerobio



- **Filtro anaerobio**

Cuando esta completado el tiempo de retención en el filtro se puede observar la canaleta de salida al lecho del infiltración.

Figura 13.11. Filtro anaerobio modelo



- **Funcionamiento final total del sistema**

En seguida cuando el filtro anaerobio está lleno se procede al llenado del lecho filtrante es importante recordar que en el modelo no fue posible utilizar la capa de vegetación que se presentaría en el tamaño real debido a condiciones de área en el tubo.

Figura 13.12 Sistema funcionando completamente.



- **Transcurso de la segunda semana de funcionamiento**

Cumplida la semana inicial al montaje el sistema no se presentaron alteraciones en el sistema se observó el inicio de la formación de biopelícula muy fina en el filtro; los organismos empezaban la adaptación en el ambiente.

Figura 13.13 Formación de biopelícula en el filtro.



- **Parte final del tratamiento**

En la figura se puede observar que no se consiguió obtener un efluente del lecho filtrante.

Figura 13.14 ultima parte del tratamiento.



- **Salida del efluente del modelo**

La recolección del efluente debió ser tomada directamente del filtro ya que no se logro recolectar nada a la salida del lecho; esta decisión se adopto para poder realizar un paralelo del afluente y el efluente en el día 20 (veinte del tratamiento).

Figura 13.15 efluente del filtro anaerobio.



14. ANALISIS DE RESULTADOS

Transcurridos (20) veinte días del funcionamiento del modelo de tratamiento y realizado el muestreo se determinaron los siguientes resultados:

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	 CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
-------------------------------	--	--

INFORME DE RESULTADOS		
TITULO: Análisis de aguas residuales		
FECHA		
DD	MM	AA
27	04	10
INFORMACION DEL CLIENTE		
NOMBRE	DIRECCION	TELEFONO
OSCAR ALMEIDA Y/O LIZETH DAYANA PINZON	Calle 12 N° 10ª-16 Nueva Candelaria	6554926
MUESTRA		
TIPO DE MUESTRA:	LIXIVIADO	
NOMBRE DE LA MUESTRA:	EFLUENTE	
FECHA DE RECEPCIÓN	ABRIL 20 DE 2010	
PROCEDENCIA:	AGUAS DE TRAPICHE	
TOMA DE MUESTRA		
PUNTOS DE MUESTREO	EFLUENTE	
FECHA DE MUESTREO	ABRIL 20 DE 2010	
TIPO DE MUESTREO	PUNTUAL	

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	 CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
-------------------------------	--	--

RESULTADOS DE ANALISIS				
NOMBRE MUESTRA	PARÁMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO
EFLUENTE	DBO ₅	Incubación 5 días	mg/L O ₂	3700
EFLUENTE	DQO	Reflujo cerrado	mg/L O ₂	8590
EFLUENTE	SST	Gravimétrico	mg/L	84

Nota: estos resultados se relacionan únicamente con las muestras analizadas. No se debe reproducir el informe, excepto en la totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio.



YANETH QUINTERO LÓPEZ
Directora de laboratorio.

En el día 30 (treinta) del inicio se tomo una nueva muestra la cual arrojó los siguientes resultados:

RESULTADOS DE ANALISIS				
NOMBRE MUESTRA	PARÁMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO
EFLUENTE	DBO ₅	Incubación 5 días	mg/L O ₂	2830
EFLUENTE	DQO	Reflujo cerrado	mg/L O ₂	5900
EFLUENTE	SST	Gravimétrico	mg/L	70

- Al observar la evolución del modelo construido no se registró ningún tipo de efluente en el lecho de infiltración, se espera que al implementar este modelo a escala real se obtenga un comportamiento similar y el efluente que se presente tenga un caudal muy bajo o simplemente nulo lo cual sería ideal puesto que se estaría asegurando una remoción total.

- Cuando se implemente el modelo propuesto a escala real es probable que no se obtenga ningún efluente a la salida del sistema de tratamiento, tal como ocurrió en el modelo a escala, esto se debe a que el caudal que alimenta el sistema de tratamiento es de 0.15 l/seg (bajo), otro factor que puede jugar un papel muy importante en el funcionamiento; son los efectos de la evaporación puesto que el modelo real estaría expuesto a todas las condiciones climáticas del lugar donde se implemente. Algo que no ocurrió con el modelo ya que este funciona bajo techo en condiciones mucho más *amigables*, además el modelo real contaría con la vegetación recomendada para este tipo de procesos (césped de caña o caña brava) que se encargaría de absorber el agua para su alimento además sus raíces cumplen con funciones depuradoras, en el modelo no fue posible acondicionar las plantas por restricciones de área. Por dichas razones se espera que el lecho de infiltración se comporte como un lecho de absorción y logre reducir el efluente en su totalidad o arroje un caudal muy bajo.
- A partir de los muestreos efectuados y realizando un análisis comparativo se encuentran los siguientes porcentajes de remoción para los parámetros que se estudiaron, es preciso recordar que el parámetro significativo para este proyecto es la DBO₅.

Tabla 14.1 tabla comparativa muestreo inicial y final.

PARAMETRO	MUESTREO INICIAL	MUESTREO FINAL	% REMOCIÓN
DBO ₅ (mg/L)	8300	3700	55.42
DQO (mg/L)	16833	8590	48.97
Sólidos Suspendidos (mg/L)	675	84	87.56
Grasa y Aceites (mg/L)	<2	NA	

- Los porcentajes de remoción de carga contaminante se pueden considerar bajos, pero cabe aclarar que la muestra utilizada en el monitoreo final fue tomada a la salida del filtro anaerobio, es decir, el agua del análisis solo había sido sometida a dos de los tres procesos que se propusieron en el sistema.
- En parámetros como DBO₅ y DQO se lograron porcentajes de remoción de 55% y 48% respectivamente por lo tanto se espera que el lecho de infiltración sea el encargado de remover lo necesario para darle cumplimiento a la normatividad existente, esta estimación se hace debido a las razones enunciadas anteriormente.
- Por otra parte los sólidos suspendidos han sido removidos en un porcentaje superior al exigido por la normatividad y las grasas y aceites se encontraron en un porcentaje mínimo por tal motivo se omitió la realización del muestreo final en dicho parámetro.

Tabla 14.2 tabla comparativa de los tres muestreos

PARAMETRO	MUESTREO INICIAL	MUESTREO DÍA 20	% REMOCIÓN	MUESTREO DÍA 30	% REMOCIÓN
DBO ₅ (mg/L)	8300	3700	55.42	2830	65.90
DQO (mg/L)	16833	8590	48.97	5900	64.95
Sólidos Suspendidos (mg/L)	675	84	87.56	70	89.63
Grasa y Aceites (mg/L)	<2	NA		NA	

15. ALTERNATIVA DE PROCESO FINAL (HUMEDAL SUBSUPERFICIAL)

15.1 GENERALIDADES DEL PROCESO

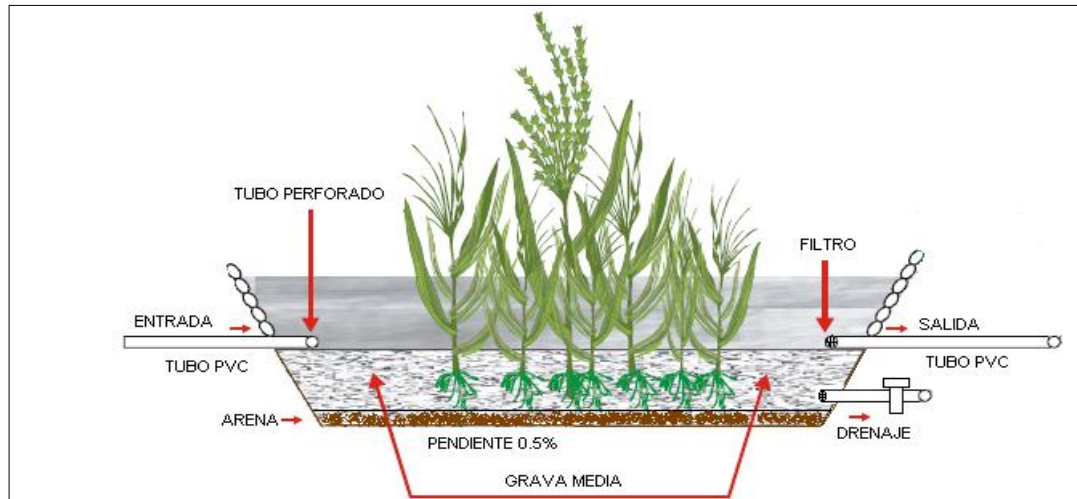
Los humedales naturales son complejos compuestos por laminas de agua, vegetación sumergida, flotante y emergente en los que el suelo se mantiene saturado por largos periodos de tiempo; en los humedales crecen vegetación, animales y microorganismos que se adaptan a condiciones ambientales; seres vivos que junto con procesos químicos y físicos son capaces de lograr una depuración del agua disminuyendo en cantidades considerables la materia orgánica y sólidos por esta razón los humedales son llamados los “riñones del mundo”(Mitsch y Gosselink,2000).

Cuando se crean humedales artificiales se toman como un sistema para el tratamiento de aguas residuales y generalmente se puede disponer para un pos tratamiento, es ideal cuando se manejan cantidades de agua que no indican muchos litros al día.

Un humedal tiene como fin proporcionar una manera sanitaria para la disposición de las aguas residuales, prevenir los olores causados por el estancamiento de aguas, evitar una sobrecarga de alimento en aguas superficiales además impedir contaminación de aguas subterráneas.

Se ha tratado de aprovechar el potencial que tiene los humedales como depuradores de aguas residuales, diseñando instalaciones capaces de reproducir las características que presenta un humedal natural.

Figura 15.1. Sistema de tratamiento de agua humedal.



Fuente Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, Nº 17, Los humedales presentan procesos de remoción físicos, biológicos y químicos:

Proceso de remoción físicos

Como la sedimentación de sólidos suspendidos se promueve por la baja velocidad del flujo; en la práctica la sedimentación se considera como un proceso irreversible. El desprendimiento de gas resulta a partir de gases como el oxígeno, desde el inicio de la fotosíntesis del agua, metano y dióxido de carbono, producido por los microorganismos en el sedimento durante la descomposición de la materia orgánica (Benfield, L.D. and C.W. Randall, 1980).

Procesos de remoción biológicos

Es quizá el camino más importante para la remoción de contaminantes en los humedales. Los contaminantes como nitrato, amonio y fosfato son también formas de nutrientes esenciales que son tomados por las plantas; sin embargo,

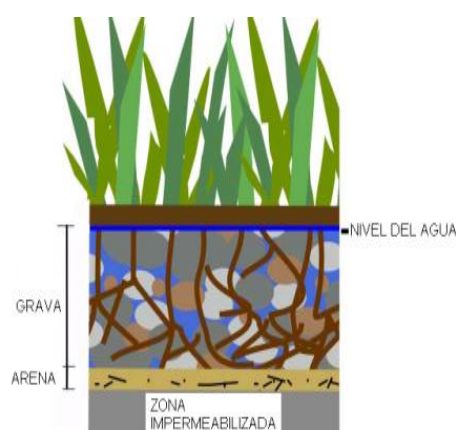
muchas especies de plantas pueden ser capaces de captar e incluso acumular significativamente metales tóxicos como cadmio y plomo.

Procesos de remoción química

El proceso químico más importante de la remoción de suelos en un humedal es la absorción, que da lugar a la retención a corto plazo o a la inmovilización a largo plazo de varios contaminantes. La absorción es un término ampliamente definido para la transferencia de iones (moléculas con cargas positivas y negativas) a partir de la fase solución (agua) y la fase sólida (suelo). La absorción describe un grupo de procesos, que incluye reacciones de adsorción y precipitación. La adsorción se refiere a la unión de iones a las partículas de suelo, por intercambio catiónico (unión física de cationes (iones cargados positivamente)) o adsorción química.

Para que se pueda dar estos procesos de una manera eficiente es importante saber escoger los componentes el humedal su distribución y ubicación.

Figura 15.2. Detalle del material del humedal.



Fuente Manual de Diseño: Humedal Construido

15.2 GENERALIDADES DE LOS HUMEDALES SUBSUPERFICIALES ARTIFICIALES

Cuando se habla de un humedal subsuperficial se define como un sistema de tratamiento de agua residual, poco profundo construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas y los cuales tienen ciertas ventajas respecto a otros sistemas de tratamiento alternativos, debido a que requieren de poca o ninguna energía para operar. También se puede considerar como un reactor biológico tipo *proceso biopelícula sumergida* en el cual por uno de sus extremos entra el agua y se reparte atravesando la capa de grava sembrada con – helófitos y al otro extremo esta es recogida. Regulando que el nivel máximo del agua no quede a la vista lo cual permite que el lugar donde se ubica el humedal sea un sitio agradable (estéticamente) e impida así la proliferación de moscas y mosquitos.

Las plantas que se utilizan en un humedal son los llamados helófitos estas plantas son capaces de arraigar en suelos anegados o encharcados los cuales tienen una parte sumergida y otra aérea o emergente; los más usados en eliminación son aneas (*Typha spp*);son fuertes y capaces de producir una biomasa anual grande con facilidad para propagarse; céspedes de caña (*Phragmites australis*);son plantas altas con raíces profundas que permiten que una mayor cantidad de oxígeno alcance la zona de la raíz; juncos (*Schoenoplectus spp*); crecen en grupos y crecen bien en agua que tiene una profundidad de 5 cm a 3 m. Estas plantas agresivas logran una eliminación alta de contaminantes. *Scirpus, carex, etc.*

Los helófitos tienen una capacidad termorreguladora la cual permite mantener las condiciones del sistema en caso que se presenten cambios apreciables en la temperatura esto es una característica muy importante en lugares donde se puedan presentar fenómenos climáticos como las estaciones.

Figura 15.3. (De izquierda a derecha) Aneas, Juncos, y Césped Común de Caña



Fuente Manual de Diseño: Humedal Construido

Tabla 15.1. Funciones de las plantas en sistemas de tratamiento acuático.

Raíces y/o tallos en la columna de agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Superficies sobre la cual crece la bacteria. 2. Medio de filtración y adsorción de sólidos.
Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atenúan la luz del sol y así previene el crecimiento de algas. 2. Reducen los efectos del viento en el agua; es decir, transferencia de gases entre la atmosfera y el agua. 3. Importante en la transferencia de gases para y desde las partes sumergidas de la planta.

Fuente Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, Nº 17,

15.3 DISEÑO DE UN HUMEDAL

La guía que se utilizó para determinar el tamaño del humedal ha sido tomada del libro *Small Decentralized Wastewater Treatment Systems* de los autores *Crites* y *Tchobanoglous (1998)* este toma como base los siguientes criterios:

- **Temperatura:** se debe determinar la temperatura media mínima mensual ambiente T°C en el cual va a trabajar el sistema.
- **Constante de velocidad de reacción:** [kT (día-1)] para establecer este ítem es necesario conocer o tomar una constante de velocidad de reacción en 20°C (k_{20}) la cual varía dependiendo del sistema.

Un rango de valores ha sido utilizado en libros que indican el diseño de humedales construidos de flujos subterráneos. Un valor K más grande indica la descomposición más rápida de DBO.

En el libro por *Crites* y *Tchobanoglous (1998)*, estima un (k_{20}) de 1.1 día-1, mientras *Tchobanoglous* y *Burton (1991)* estima un (k_{20}) de 1.35 día-1. Los valores están basados en el desempeño del humedal, y no pueden ser obtenidos exactamente hasta que el sistema es construido y monitoreado. Se recomienda utilizar un valor conservador (bajo)

$$k_r = k_{20^{\circ}\text{C}}(1.06^{(T-20)}) \quad \text{Ecuación 15.1. Crites and Tchobanoglous (1998)}$$

Donde:

K_r = constante de reaccion

$k_{20^{\circ}\text{C}}$ = constante de reaccion a 20 °C

T = Temperatura del lugar

- **Tiempo de retención:** con la constante de reacción se calcula el tiempo que debe permanecer el agua en el humedal para que alcance el nivel DBO deseado.

$$t = \frac{-\ln(C/C_0)}{k_r} \quad \text{Ecuación 15.2. Crites and Tchobanoglous (1998)}$$

Donde:

C_0 = concentración de DBO del agua que entra en el sistema [mg/L = g/m³]

C = concentración que se desea obtener en al agua a la salida del sistema. [mg/L = g/m³].

K_r = constante de reaccion

t = Tiempo de retención.

Un humedal logra reducir los niveles de DBO pero no los elimina.

Para obtener un dimensionamiento del humedal es necesario determinar propiedades del sustrato tales como la porosidad.

Tabla 15.2. Valores típicos de sustratos en humedales construidos

sustrato	tamaño efectivo d_{10}^* ,mm	Porosidad efectiva η
Arena (media)	1	0.3
Arena (grueso)	2	0.32
Arena con grava	8	0.35
Grava (media)	32	0.4
Grava (grueso)	128	0.45

Fuente (Crites and Tchobanoglous 1998).

d_{10}^* es el diámetro de una partícula en una distribución del peso de las partículas que es más pequeña que todo excepto 10% de las partículas.

- **Área de terreno (m²):** es el área de terreno requerida para el lecho de humedal

$$A_s = \frac{(Q_{ave}) * (t)}{(\eta) * (d_w)} \quad \text{Ecuación 15.3. Crites and Tchobanoglous (1998)}$$

Donde:

Q_{ave} = es el flujo diario medio por el humedal (m³/día).

t = es el tiempo de retención calculado (día).

d_w = es la profundidad del medio (m).

η = porosidad efectiva del sustrato.

A_s = área del humedal (m²).

Cuando son áreas grandes es conveniente convertir los m² a hectáreas.

- **Ancho (m)=**

$$W = \left(\frac{A_s}{R_A} \right)^{1/2} \quad \text{Ecuación 15.4. Crites and Tchobanoglous (1998)}$$

Donde:

w = ancho (m).

A_s = área del humedal (m²).

RA =proporción longitud/ancho.

Diferentes autores recomiendan proporciones tales como:

- Crites and Tchobanoglous (1998) proporciones entre 2:1 y 4:1
- Salte et al. (1998) no encontró una diferencia significativa de la reducción de nutrientes ni DBO en tres humedales construidos de 25m² tratando efluente con proporciones de longitud/ancho que recorren de 4:1, 10:1, y 30:1

- **Longitud L (m)=**

$$L = \frac{A_s}{w} \quad \text{Ecuación 15.5. Crites and Tchobanoglous (1998)}$$

Donde:

A_s = área del humedal (m²).

w = ancho (m).

L = longitud (m).

15.4 CONSTRUCCION DEL HUMEDAL SUBSUPERFICIAL

- **Materiales**

- Cubierta impermeable.
- Bloques de concreto o ladrillos.
- Cemento.
- Tubos de PVC 4" (entrada y salida).
- Válvula para drenaje.
- Malla fina.
- Arena.
- Grava.
- Pajote.
- Vegetación (de humedal local).

- **Pasos a seguir**

- Identificar la ubicación del humedal
- Demarcar el área del humedal hallada con anterioridad
- Graduar el fondo para que presente una pendiente de 0.5%.

- Utilizar material impermeable en todo el suelo, esto no permitirá la infiltración del agua que pueda llegar a una posterior contaminación de aguas subterráneas.
- Disponer la válvula de drenaje para permitir bajar el nivel del agua y motivar el crecimiento de las raíces de las plantas.
- Entrada al sistema
- Garantizar la distribución uniforme del agua a la entrada al sistema para lograrlo un tubo perforado o una serie de tubos puede servir.
- Asegurar una malla fina sobre la apertura y así evitar que se tape.
- Salida del sistema
- El tubo de salida debe estar a la misma altura de el de entrada
- Instalar nuevamente la malla fina para evitar que el piso y la grava pasen a través de este y puedan causar represamientos.
- Aplicar una capa de arena gruesa de 5 cm de espesor en el fondo.
- Coloque una capa de grava encima de la capa de arena. El tamaño de la grava en los primeros 50 cm de entrada y los últimos 50 cm a la salida debe ser de aproximadamente 5 cm en el diámetro; esto reduce el riesgo de obstruir la entrada o salida, en caso de que los sólidos suspendidos lleguen a en estas áreas. En todas partes del resto del sistema, el tamaño de grava deberá estar entre 0.5 y 3 cm. Aplique un 45 a 75 cm capa de grava.
- Ponga una capa de pajote de 5 cm de espesor.
- Reunir y sembrar plantas de un humedal natural local (preferiblemente) o de un vivero; las plantas deben ser trasplantadas completamente (hojas, tallo, raíces, retoños) más un poco de tierra.
- La parte con la raíz debe ser colocada aproximadamente 5 cm debajo de la capa de paja o tierra orgánica en el humedal construido. Las aneas deberán ser colocadas con una distancia de 1 m entre ellas; carrizos, juncos, y espadañas pueden ser plantadas a 15 cm de distancia (Mitch and Gosselink 2000).

- Saturar el piso con el agua hasta la superficie y mantenerlo húmedo durante el periodo de arranque luego utilizar el desagüe para ajustar el nivel del agua.

- **Mantenimiento**
 - no requiere personal capacitado para realizar el mantenimiento.

 - Limpieza Periódica: La malla en la entrada y la salida deben ser limpiadas para prevenir la obstrucción por sólidos suspendidos y grava.

 - Monitoreo de la calidad del agua: es recomendado que se monitoree periódicamente los niveles DBO para estimar la reducción e identificar los problemas que se presenten.

 - Cuando se presenten precipitaciones importantes se debe verificar el sitio del humedal y si es el caso abrir la válvula de drenaje para evitar posibles inundaciones.

- **Ventajas**
 - Bajos costos.
 - Se pueden integrar al paisaje.
 - No requiere personal especializado para su mantenimiento.
 - Tiene una mínima producción de residuos.
 - Posee una alta capacidad de tratamiento de contaminantes.

- **Recomendaciones**

Cuando se decide utilizar un humedal como parte del tratamiento de un agua residual es necesario tener en cuenta:

- Que el agua que llegue a este de estar disponible todo el año para garantizar la vida de las bacterias presentes en él.
- La disposición de una válvula de desagüe es necesaria para controlar el agua presente en el sistema en el caso que se presente una precipitación grande que pueda alterar el funcionamiento adecuado de este.
- Se debe garantizar un tiempo de retención para que las plantas logren realizar el tratamiento.
- Las aguas que lleguen al humedal no se pueden quedar estancadas ya esto generaría el crecimiento de mosquitos.
- No se puede alterar el ecosistema del entorno por lo cual es necesario que las plantas escogidas para el procedimiento sean plantas encontradas en humedales naturales cerca del sitio u obtenidas en un vivero local.
- Se debe rodear el humedal con una capa impermeable para evitar que el agua residual salga de este antes de ser tratada; además para evitar la contaminación aguas subterráneas.

16. CONCLUSIONES

El decreto 1594 de 1984 exige que todo vertimiento que se haga a un cuerpo hídrico debe tener un porcentaje de remoción en carga orgánica mayor al 80%, el modelo implementado *hasta el filtro anaerobio* ha removido el 55.42% de la carga contaminante, se espera que el lecho de infiltración remueva lo necesario para dar cumplimiento a la normatividad o mejor se comporte como un lecho de absorción, por lo tanto el efluente sea nulo garantizando un 100% de remoción que sería un comportamiento óptimo.

Desarrollar sistemas que logren remover solamente el 80% de la carga contaminante no sería lo adecuado ya que estaría cumpliendo la normatividad pero el vertimiento realizado al cuerpo hídrico presentaría una DBO_5 igual a 1660 mg/L; este valor es muy alto en términos de contaminación, aunque la norma existente lo permita, sin embargo se justifica la implantación de un sistema de tratamiento debido a que el impacto ambiental se estaría reduciendo.

Como el modelo implementado es de tipo anaerobio la remoción que ofrece no es tan alta como la que se obtendría con la implementación de un modelo de tipo aerobio, como el sector enfocado en la investigación no presenta los recursos necesarios para la implementación de un modelo aerobio (mayores costos), se considera que el modelo propuesto es una alternativa favorable ya que ofrece un porcentaje de remoción importante además desde el punto de vista económico la construcción de no generaría un precio elevado relacionado con la contribución a la preservación del medio ambiente.

Mediante la inoculación de EM en el sistema se consigue adaptar un ambiente propicio para el arranque del sistema y respecto al tiempo agilizar el proceso depurador en cada uno de las fases (tanque y filtro anaerobio), fue necesario durante el tiempo que transcurrió del tratamiento la aplicación semanal de diferentes cantidades de microorganismos eficaces.

La construcción del modelo propuesto a escala real tiene dos opciones, ser fundido o elaborado en mampostería confinada, resultando la segunda más apropiada ya que el sector panelero no cuenta con muchos recursos para la disposición del sistema nombrado, además se encuentra una mayor facilidad en la construcción si se opta por la mampostería confinada.

En cuanto a la remoción obtenida los resultados que se presentan fueron tomados trascurridos veinte (20) días de implementado el tratamiento, la eficiencia del sistema aumentara con paso del tiempo ya que la vida bacteriana en los reactores será cada vez más propicia para los seres encargados de la depuración.

En el momento de la construcción del sistema a escala real es necesario que los propietarios de la unidad productora (trapiche) conozcan el funcionamiento del sistema y se encarguen igualmente de delegar personal para realizar una revisión semanal y el mantenimiento establecido de la planta y así garantizar la eficiencia y efectividad del tratamiento.

El lecho de infiltración se comportara como un lecho de absorción por lo tanto es necesario seleccionar la capa vegetación adecuada (es recomendable césped de caña o caña brava); analizando la zona geográfica en la que se

encuentre. Las plantas escogidas deben encontrar en el agua los nutrientes necesarios y al mismo tiempo realizar junto con procesos químicos y físicos un trabajo de depuración en el caso que del lecho se obtenga un efluente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

DECRETO 1594 DEL 26 DE JUNIO DE 1984, por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 9 de 1979- ley 2811 de 1974 en cuanto usos del agua y residuos líquidos.

CONTAMINACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL', j.l. bueno, h. sastre y a.g. lavín, ficyt, oviedo

CRITES, RONALD, AND GEORGE TCHOBANOGLOUS. "Small and Decentralized Wastewater Management Systems." Water Resources and Environmental Engineering (1998).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO (2003) - UNATSABAR-CEPIS/OPS.

FEDERACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE PANELA – FEDEPANELA, Recomendaciones para el adecuado manejo ambiental y sanitario de un trapiche panelero. Fonseca Acosta Edward.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE – SAC-FEDEPANELA, Guía ambiental para el subsector panelero. 2002

MITSCH, WILLIAM J., AND JAMES G. GOSSELINK. Wetlands. 3rd Edition ed. New York: John Wileyand Sons, Inc, 2000.

REGLAMENTO DE NORMAS SANITARIAS PARA EL DISEÑO DE TANQUE
SÉPTICO, DIGESA, DS 07/01/66.

REVISTA DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FIGMMG Vol. 15, N° 17,
85-96 (2006) UNMS MISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico)

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES
DE TRAPICHES PANELEROS, cartilla ventanilla ambiental, convenio de
producción más limpia con el sector panelero.

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO AEROBIO, G. Feijoo Costa e F. Omil
Prieto, Dpto. de Ingeniería Química, instituto de investigaciones tecnológicas
universidad de Santiago de Compostela.

TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES Aguas De Proceso Y Residuales
De Miguel Rigola Lapeña Boixareu Editores.

*WATER FOR THE WORLD, "CONSTRUCTING SEPTIC TANKS", TECHNICAL
NOTE N°SAN 2.C.3, Washington D.C., A.I.D. 1982.*

WATSON, J.T., et al. "Performance Expectations and Loading Rates for
Constructed Wetlands." *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Ed.
D.A. Hammer. Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1989. 319-51.

ANEXOS

Anexo A: Formatos y resultados de los monitoreos.

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	 CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
-------------------------------	--	--

INFORME DE RESULTADOS		
TITULO: Análisis de aguas residuales		
FECHA		
DD	MM	AA
25	02	10
INFORMACION DEL CLIENTE		
NOMBRE	DIRECCION	TELEFONO
OSCAR ALMEIDA Y/O LIZETH DAYANA PINZON	Calle 12 N° 10ª-16 Nueva Candelaria	6554926
MUESTRA		
TIPO DE MUESTRA:	LIXIVIADO	
NOMBRE DE LA MUESTRA:	AFLUENTE	
FECHA DE RECEPCIÓN	FEBRERO 17 DE 2010	
PROCEDENCIA:	AGUAS DE TRAPICHE	
TOMA DE MUESTRA		
PUNTOS DE MUESTREO	AFLUENTE	
FECHA DE MUESTREO	FEBRERO 17 DE 2010	
TIPO DE MUESTREO	PUNTUAL	

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	 CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
----------------------------------	--	--

RESULTADOS DE ANALISIS				
NOMBRE MUESTRA	PARÀMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO
AFLUENTE	DBO ₅	Incubación 5 días	mg/L O ₂	8300
AFLUENTE	DQO	Reflujo cerrado	mg/L O ₂	16833
AFLUENTE	SST	Gravimétrico	mg/L	675
AFLUENTE	Grasas y Aceites	Gravimétrico	mg/L	<2

Nota: estos resultados se relacionan únicamente con las muestras analizadas. No se debe reproducir el informe, excepto en la totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio.


YANETH QUINTERO LÓPEZ
 Directora de laboratorio

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	 CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
-------------------------------	--	--

INFORME DE RESULTADOS		
TITULO: Análisis de aguas residuales		
FECHA		
DD	MM	AA
27	04	10
INFORMACION DEL CLIENTE		
NOMBRE	DIRECCION	TELEFONO
OSCAR ALMEIDA Y/O LIZETH DAYANA PINZON	Calle 12 N° 10ª-16 Nueva Candelaria	6554926
MUESTRA		
TIPO DE MUESTRA:	LIXIVIADO	
NOMBRE DE LA MUESTRA:	EFLUENTE	
FECHA DE RECEPCIÓN	ABRIL 20 DE 2010	
PROCEDENCIA:	AGUAS DE TRAPICHE	
TOMA DE MUESTRA		
PUNTOS DE MUESTREO	EFLUENTE	
FECHA DE MUESTREO	ABRIL 20 DE 2010	
TIPO DE MUESTREO	PUNTUAL	

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	 CODIGO: F-L-25 VERSIÓN: 1
----------------------------------	--	--

RESULTADOS DE ANALISIS				
NOMBRE MUESTRA	PARÁMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO
EFLUENTE	DBO ₅	Incubación 5 días	mg/L O ₂	3700
EFLUENTE	DQO	Reflujo cerrado	mg/LO ₂	8590
EFLUENTE	SST	Gravimétrico	mg/L	84

Nota: estos resultados se relacionan únicamente con las muestras analizadas. No se debe reproducir el informe, excepto en la totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio.


 YANETH QUINTERO LÓPEZ
 Directora de laboratorio

FORMATO INFORME DE RESULTADOS	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales CEIAM	CODIGO: F-L-25 VERSION: 1
-------------------------------	--	------------------------------

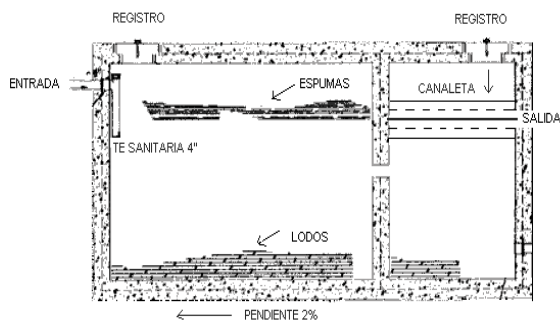
INFORME DE RESULTADOS		
TITULO: Análisis de aguas residuales		
FECHA		
DD	MM	AA
07	05	10
INFORMACION DEL CLIENTE		
NOMBRE	DIRECCION	TELEFONO
OSCAR ALMEIDA Y/O LIZETH DAYANA PINZON	Calle 12 N° 10*-16 Nueva Candelaria	6554926
MUESTRA		
TIPO DE MUESTRA:	LIXIVIADO	
NOMBRE DE LA MUESTRA:	EFLUENTE	
FECHA DE RECEPCIÓN	ABRIL 30 DE 2010	
PROCEDENCIA:	AGUAS DE TRAPICHE	
TOMA DE MUESTRA		
PUNTOS DE MUESTREO	EFLUENTE	
FECHA DE MUESTREO	ABRIL 30 DE 2010	
TIPO DE MUESTREO	PUNTUAL	

RESULTADOS DE ANALISIS				
NOMBRE MUESTRA	PARÁMETRO	METODO	UNIDADES	RESULTADO
EFLUENTE	DBO ₅	Incubación 5 días	mg/L O ₂	2830
EFLUENTE	DQO	Reflujo cerrado	mg/LO ₂	5900
EFLUENTE	SST	Gravimétrico	mg/L	70

ANEXO B: Manual de mantenimiento. MANUAL DE OPERACIÓN

Cuando se diseñan sistemas de tratamiento o cualquier obra civil es pertinente además de un buen diseño inicial y una construcción adecuada siguiendo las especificaciones de los planos un seguimiento posterior para garantizar que su buen funcionamiento y que está cumpliendo con los requisitos para los que fue diseñado.

Operación del tanque séptico



Antes de cualquier operación en el tanque la cubierta debe mantenerse abierta durante un tiempo suficiente

(>15min) para la remoción de gases tóxicos o explosivos)
La operación de esta unidad requiere personal capacitado.

El periodo de limpieza no debe ser mayor a cinco años es recomendable que se realice por lo menos una vez al año.

Para la remoción de lodos es necesario disponer de un equipo tal que se garantice que no haya contacto con las personas; además se debe tener ubicada la disposición del lodo en lechos de secado; en ningún caso se pueden arrojar a cuerpos hídricos.

Esta remoción se realiza por simple paleada, con bombas o vehículos cisterna.

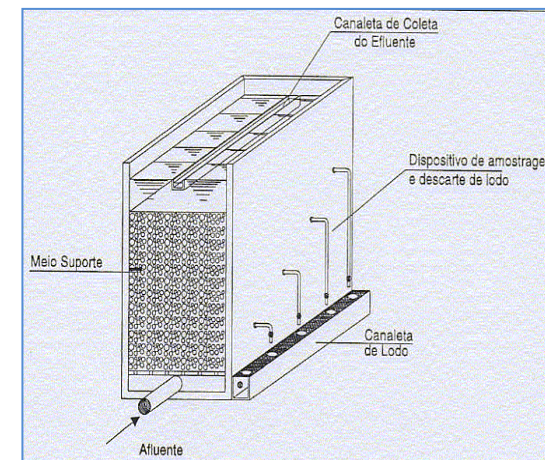
Por ningún motivo se deben utilizar desinfectantes para su lavado.

Cuando se presenten precipitaciones es necesario realizar una inspección visual para verificar que no se presenten áreas

pantanosas o que se inunden los alrededores al tanque.

El tanque séptico debe limpiarse cuando la capa de espumas se extiende a menos de 7.5 cm desde el borde

Operación del filtro anaerobio



Este proceso requiere tener un operario que vigile el funcionamiento y mantenga control sobre el reactor.

Realizar mantenimiento según el periodo estimado cada año como mínimo y limpieza apropiados y pertinentes al reactor.

Controlar el flujo del caudal a través del filtro.

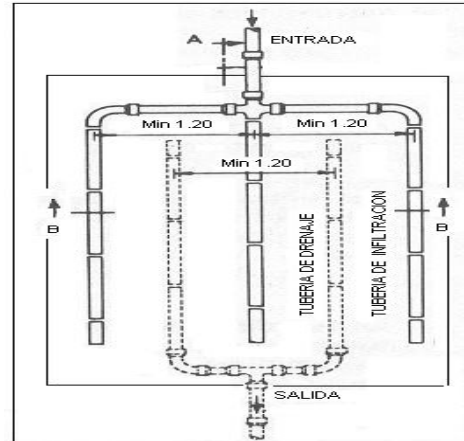
Realizar el proceso de purga que sea requerido.

El reactor debe estar provisto de una canaleta para el manejo de los lodos producidos durante su funcionamiento.

Examinar la distribución uniforme del agua a través del falso fondo.

Determinar la eficiencia del medio filtrante mediante el análisis del efluente.

Operación del lecho



Este sistema no requiere de personal capacitado para su mantenimiento.

Se requiere un mantenimiento rutinario. Aunque simple es necesario llevar un registro del correcto funcionamiento de esta unidad; El cual debe determinar los siguientes aspectos:

Visitas mensuales o cada dos meses para realizar exámenes visuales de flujo de agua correcto aspecto de los efluentes.

Regulaciones de nivel; altura de agua máxima en la superficie.

Segado de la capa vegetal y de los rellenos alrededor de las capas del lecho el cual debe tener 30 cms aproximadamente y no debe superar este límite.

Revisar las tuberías de infiltración para evitar posibles taponamientos.

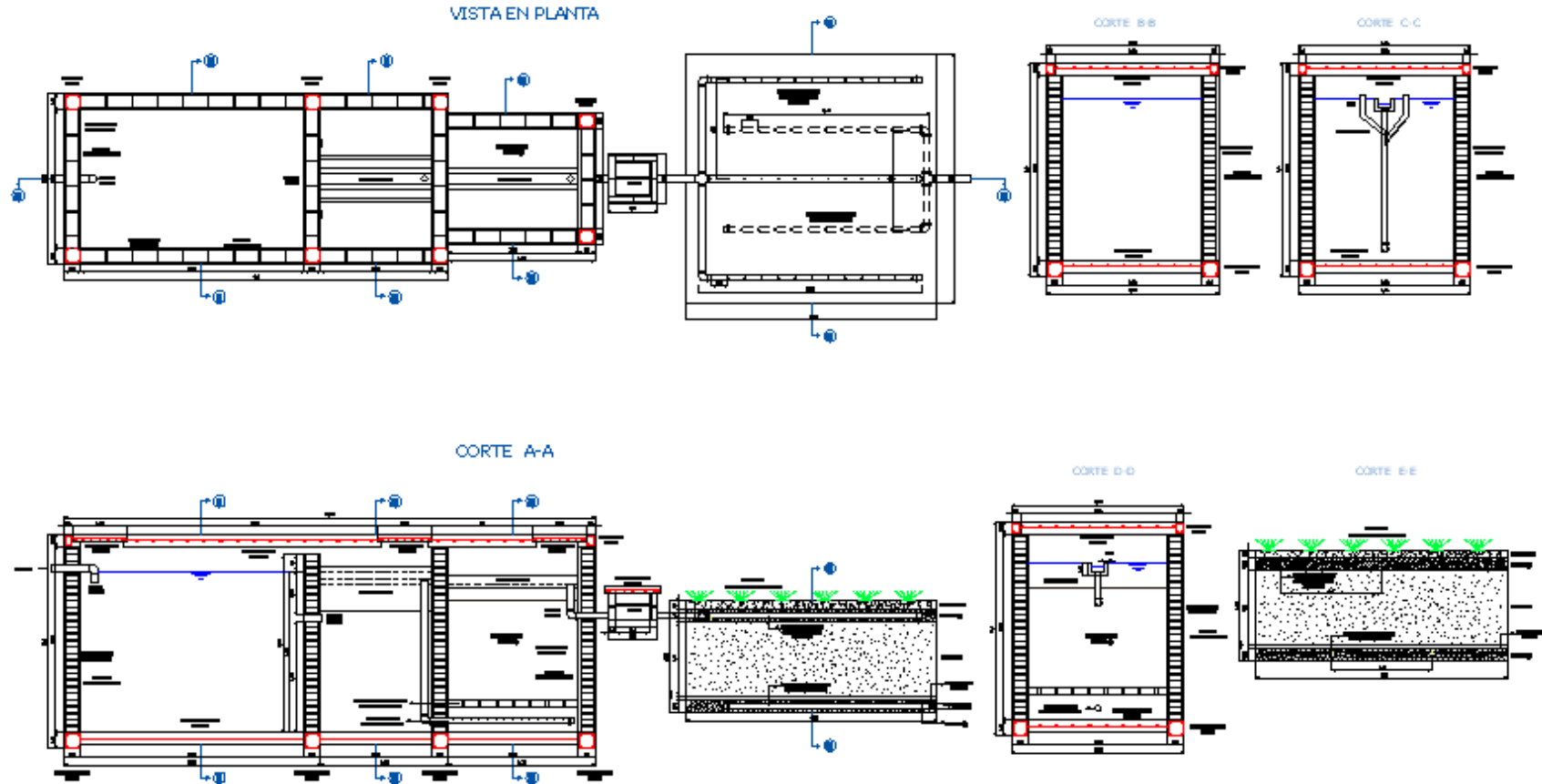
En el caso que se utilicen bombas realizar el mantenimiento de estos equipos de acuerdo a las especificaciones una o dos veces al año.

No se sembrarán árboles cerca del tanque ni sobre el Lecho filtrante.

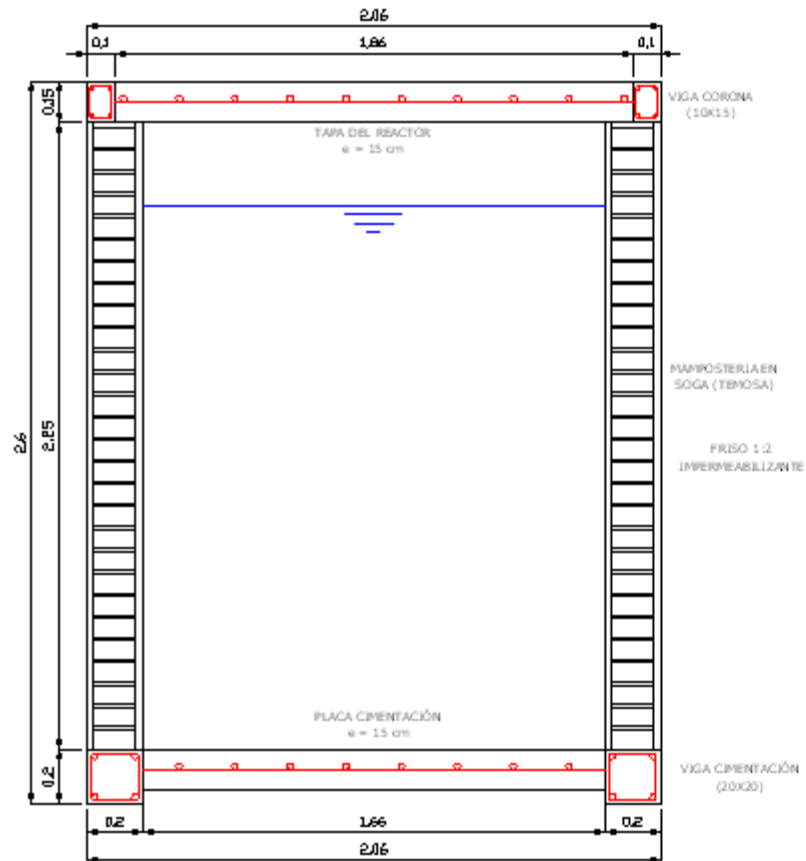
Debe evitarse el paso de animales o vehículos, a fin de impedir la ruptura de las tuberías.

Verificar el buen funcionamiento de los aliviaderos para evacuar caudales de exceso.

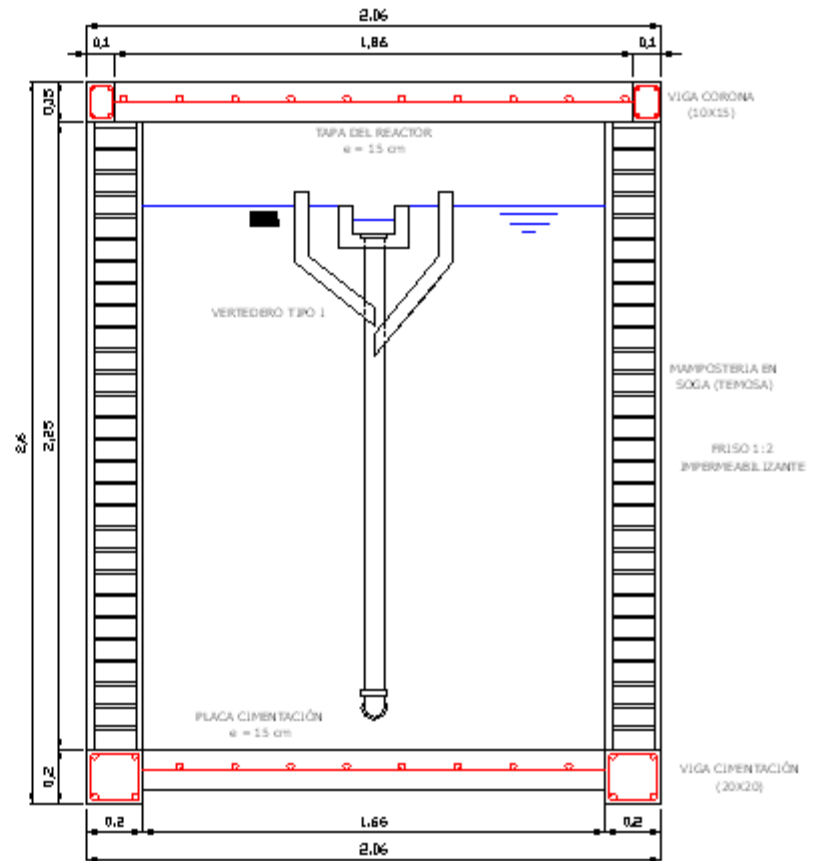
ANEXO C: Diseños Plano de la planta contiene planta- perfil.



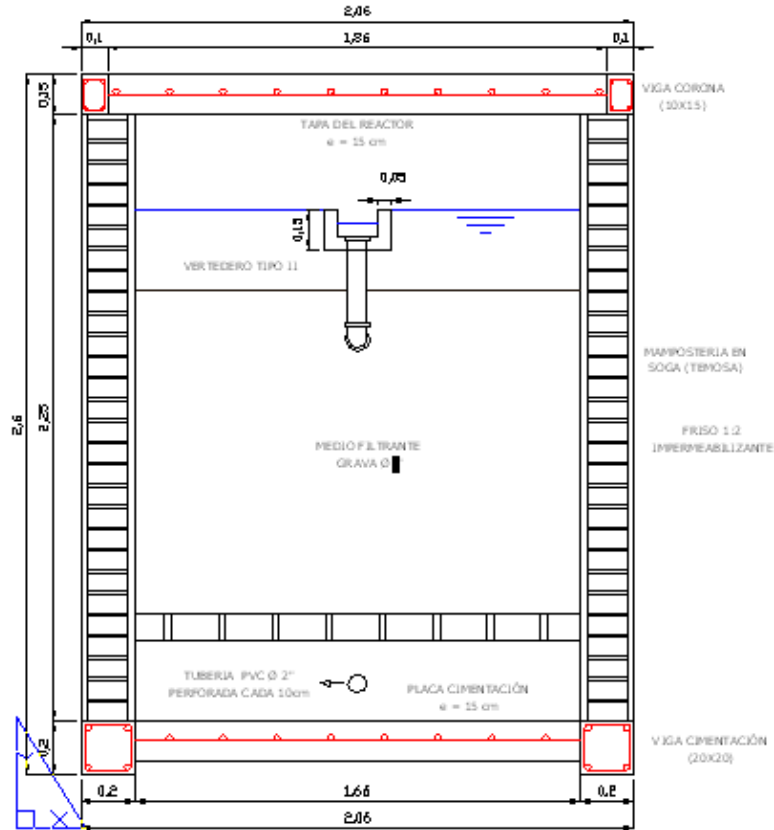
CORTE B-B



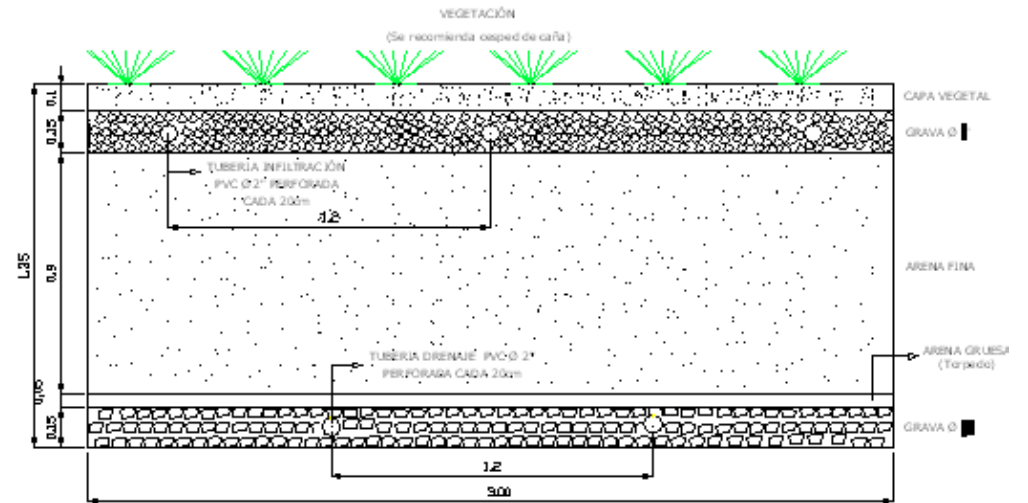
CORTE C-C



CORTE D-D

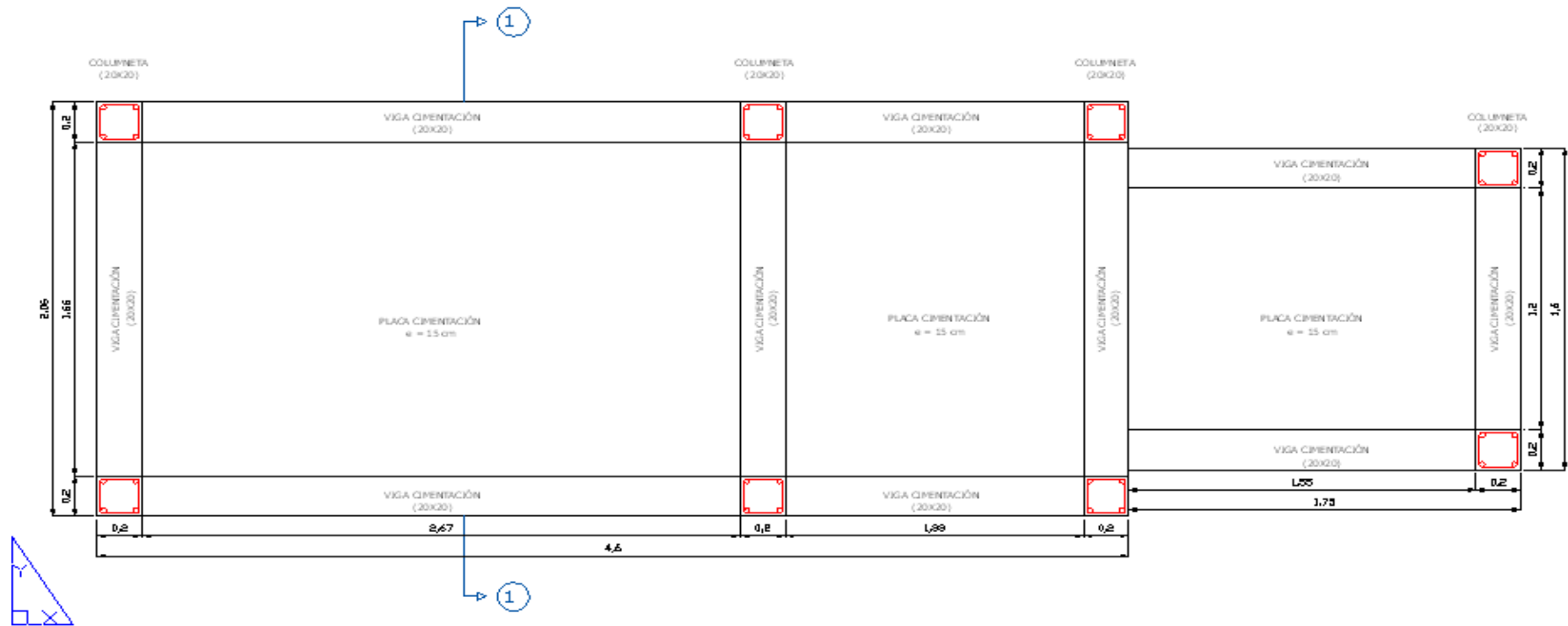


CORTE E-E

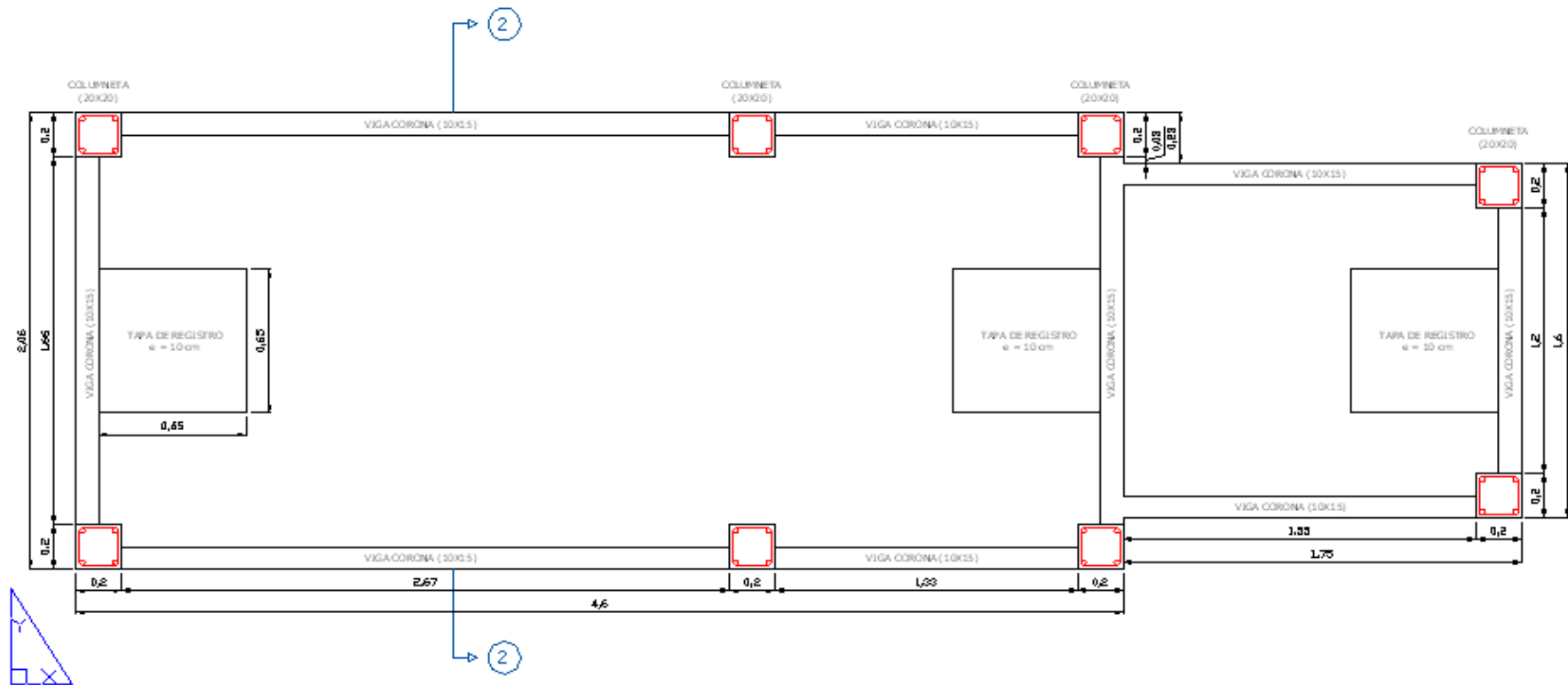


ANEXO D: Diseños Estructurales y Detalles.

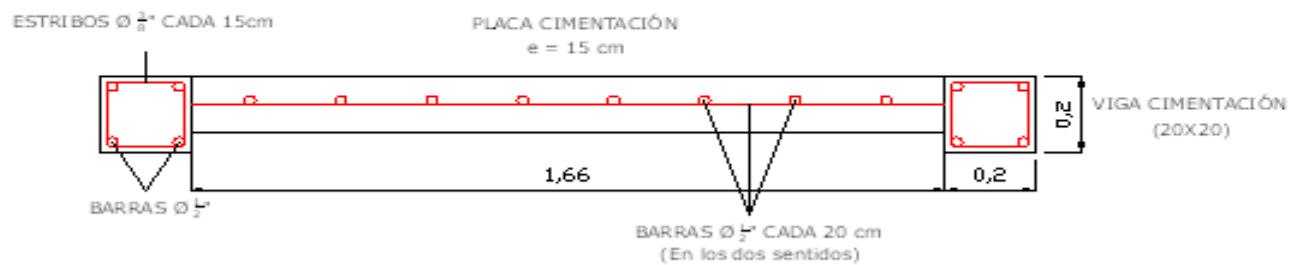
PLANTA DE CIMENTACIÓN



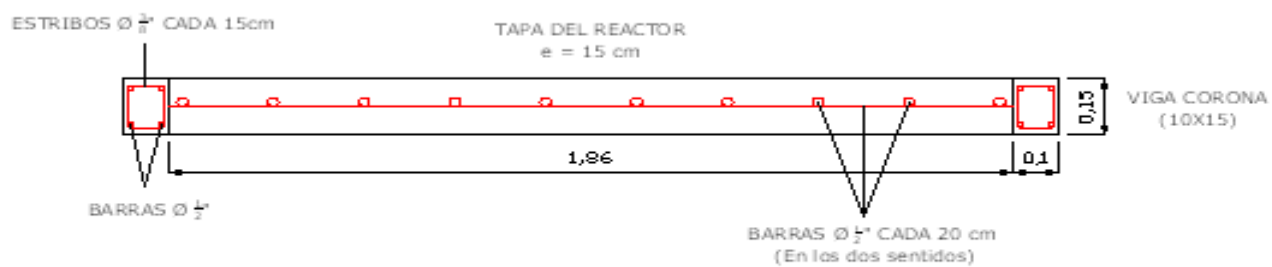
CUBIERTA DEL SISTEMA



CORTE 1-1



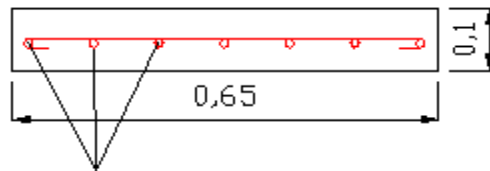
CORTE 2-2



ESCALA 1:12.5

DETALLE REGISTRO

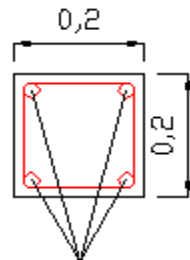
TAPA DE REGISTRO
e = 10 cm



BARRAS $\varnothing \frac{3}{8}$ " CADA 20 cm
(En los dos sentidos)

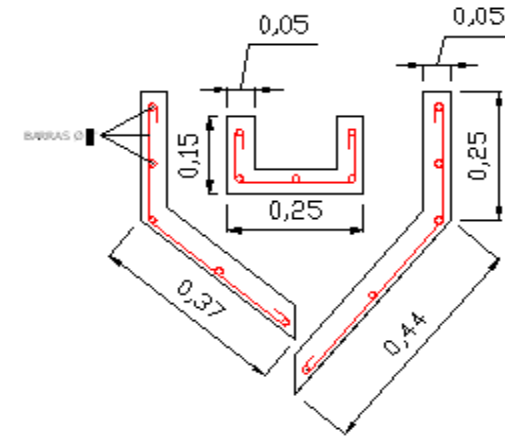
COLUMNETA
20x20

ESTRIBOS $\varnothing \frac{3}{8}$ " CADA 15 cm



4 BARRAS $\varnothing \frac{1}{2}$ "

VERTEDERO TIPO I



VERTEDERO TIPO II

