



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

**PROYECTO EJECUTIVO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES PARA LAS COMUNIDADES DE EX HACIENDA DE TOXI,
SANTA ROSA, CHOMEJE Y SAN JUAN DE LOS JARROS, MUNICIPIO
DE ATLACOMULCO, ESTADO DE MÉXICO.**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

ERICK MÉNDEZ DÍAZ

ASESOR: DR. RAÚL PÍNEDA OLMEDO

DICIEMBRE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

“PROYECTO EJECUTIVO DEL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS
COMUNIDADES DE EX HACIENDA DE TOXI, SANTA
ROSA, CHOMEJE Y SAN JUAN DE LOS JARROS,
MUNICIPIO DE ATLACOMULCO, ESTADO DE
MÉXICO.”

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL.

P R E S E N T A:

ERICK MÉNDEZ DÍAZ

ASESOR:

DR. RAÚL PINEDA OLMEDO

ÍNDICE

	Pág.
OBJETIVO	1
INTRODUCCIÓN	2

CAPITULO 1 GENERALIDADES

1.1 Localización.....	6
1.2 Clima.....	7
1.3 Hidrografía.....	7
1.4 Flora.....	8

CAPITULO 2 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

2.1 Calidad de agua de ingreso a LA PLANTA	9
2.2 Calidad del AGUA TRATADA a la salida de LA PLANTA	9
2.3 Calidad de LODOS de desecho	10
2.4 Métodos, procedimientos y periodicidad del muestreo y análisis	11
2.4.1 Métodos y procedimientos	11
2.4.2 Periodicidad del muestreo	12

CAPITULO 3 MANUAL DE OPERACIÓN

3.1 Descripción	15
3.1.1 Rejas	15
3.1.2 Desarenador	16
3.1.3 Caja de distribución	16
3.1.4 Reactor anaerobio de flujo ascendente	16
3.1.5 Cárcamo de bombeo	16
3.1.6 Filtro percolador	16
3.1.7 Sedimentador secundario	16
3.1.8 Tanque de contacto de cloro	17
3.1.5 Lecho de secado	17
3.2 Requerimientos previos al arranque, operación y mantenimiento	18
3.2.1 Sistema de agua potable	18

3.2.2 Disposición final de residuos sólidos	18
3.2.3 Inoculación de todos en el reactor anaerobio de flujo ascendente	18
3.2.4 Insumos	18
3.2.5 Equipo de trabajo y seguridad	18
3.3 Arranque del reactor anaerobio	20
3.4 Arranque del Filtro Percolador	23
3.5 Operación y mantenimiento	24
3.5.1 Pretratamiento	24
3.5.1.1 Rejilla gruesa	24
3.5.1.2 Rejilla Fina	25
3.5.1.3 Desarenador	25
3.5.1.4 Vertedor proporcional	25
3.5.2 Proceso	25
3.5.2.1 Reactor anaerobio de flujo ascendente	25
3.5.2.2 Filtro percolador	26
3.5.2.3 Sedimentador Secundario	27
3.5.2.4 Lechos de secado	27
3.5.2.5 Desinfección	28

CAPITULO 4

MEMORIA DE PROCESO

4.1 Caja derivadora	30
4.2 Cribado fino	30
4.3 Canal desarenador	31
4.4 Medición de flujo influente	33
4.5 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente	33
4.6 Filtro percolador	36
4.6.1 Volumen del Reactor	36
4.6.2 Tasa de irrigación sin recirculación	37
4.6.3 Carga del Reactor	37
4.6.4 Carga superficial del reactor	37
4.6.5 Carga orgánica removida	37
4.6.6 Lodo producido	38
4.6.7 Oxigeno requerido	38
4.6.1 Aire requerido	38

4.7 Sedimentador secundario	39
4.8 Desinfección	41
4.9 Descarga	41

CAPITULO 5
MEMORIA DE CÁLCULO

5.1 Pretratamiento	42
5.1.1 Cribado	42
5.1.1.1 Cribado grueso	43
5.1.1.2 Cribado fino	43
5.1.2 Desarenador de limpieza manual	44
5.1.3 Caja Derivadora de agua a proceso	45
5.1.4 Caja Derivadora de agua a By Pass	46
5.1.5 Vertedor rectangular de pared gruesa para agua a By Pass	46
5.2 Vertedor Sutro	46
5.2.1 Vertedor Proporcional	46
5.5 UASB	48
5.3.1 Descripción	48
5.3.2 Calculo del Reactor Anaerobio	49
5.3.3 Producción de los lodos Anaerobios	50
5.3.4 Producción de Biogás	50
5.3.5 Distribución de agua en reactor	50
5.3.6 Distribución de agua en reactor	51
5.3.7 Bomba de alimentación de lechos de secado mediante bomba de cavidad progresiva	52
5.4 Cárcamo de agua a Biofiltro	53
5.1.3 Bomba de alimentación a Biofiltro	53
5.5 Biofiltro	53
5.6 Sedimentador secundario	56
5.7 TCC	56
5.8 Tuberías	57
5.8.1 Tubería de alimentación a Reactor Anaerobio	57
5.8.2 Tubería de alimentación a Cárcamo de bombeo	57
5.8.3 Tubería de alimentación a Biofiltro	57
5.8.4 Tubería de recirculación a Biofiltro	58

5.8.5 Tubería de alimentación a Sedimentador secundario	58
5.8.6 Tubería de purga de lodos del Sedimentador secundario	58
5.8.7 Tubería de alimentación a tanque de contacto de cloro	58
5.8.8 Tubería de alimentación de hipoclorito de sodio (al 13%) a tanques de contacto de cloro	59
5.8.9 Tubería de alimentación a quemador	59
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Bibliografía	62
Glosario	64
Anexo	66

OBJETIVO

Desarrollar el proyecto ejecutivo de una planta tratadora de aguas residuales para la descarga actual generada por las comunidades de ex hacienda de Toxi, Santa Rosa, Chomeje y San Juan de los Jarros.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de aguas en México en los últimos años es un problema para los habitantes de las grandes urbes, debido principalmente al crecimiento poblacional en nuevos desarrollos habitacionales conurbados, así como al incremento de zonas industriales en diferentes partes del país.

Así mismo se ha vuelto prioridad para los proyectistas de fraccionamientos y otros desarrollos habitacionales el incluir plantas de tratamiento de agua en sus consideraciones, ya sea por normatividad o por conveniencia propia en la sustentabilidad de la comunidad (menor consumo de agua de la red) o por tener cierto contacto y alcance con los mercados internacionales, los cuales exigen respeto por el medio ambiente.

Debido a la necesidad de satisfacer la demanda de agua para el uso doméstico, industrial y agrícola sea tenido la necesidad de reutilizar el agua, para esto se requiere de un sistema para eliminar impurezas o contaminación que contenga, mediante procesos del tipo físico, químico o biológico, cuya finalidad es la reducción de características no deseables en el agua para el uso final que se le va a dar.

Este proceso se hace mediante una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual es una instalación que retira los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal).

Se consideran descargas de aguas residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios).

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales e industriales. Las primeras corresponden a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales y rurales, en tanto que las segundas son aquellas descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional, como es el caso de la industria autoabastecida.

1. GENERALIDADES

Una planta de tratamiento de aguas residual, es una instalación que retira los contaminantes de dichas aguas, para obtener agua sin riesgos para la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reúso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal).

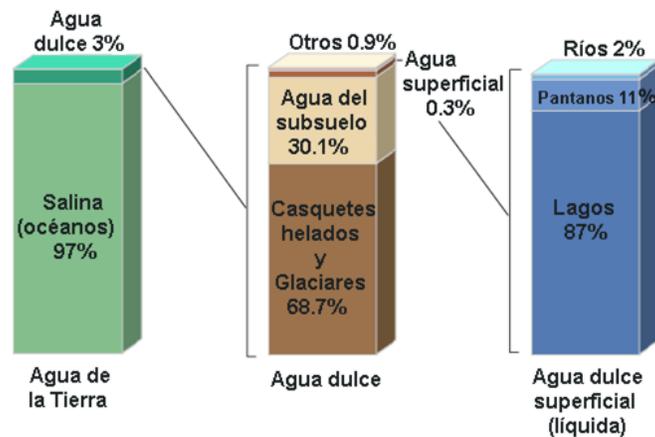
Se consideran descargas de aguas residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios).

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales e industriales. Las primeras corresponden a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales y rurales, en tanto que las segundas son aquellas descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional, como es el caso de la industria autoabastecida.

La planta de tratamiento de aguas residuales del presente trabajo tiene como objetivo tratar las aguas residuales que actualmente descargan las comunidades de ex hacienda de Toxi, Santa Rosa, Chomeje y San Juan de los Jarros mediante un proceso anaerobio.

El agua potable hoy por hoy es uno de los problema más importantes no solo en México, si no para el mundo entero.

Para entender la problemática se puede separa el agua por su tipo y su disponibilidad en el planeta; una principal separación de tipos de aguas, una es el agua salada, la cual es el 97% del agua que existe en la Tierra, y se puede encontrar generalmente en los océanos, el 3% restante es agua dulce, la cual se puede dividir como lo muestra la imagen 1.1.



Distribución del Agua en la Tierra 1.1

La distribución no depende de la economía de la región, zona o país.

Ahora, para enfocarnos en el país se puede dividir en dos grandes zonas, la primera: norte, centro y noroeste, donde se concentra el 77% de la población, se genera el 80% del PIB, pero únicamente ocurre el 31% del agua renovable; y la segunda zona: sur y sureste, donde habita el 23% de la población, se genera el 20% del PIB y ocurre el 96% del agua renovable. La imagen 1.2 ilustra la disparidad entre esas dos zonas en cuanto a su disponibilidad y su actividad económica.

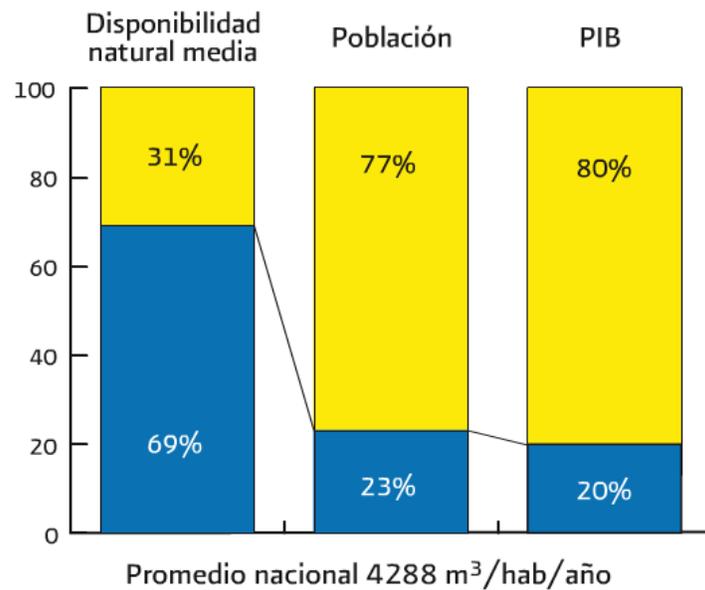
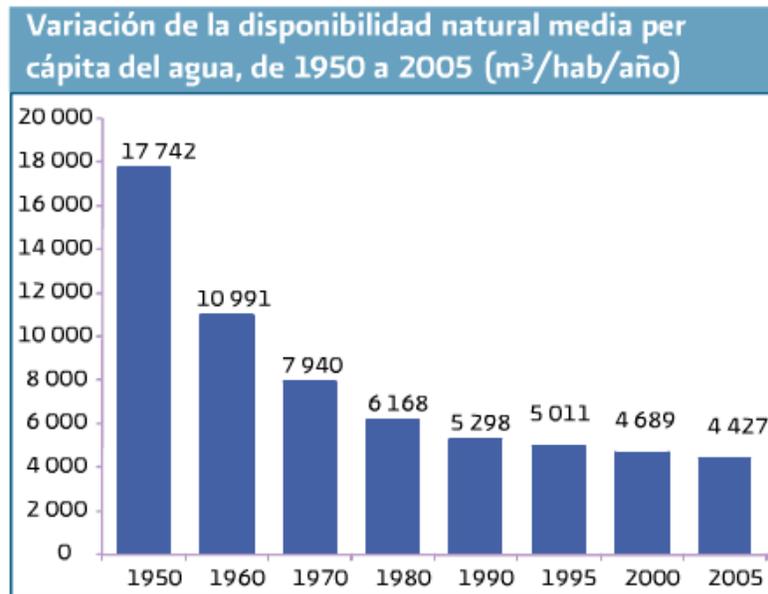


Imagen 1.2

Datos de CONAGUA dicen que la disponibilidad natural media de agua per cápita anualmente México recibe del orden de 1,489 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, el 73.2% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22.1% escurre por ríos o arroyos y el 4.7% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal forma que anualmente el país cuenta con 459 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, a lo que se denomina disponibilidad natural media.



Nota: El dato de disponibilidad natural total en millones de metros cúbicos, es de 458 000.

Para los años 1950, 1960, 1980, 1990 y 2000, los datos de población fueron interpolados al 31 de diciembre de cada año, con base en datos censados del INEGI. Para los años 1995 y 2005 también se realizó la interpolación al 31 de diciembre, pero con base en datos del conteo INEGI.

Imagen 1.3

Estos datos indican claramente que la disponibilidad del agua es cada vez menor conforme pasa el tiempo, es por eso que es fundamental cuidarla y reutilizarla para el futuro.

1.1. Localización.

El municipio de Atlacomulco se localiza en el Noroeste del Estado de México, entre las coordenadas geográficas 99° 42" 12" y 99° 58" 28" de longitud Oeste y a los 54" 07" y 19° 43" 31" latitud Norte, con una altitud de 2,340 m.s.n.m.

Colindancias

Identificación	Municipio
Al Norte	Acambay
Al Noreste	Timilpan
Al Sur	Jocotitlán
Al Este	Morelos
Al Oeste	Temascalcingo

Tabla 1.1.



Imagen 1.4

de las comunidades de población rural, principalmente aquellos de alta pobreza y pobreza extrema, entre los que destacan los de San Pedro del Rosal, San Francisco Chalchihuapan, San Antonio Enchisi y el de Las Fuentes, este último es el que abastece de agua a gran parte de la Cabecera Municipal.

Las presas se utilizan para el abastecimiento de agua en tierras de cultivo de riego o temporal, así como un recurso potencial para el desarrollo de acuicultura. En cuanto a las aguas subterráneas son objeto de veda elástica lo que permite ampliar los volúmenes de explotación en años lluviosos.

El Río Lerma y los manantiales presentan problemas de contaminación por aguas residuales, en el caso del Río Lerma principalmente de uso industrial y de los manantiales de uso doméstico. Por lo que se requiere la implementación de acciones de limpieza tendientes a la preservación y mejoramiento de los recursos acuíferos.

1.4. Flora.

La vegetación corresponde al bosque mixto y de coníferas, los árboles que más abundan son el aile, cedro, encino, eucalipto, fresno, madroño, ocote, pino, roble y sauce llorón, con áreas forestales (parte baja del cerro de Jocotitlán).

Flores y plantas ornamentales como el alcatraz, bugambilia, clavel, geranio, jacaranda, malvón, y otros más, se producen en invernaderos en la comunidad de San Lorenzo Tlacotepec; y plantas medicinales, el ajeno, altamisa, árnica, borraja, cedrón, peshto, marrubio, hinojo, jarilla, ruda, hierbabuena, manzanilla y el pericón.

Árboles frutales como el capulín, chabacano, durazno, higo, manzana, membrillo, pera, tejocote y otros; hortalizas de chayote, calabaza, zanahoria, papa, ejote, chilacayote, nopal, rábano, et al; cultivos como el maíz, avena, trigo, haba, chícharo y frijol.

Las áreas de chaparral, matorral y pastizales de uso pecuario, así como los bosques inducidos de pino y cedro son recursos aprovechados como parte de la economía municipal.

2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

2.1. Calidad de agua de ingreso a LA PLANTA.

El agua que ingresará a las instalaciones procederá de un Colector. Para efectos de este proyecto se consideró la calidad de agua de diseño la que se presenta en la siguiente tabla:

Parámetro	Concentración media	Unidad
Sólidos totales	720	mg/L
Disueltos totales	500	mg/L
Fijos	300	mg/L
Volátiles	200	mg/L
Suspendidos totales	220	mg/L
Fijos	55	mg/L
Volátiles	165	mg/L
Sólidos sedimentables	10	mL/L
DBO (a 20 °C)	300	mg/L
COT	160	mg/L
DQO	500	mg/L
Nitrógeno (total como N)	40	mg/L
Orgánico	15	mg/L
Amoniacal	25	mg/L
Nitritos	0	mg/L
Nitratos	0	mg/L
Fosfatos (como P)	8	mg/L
Orgánico	3	mg/L
Inorgánico	5	mg/L
Clorados ^a	50.0	mg/L
Alcalinidad (como CaCO ₃)	100	mg/L
Grasas	100	mg/L

^a Valor que debe ser incrementado de acuerdo con la cantidad de suministro de agua.

Fuente: Manual de Agua Potable y Saneamiento. CNA.

Tabla 2.1 Composición típica de las aguas crudas de origen doméstico.

2.2. Calidad del AGUA TRATADA a la salida de LA PLANTA.

La calidad del agua tratada a la salida de **LA PLANTA** será precisamente la definida en la NOM-001-SEMARNAT-1996, en los Límites Permisibles para Contaminantes en Ríos con uso en riego agrícola (Tipo B). La siguiente tabla muestra las características con las que deberá cumplir la descarga:

Parámetro	Promedio Mensual	Promedio Diario	Unidad
DBO ₅	75	150	mg/L
SST	75	125	mg/L
pH	--	5 – 10	Unidades pH
Temperatura	40	40	°C
Sólidos sedimentables	1.0	2.0	mL/L
Grasas y aceites	15.00	25.00	mg/L
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausencia/Presencia
Nitrógeno total	40.00	60.00	mg/L
Fósforo Total	20.0	30.0	mg/L
Arsénico	0.1	0.2	mg/L
Cadmio	0.1	0.2	mg/L
Cianuros	1.0	2.0	mg/L
Cobre	4.0	6.0	mg/L
Cromo	0.5	1.0	mg/L
Mercurio	0.005	0.01	mg/L
Niquel	2.0	4.0	mg/L
Plomo	0.2	0.4	mg/L
Zinc	10.0	20.0	mg/L
Coliformes Fecales	1,000	2,000	NMP/100 mL
Huevos de helminto	1	1	huevo/L

(1) mg/L = Miligramos por litro; μ mho/cm = Micro ohms por cm.
(2) NMP/100ml = Número más probable por cada 100 mililitros de agua.

Tabla 2.2 Calidad del agua tratada a la salida de LA PLANTA

2.3. Calidad de LODOS de desecho

Los sólidos extraídos (lodos de desecho) de los diferentes procesos en **LA PLANTA** deberán ser digeridos y tener un 80 % máximo de humedad remanente; teniendo la capacidad de remover los contaminantes y cumplir con las siguientes condiciones:

LODOS Y BIOSOLIDOS TIPO “BUENO” CLASE “C”	NOM-004-SEMARNAT-2002
--	------------------------------

2.4. Métodos, procedimientos y periodicidad del muestreo y análisis

2.4.1 Métodos y procedimiento

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos se deberán aplicar los métodos de prueba que se indican a continuación, los cuales deberán ser aplicados por un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (EMA).

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas - Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1977.

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas - Determinación de grasas y aceites - Método de extracción soxhlet, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de diciembre de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-007 Aguas - Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publica en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas - Determinación de pH - Método potenciométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-026 Aguas - Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas - Determinación de demanda bioquímica de oxígeno - Método de incubación por diluciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-029 Aguas - Determinación de fósforo total - Métodos espectrofotométricos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de octubre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas - Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Métodos de tubos múltiples de fermentación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1987.

- Norma Mexicana NMX-AA-046 Aguas - Determinación de arsénico en agua - Método espectrofotométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1982.
- Norma Mexicana NMX-AA-051 Aguas - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de febrero de 1982.
- Norma Mexicana NMX-AA-057 Aguas - Determinación de plomo - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de septiembre de 1981.
- Norma Mexicana NMX-AA-058 Aguas - Determinación de cianuros - Método colorimétrico y titulométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1982.
- Norma Mexicana NMX-AA-060 Aguas - Determinación de cadmio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de abril de 1982.
- Norma Mexicana NMX-AA-064 Aguas - Determinación de mercurio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 1982.
- Norma Mexicana NMX-AA-066 Aguas - Determinación de cobre - Método de la neocuproína, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1981.
- Norma Mexicana NMX-AA-078 Aguas - Determinación de zinc - Métodos colorimétricos de la ditizona I, la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 1982.
- Norma Mexicana NMX-AA-079 Aguas Residuales - Determinación de nitrógeno de nitratos (Brucina), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 1986.
- Norma Mexicana NMX-AA-099 Determinación de nitrógeno de nitritos - Agua potable, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de febrero de 1987.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNTA-96 Anexo 1 Determinación de huevos de helminto, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997.

2.4.2 Periodicidad del muestreo y análisis

Para llevar a cabo el control de la operación de **LA PLANTA** se deberá considerar como mínimo el siguiente listado general de parámetros y su frecuencia de análisis.

PARAMETRO	SITIO	FRECUENCIA DE MONITOREO
pH	Afluente y efluente de LA PLANTA	Una vez por turno
Nitrógeno Total	Afluente y efluente de LA PLANTA	Mensual
DBO, total y soluble	Afluente y efluente de LA PLANTA	Mensual
DQO	Afluente y efluente de LA PLANTA	Mensual
Sólidos suspendidos totales	Afluente y efluente de LA PLANTA Entrada y salida del tren de manejo de lodos	Mensual
Sólidos Sedimentables	Afluente y efluente de LA PLANTA	Semanal
Sólidos suspendidos volátiles	Afluente y efluente de LA PLANTA	Mensual
Fósforo total	Afluente y efluente de LA PLANTA	Mensual

Tabla 2.3. Muestreo y análisis de agua para Control de Operación de LA PLANTA

Se deberán analizar para el control de la calidad del agua tratada los parámetros enlistados a la Tabla 2.2 correspondientes a la NOM-001-SEMARNAT-1996.

➤ *Frecuencia diaria*

La normatividad señala que se deben realizar análisis instantáneos basándose en metodología normada. Estos análisis serán determinados tanto del agua residual a la entrada como del **AGUA TRATADA** la salida de **LA PLANTA**. Una vez que se cuente con datos sobre la hora en la que se presenta la mayor carga orgánica y gasto, se realizarán los análisis instantáneos con esa condición.

- pH.
- Temperatura.
- Materia flotante.

➤ *Frecuencia mensual*

Las concentraciones de los parámetros siguientes serán obtenidas de una muestra compuesta de 24 horas tanto del agua residual a la entrada como del **AGUA TRATADA** la salida de **LA PLANTA**.

- Fluoruros.
- Sulfatos.

- Dureza Total.
- Alcalinidad Total.
- Arsénico.
- Cadmio.
- Cromo Hexavalente.
- Níquel.
- Plomo.
- Boro.
- Coliformes Totales.
- Huevos de Helminto.

A continuación se presenta el listado de parámetros y su frecuencia de monitoreo los lodos para el cumplimiento de la normatividad (**NOM-004-SEMARNAT-2002**).

PARAMETRO	FRECUENCIA DE MONITOREO Disposición final
Arsénico total.	Trimestral
Cadmio total.	Trimestral
Cobre total.	Trimestral
Cromo total.	Trimestral
Mercurio total.	Trimestral
Níquel total.	Trimestral
Plomo total.	Trimestral
Zinc total.	Trimestral
Coliformes fecales.	Trimestral
Huevos de Helminto.	Trimestral
<i>Salmonella sp</i>	Trimestral

Tabla 2.4. Muestreo y análisis de lodo para Cumplimiento de la Normatividad

3. MANUAL DE OPERACIÓN

3.1. Descripción

Esta planta de tratamiento de aguas residuales ha sido diseñada para alcanzar estándares de calidad del agua y de lodos generados para cumplir con la normatividad establecida. El agua tratada se puede emplear para descargar en un río, y los lodos pueden emplearse como fertilizante. Está conformada por las siguientes unidades de proceso:

- i) sistema de pretratamiento constituido por una cámara de rejas y desarenador.
- ii) reactor anaerobio de flujo ascendente constituido por un digestor, un sedimentador y una cámara de gas,
- iii) un cárcamo de bombeo.
- iv) un filtro percolador.
- v) un sedimentador secundario.
- vi) un tanque de contacto de cloro.
- vii) lechos de secado.
- viii) red de desagües de la planta para el control operativo y de mantenimiento de la planta de tratamiento.

3.1.1. Rejas

La planta de tratamiento cuenta con dos sistemas de rejas:

Reja gruesa: ubicada en la entrada de la planta. Tiene la finalidad de retener cuerpos extraños o sólidos gruesos que pueden alterar el proceso de tratamiento. Esta reja es de acero inoxidable, con 45° de inclinación.

Reja fina: esta unidad se ubicada aguas debajo del sistema de rejas gruesas. Tiene la finalidad de retener cuerpos extraños o sólidos gruesos que pueden alterar el proceso de tratamiento. Esta reja es de acero inoxidable, con 45° de inclinación.

3.1.2. Desarenador

Unidad que permite retener las partículas con velocidad de sedimentación mayor o peso específico superior al de los sólidos orgánicos putrescibles de las aguas residuales. Esta constituido por un desarenador de flujo horizontal, de sección rectangular, con una tolva de sección trapezoidal para acumulación de arenas. La velocidad de paso por esta estructura se controla mediante la instalación a aguas abajo de un vertedor proporcional.

3.1.3. Caja de distribución

Esta unidad está constituida por una cámara de interconexión que permite pasar el caudal requerido en el proceso y desviar el caudal excedente hacia el alcantarillado a través de una tubería de rebose.

3.1.4. Reactor anaerobio de flujo ascendente

Es una unidad de tratamiento constituida por un digestor, un sedimentador y una cámara de gas. El agua residual tratada se distribuye uniformemente en el fondo del reactor. Posteriormente, fluye a través de una capa de lodos. Esta capa degrada la materia orgánica mediante su digestión. El gas transformado se acumula en la cámara correspondiente y se libera a la atmósfera. El agua asciende hacia la cámara de sedimentación y de ahí hacia la tubería del efluente. La fase líquida, sólida y gaseosa se separan mediante los lechos de sedimentación alta tasa.

3.1.5. Cárcamo de bombeo

Esta unidad está constituida por un tanque y un equipo de bombeo, lo cual permite alimentar el caudal de proceso al filtro percolador.

3.1.6. Filtro percolador

Esta unidad está constituida por un depósito que contiene: un mecanismo distribuidor de movimiento hidráulico para filtro percolador de 4.0 m de diámetro con transmisión 24 T/T y 4 brazos de 4" de diámetro, medio filtrante de PVC que obliga el flujo cruzado a través del filtro, un sistema estructural de soporte del medio filtrante, una base que permite evacuar y canalizar eficientemente el efluente hacia el sedimentador secundario.

3.1.7. Sedimentador secundario

Se consideran dos clarificadores secundarios de geometría circular de operación independiente con respecto a los reactores biológicos, equipado con puente decantador central, sin recirculación. Se considera la canalización de lodos de desecho desde el mismo clarificador secundario al reactor anaerobio de flujo

ascendente. Quedando un arreglo superficial compuesto de dos unidades con base circular y con fondo inclinado.

Se propone el uso de dos unidades de un puente decantador circular de 5.00 m de diámetro por 4.2 m de pared útil, mecanismo de transmisión central tipo 16a en fundición, con motorreductor de 1/2 hp, 220/440 v, 3 f, 60 hz, 1750/30 rpm con capacidad de torque de 4310 ft-lb, velocidad de salida en los brazos de 0.144 rpm, puente radial, barandal pasillo de operación de 3'-0" de ancho, pozo de alimentación, Flecha central, 2 brazos radiales-rastras, desnatador, baffles y vertedores en FRP.

3.1.8. Tanque de contacto de cloro

Esta unidad está constituida por un sistema de circulación de agua y un sistema de dosificación de cloro mediante goteo. El efluente de este tanque será descargado a un emisor, cumpliendo con la normatividad respectiva.

3.1.9. Lecho de secado

Será el lugar de disposición del exceso de lodos que se retirarán periódicamente del reactor anaerobio de flujo ascendente. Esta unidad cuenta con lecho filtrante conformado por arena y grava, además de un sistema de drenaje por donde se desalojarán los líquidos percolados hacia la planta de tratamiento.

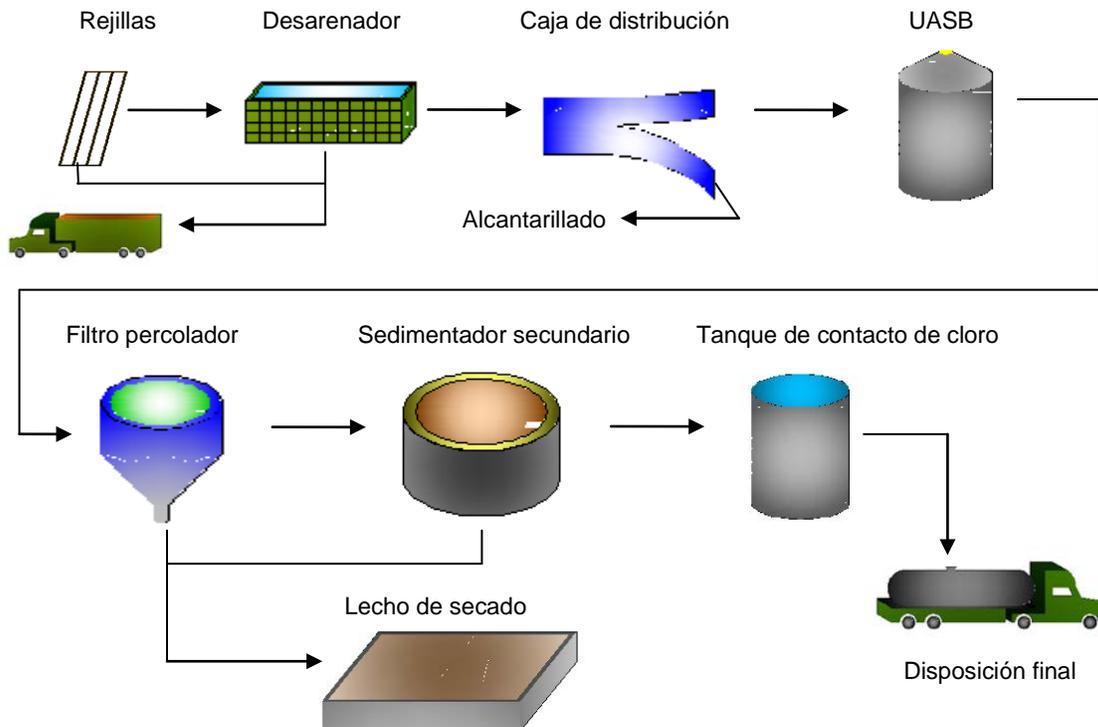


Imagen 3.1. Diagrama del tren de tratamiento

3.2. Requerimientos previos al arranque, operación y mantenimiento

En este punto se exponen los requerimientos físicos y de infraestructura mínimos que se necesitan en el arranque, operación y mantenimiento de la planta.

3.2.1. Sistema de agua potable

Se debe de contar con un sistema de suministro de agua potable para el lavado de las unidades de pretratamiento, reactor biológico, tanque de contacto de cloro y lechos de secado.

3.2.2. Disposición final de residuos sólidos

Todo el material retenido en las rejillas, en el desarenador y lechos de secado será depositado en un pozo habilitado para tal efecto dentro del predio de la planta. Se requiere que el pozo sea de una sección de 2 m por 2 m por 3 m de profundidad. Es aconsejable que se ubique próximo a las unidades de tratamiento.

3.2.3. Inoculación de lodos en el reactor anaerobio de fluido ascendente

Para la inoculación del digester es necesario traer lodos de actividad metanogénica. Para tal efecto debe preverse un volumen de 30 m³ y considerar el lugar de obtención y el transporte requerido.

3.2.4. Insumos

Durante el arranque y operación de la planta será necesario contar con productos químicos para atenuar o eliminar riesgos de un eventual mal funcionamiento de los procesos de tratamiento. En este sentido se requerirá disponer inicialmente de un stock de:

- Cal 125 Kg
- Hipoclorito de sodio (20 litros)

3.2.5. Equipo de trabajo y seguridad

A fin de lograr el óptimo desarrollo de la puesta en marcha, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, es necesario que el personal cuente con herramientas básicas para su trabajo, así como el equipo de protección necesario para realizar las funciones en condiciones seguras. En una planta de tratamiento de esta naturaleza, el equipo de trabajo se reduce a herramientas necesarias para mantenimiento. Es aconsejable que la planta cuente como mínimo con las siguientes herramientas de trabajo:

- Una carretilla de mano

- Dos palas
- Dos rastrillos
- Cono de 500 ml
- Probeta de 500 ml
- Caja de herramienta con martillo, clavos, llave Stillson, pinzas, etc.
- Manguera de 30 m para lavado de unidades de tratamiento
- Comparador de pH con rango de 1 a 11
- Comparador de cloro residual con rango de 1 a 10 ppm
- Termómetro para medición de temperatura con rango de 0 a 100 °C

El equipo de protección recomendable para el personal de la planta es el siguiente:

- Cascos de seguridad
- Botas
- Guantes de protección de hule
- Guantes de cuero

Para el resguardo y mantenimiento adecuado del equipo de trabajo es necesario disponer de un almacén. Para tal efecto, se deberá asignar alguna de las instalaciones existente para dicho fin. Una vez concluidas las actividades diarias el personal de operación deberá limpiar y guardar cuidadosamente el equipo usado. El almacén permanecerá cerrado y con llave para asegurar las herramientas y equipos de medición propios de la planta. La responsabilidad del cuidado será del operador en turno. Se debe prever que se almacenarán los reactivos necesarios para la planta, teniendo precaución de tapar dichos productos de alimentos, objetos de aseo personal y ropa.

Los riesgos a los que se está expuesto un empleado en instalaciones de este tipo son principalmente las lesiones físicas e infecciones. Los cuáles se eliminan tomando las medidas de prevención adecuadas, que son:

- Guardar las herramientas en sus lugares asignados.
- Limpiar adecuadamente la zona de trabajo.
- Colocar barandales.
- Colocar señales de advertencia, peligro y precaución.
- Los operadores deberán usar guantes de cuero para manejar objetos grandes (tapas, compuertas, etc.)
- No se debe fumar dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento.
- No se deben tener materiales inflamables dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento.

- Evitar el contacto con el agua residual cruda.
- Proveer un botiquín de primeros auxilios.
- Los empleados deberán ser vacunados periódicamente contra la tifoidea y tétano.
- Mientras se trabaja no se debe tocar con las manos la cara o la cabeza.
- Antes de comer se deben lavar las manos con abundante agua y jabón.
- El material de seguridad y equipo de trabajo debe de ser limpiado periódicamente con hipoclorito de sodio.

3.3. Arranque del reactor anaerobio

El arranque del reactor comprende el conjunto de actividades y el tiempo desde que se inicia la operación hasta que se alcanza una operación estable. El tiempo estimado para el arranque es de 4 a 6 meses. Una vez que se ha obtenido la condición estable, el reactor operará con el tiempo de residencia hidráulico y la carga volumétrica de diseño. A fin de conseguir las condiciones anaerobias dentro del reactor es necesario inocular con lodos, de preferencia con actividad metanogénicas (Tabla 3.1), cuanto mayor sea esta, menor será el tiempo de arranque.

Fuente o tipo	Actividad metanogénicas específica (g DQO/g SSV día)
Lodo granular	0.50 a 1.50
Lodo de reactor	0.40 a 1.20
Lodo de reactor digerido	0.02 a 0.20
Estiércol digerido	0.02 a 0.08
Lodo de tanque séptico	0.01 a 0.07
Laguna anaerobia	0.03
Estiércol de porcino fresco	0.001 a 0.02
Lodos del fondo de lagunas anaerobias	0.002 a 0.005

Tabla 3.1. Actividad metano génica específica de lodos anaerobios de varias fuentes.

Es recomendable el uso de lodos procedentes de procesos anaerobios, en caso de no estar disponibles es conveniente elegir aquellos que tengan gran cantidad de materia orgánica en condiciones anaerobias como lodos de tanque séptico o estiércol de ganado (vacuno o porcino). El volumen con el que se debe inocular el reactor debe de ser entre el 10 y 20% del volumen total del reactor. No se

recomienda ocupar con lodo más del 60% del volumen del reactor. Para arrancar el reactor es necesario: i) llenar el reactor con aguas residuales, ii) iniciar la mezcla con el inóculo seleccionado, y iii) aislar el sistema de la atmósfera.

Si no se dispone de un inóculo de buena calidad, debe arrancarse el reactor con cuidado extremo, debido a que puede arruinarse el proceso fácilmente. La operación debe realizarse con calma, controlándose la velocidad superficial de ascensión del agua residual, la que no debe generar el arrastre de las bacterias durante el arranque del reactor ni el lavado del reactor.

El primer objetivo del arranque del reactor es prever el crecimiento de la población de bacterias metanogénicas, debido a que estas se encuentran en baja concentración en el inóculo. Se debe cuidar que durante el arranque la concentración de la DQO del agua residual sea menor a 500 mg/L, es previsible que un sistema de saneamiento con descargas domiciliarias las concentraciones de DQO cumplan con esta condición.

Durante el primer mes del arranque es necesario que el gasto de agua que entre a la planta sea menor a un tercio el gasto de diseño, este tiempo se puede reducir hasta el tiempo en el que se logre producir biogás (en cantidades apreciables) durante cuatro días consecutivos. Una vez alcanzada esta meta se incrementa el flujo de agua residual que entra a la planta de dos terceras partes del gasto. El tiempo que dura esta etapa es el necesario para que se genere biogás (en cantidades apreciables) durante cinco días consecutivos. Cuando esto ocurra es factible de alimentar el reactor con el gasto de diseño.

Es importante controlar el pH del lodo del reactor, ya que este puede acidificarse; produciendo una disminución del biogás generado y el arrastre de pequeñas partículas de lodo. El pH del reactor no debe ser menor de 6.5, si esto ocurre se debe añadir sosa cáustica (NaOH) al afluente, reduciendo el gasto de ingreso al reactor en un 30%. La dosis en la que se adicionará la sosa en la caja de distribución se desglosa en la tabla 3.2.

Una vez que se establezca el pH del lodo del reactor, se incrementará el gasto de ingreso al reactor en un 15%, hasta que cuatro días consecutivos se genere biogás en cantidades apreciables. Esta fase se repetirá hasta completar el 100% del gasto, pero con incrementos del 15%.

pH	Dosis de sosa cáustica requerida (NaOH) (g)
4.5	225
5.0	185
5.5	140

6.0	90
6.5	45

NaOH 10 N = 400 g NaOH (grado reactivo) en 1 litro de agua destilada.

Tabla 3.2. Dosis de NaOH a agregar al reactor en función del pH del lodo del reactor anaerobio de flujo ascendente.

En aguas residuales domésticas es probable una reducción de la tasa de crecimiento de las bacterias metanogénicas, y por ende, el funcionamiento del reactor puede dañarse fácilmente. Por tal razón es importante conocer la composición media de compuestos tóxicos, nutrientes y metales (hierro, cobre y níquel) del agua residual; ya que una descarga de tóxicos en el reactor puede provocar una inestabilidad del proceso.

Generalmente el arranque de un reactor anaerobio toma un tiempo largo debido a la baja tasa de crecimiento de las bacterias metanogénicas. Entre los factores que pueden influir en el tiempo de arranque pueden mencionarse: i) la calidad del lodo, ii) el contacto del agua residual con el lodo, iii) la inhibición o escasez de nutrientes, y iv) la velocidad de pérdida de lodo (biomasa) del reactor. La tabla 3.3 da una idea del número de días necesarios para el arranque del reactor, bajo condiciones de no inhibición y 50% de inhibición. Considerando un escenario ideal (no hay pérdida de biomasa en el reactor y hay 100% de contacto) y 50% de pérdida de biomasa, entendida como una reducción del 50% en la tasa de crecimiento y 100% de contacto.

Se puede observar que bajo condiciones de operación no óptimas, el tiempo de arranque es largo; y que el uso de lodos de estiércol de vaca y los lodos del fondo de lagunas lleva a tiempos de arranque largos. Aunque son los lodos más empleados. El contacto entre al agua residual y el lodo depende de la mezcla en el reactor y el diseño del sistema de distribución de la alimentación; cuidando que no existan cortocircuitos.

Tipo de lodo	Condiciones	30 °C		20 °C	
		Sin inhibición	50% inhibición	Sin inhibición	50% inhibición
Lodo de río	Ideal	58	129	129	286
	50% arrastre	115	259	259	573
Estiércol de vaca	Ideal	44	101	101	230
	50% arrastre	88	202	202	461
Doméstico digerido	Ideal	27	69	69	166
	50% arrastre	55	138	138	331

Granular	Ideal	4	22	22	72
	50% arrastre	8	44	44	145

Tabla 3.3. Tiempo mínimo requerido en días para alcanzar la estabilización.

Adicionalmente, para evitar el arrastre de bacterias o la purga no programada de bacterias es necesario que el reactor opere bajo condiciones hidráulicas estables. Se obtiene una operación óptima cuando el reactor se alimenta las 24 horas del día, durante los siete días de la semana.

Durante todo el proceso de arranque y operación del reactor, es necesario mantener las condiciones anaerobias dentro del reactor. La hermeticidad de la cámara de gases es una garantía de la anaerobiosis.

3.4. Arranque del Filtro Percolador

Los requisitos para un buen rendimiento del filtro percolador son la distribución uniforme de las aguas residuales sobre la superficie y la buena ventilación. La fuerza de empuje del brazo distribuidor giratorio requerida para ello debe mantenerse. También es posible reducir la velocidad de la regadera haciendo girar en 180° uno de sus brazos, de modo que el chorro de agua salga contra la dirección en que gira. Por esa razón, periódicamente debe revisarse si los tubos de la regadera y sus aberturas están bloqueados y, en caso necesario, deben limpiarse. Esto rige también para todos los otros dispositivos de alimentación (sifones). Las acumulaciones de agua sobre la superficie de los filtros deben eliminarse. Los canales recolectores del fondo de los filtros deben mantenerse sin depósitos y en caso necesario se enjuagarán. Los desarenadores existentes deben vaciarse ocasionalmente y las aberturas para ventilación deben mantenerse libres.

Al entrar a un filtro percolador cerrado es conveniente observar si el ventilador funciona y si hay entrada de sustancias explosivas o cambios de color en la superficie del material de relleno. A un filtro percolador solo puede acceder cuando la regadera giratoria esté detenida y haya seguridad de que no se pondrá en marcha de modo involuntario. El material plástico de relleno del filtro sólo se pisará sobre parrillas protectoras. Si hay trastornos dentro de la planta de tratamiento no sólo deben eliminarse sus efectos, sino también sus causas.

En el caso de obstrucciones y acumulaciones de agua deben tomarse las siguientes medidas:

- Reforzar la fuerza de empuje, aumentando la carga del filtro.
- Efectuar recirculación o disminuir la velocidad del brazo giratorio, girando uno de sus brazos hasta que el chorro de agua salga contra la dirección en que gira.

- Enjuagar la superficie del filtro con un chorro de agua de alta presión.
- Aflojar el material de relleno en la superficie con un rastrillo o una herramienta similar (que no sea pesada).
- Cargar el filtro percolador, bajo dirección técnica, con productos químicos adecuados. Al final, enjuagar fuertemente.
- Es necesario sacar una parte del material de relleno, lavarlo y volverlo a colocar. Antes de volver a colocarlo hay que repetir varias veces el enjuague del filtro. Si es necesario, se saca todo el material de relleno, se lava y se vuelve a colocar. En este caso deben revisarse el tamaño y la forma de los granos. El material inservible debe ser reemplazado.

Una cantidad excesiva de moscas en los filtros puede producir molestias; para evitarlas se pueden tomar las siguientes medidas:

- Cargar en forma continua y, en caso necesario, aumentar la carga.
- Lavar la superficie con chorros de agua para disminuir la acumulación de biomasa.
- Lavar las partes internas de las paredes del filtro que estén libres en su parte superior.
- Aplicar productos químicos adecuados, bajo dirección técnica.
- Aplicar insecticidas en la superficie del filtro y en las paredes, bajo dirección técnica sólo en casos excepcionales.

3.5. Operación y Mantenimiento.

Todos los días, o según el suministro de agua así lo permita, se deberán lavar las instalaciones con agua potable.

3.2.4. Pretratamiento

Las aguas residuales contienen materias tales como trapos, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc., las que deben ser removidas antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir tuberías, canales, orificios, etc. Además, cada vez que ingresan a la planta resulta difícil remover estas materias. Para evitar su ingreso la planta cuenta con dos sistemas:

➤ Reja gruesa

Tiene la finalidad de retener los sólidos gruesos. Los residuos atrapados en las rejillas deben extraerse tantas veces al día como sea necesario, para permitir el

libre paso del agua. Inicialmente, se deberá limpiar cada doce horas. Esta frecuencia puede aumentar o disminuir, según la operación de la planta. Evitando, siempre, que el agua se salga del canal.

➤ **Reja fina**

Tiene la finalidad de retener los sólidos finos, pro el tamaño de la separación entre barrotes requiere una frecuencia mayor de limpieza que la reja gruesa. No se debe permitir que se obstruya más del 60% de la superficie útil de la reja. Evitando, siempre, que el agua se salga del canal. No obstante, la frecuencia óptima se obtiene con la experiencia de la operación.

Los residuos retenidos en las rejas gruesa y fina serán removidos con rastrillos, de manera cuidadosa, sin forzar el paso de algún material por la reja. Este material deberá transportarse a un sitio dentro de la planta (el pozo), el cual no tendrá recubrimiento. Pero el material depositado deberá ser cubierto con una capa de cal y otra de materia producto de la excavación, una capa de 2 a 3 cm.

➤ **Desarenador**

Su frecuencia de limpieza será semanal, evitando siempre, que el agua se salga del canal. No obstante, la frecuencia óptima se obtiene con la experiencia de la operación. La limpieza se hará de manera manual (empleando los elementos de seguridad y herramientas adecuadas), el material extraído se dispondrá de la misma manera que el material retirado de las rejas.

➤ **Vertedor proporcional**

Su curva de descarga (medición de gasto) se deberá comprobar en la fase de arranque de la planta, mediante aforo con trazadores.

3.2.4. Proceso

➤ **Reactor anaerobio de flujo ascendente**

Durante la operación de este reactor se debe garantizar el funcionamiento continuo y adecuado del sistema hidráulico y del proceso biológico respectivo. El control operativo debe centrarse en: distribución uniforme del afluente en el fondo del reactor, lograr un lodo anaerobio con buena capacidad de sedimentación y digestión, y lograr la separación efectiva del lodo, líquido y biogás. La operación deberá contemplar un trabajo rutinario diario o semanal, y trabajos ocasionales. El trabajo diario consistirá en: limpieza de la estructura, y observaciones al influente y efluente para la evaluación de su funcionamiento. La evaluación ocasional se refiere a la evaluación ocasional del comportamiento del lodo.

Tanto la caja de distribución como las tuberías de alimentación deben permanecer limpios, por lo cual se les debe limpiar una vez al día, al menos. También se debe observar el buen funcionamiento de las tuberías de alimentación evaluando el nivel estático en la columna de agua y el nivel de agua del reactor. La observación

visual de la calidad del efluente debe ser una labor de rutina, pues indica como está funcionando el reactor. Un efluente debe tener un color claro con bajo contenido de lodos, una sobrecarga del reactor se manifiesta en un efluente turbio y lodos color gris (sin digerir). Lo cual se presenta durante el arranque del reactor. Cuando existe una alta concentración de lodos en el efluente es necesario purgar el lodo hacia los lechos de secado. **Lo cual se hará una vez cada dos meses después de la estabilización del reactor, extrayendo 10 m³ de lodos; lo cual se hará mediante un camión tipo Vector o mediante una bomba de cavidad progresiva, y podrá verter los lodos en los lechos de secado.**

El mantenimiento de este reactor se reduce a vaciar parcialmente el reactor y remover el material sólido del fondo del reactor cuando se obstruyen las salidas de las tuberías de alimentación. Se estima que se hace esto cada 5 años, sin embargo, depende del buen funcionamiento del desarenador; pero nunca vaciar completamente la planta. Para hacer esta limpieza se debe de hacer:

- i) cortar el suministro de agua.
- ii) se desaloja el lodo hasta dejar la tubería de alimentación expuesta.
- iii) se reinicia el suministro de agua.

➤ **Filtro percolador**

El mantenimiento y monitoreo regular consiste en checar el volumen de agua que entra al filtro, verificar que el gasto suministrado por cada boquilla sea homogéneo. De no presentarse un gasto de salida homogéneo se puede suponer que las tuberías están tapadas. Si existe nivel de agua por encima del lecho filtrante puede indicar taponamiento. Por lo cual es necesario limpiar la superficie del filtro y mantenerla limpia de toda basura o hierba que crezca. Asimismo, es necesario que el bajo dren del filtro se mantenga limpio. Las válvulas deben engrasarse una vez por mes y revisar el estado de las tuberías. A continuación se presentan acciones de mantenimiento útiles para resolver problemas comunes:

Problema	Descripción	Soluciones
Moscas en el filtro	Viven y se reproducen en un ambiente que alterna entre mojado y seco. Interferir con el ciclo de vida puede controlar el problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Recircular por periodos cortos. • Conservar las paredes mojadas. • Dosificar el filtro con 1 mg/L de cloro durante una hora cada semana. • Asegurar que el sistema de distribución proporciona una humectación uniforme.

Olores	Resultan cuando el proceso de tratamiento se vuelve anaerobio.	<ul style="list-style-type: none"> • Recircule, agregue ventilación forzada o agregue cloro. • Revise los tubos de ventilación y desagüe para determinar si hay obstrucciones. • Revise si hay exceso de cultivos biológicos. Aumente la capacidad de recirculación y aumente el desprendimiento.
Inundación	Resultan de la obstrucción de vacíos charcos, los cuales pueden ser causados por excesivos cultivos biológicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Remueva los escombros de la superficie del medio. • Agite la superficie con un rastrillo o una corriente de agua a alta presión. • Recircule. • Deje que el filtro se seque durante unas horas para ocasionar desprendimiento de cultivos. • Dosifique 5 mg/L de cloro durante 4 horas.
Boquillas tapadas	Son resultado de la operación deficiente del UASB.	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la sedimentación en el UASB. • Instalar un acriba de un centímetro sobre el afluente del filtro. • Limpiar las boquillas diariamente con un cepillo.
Desagües obstruidos	Los desprendimientos pueden causarlo.	<ul style="list-style-type: none"> • Lave los desagües. • Cambie el medio desintegrado.
Caracoles	Probablemente causado por el clima.	<ul style="list-style-type: none"> • Clorar para obtener un residual de 0.5 a 1 mg/L. • Lavar el filtro con una tasa alta de recirculación.

Tabla 3.4. Acciones de mantenimiento

➤ Sedimentador secundario

El mantenimiento y monitoreo regular consiste en checar el gasto de agua que entra y sale del tanque, verificar que los gastos suministrados sean homogéneos. De no presentarse un gasto de salida homogéneo se puede suponer que las tuberías están tapadas. Si existe nivel de agua por encima del nivel normal de operación puede indicar taponamiento. Las válvulas deben engrasarse una vez por mes y revisar el estado de las tuberías. El lecho de secado al aire corresponde a un proceso natural, en el que el agua se evapora o se filtra.

➤ Lechos de secado

El lecho de secado al aire corresponde a un proceso natural, en el que el agua contenida entre las partículas de lodo es removida por evaporación y filtración; en este sistema no es necesario adicionar reactivos ni elementos mecánicos. El objetivo de esta unidad es disponer los lodos extraídos del reactor biológico y proveer su deshidratación para reducir su volumen para manejarlos y disponerlos más fácilmente.

La operación de deshidratación comienza con la descarga del lodo proveniente del digesor hasta alcanzar un tirante de agua/lodo de 35 cm, al cual se le verterán 10 kg de cal hidratada. El operador deberá controlar, mediante la tubería de purga de agua, el agua libre para seguir con la fase de evaporación. Una vez que se comiencen a formar grietas en la superficie del lecho se realizará la remoción manual (con rastrillo o pala) para acelerar el secado mediante el aumento de la superficie expuesta al aire. El tiempo de secado variará dependiendo de las condiciones climáticas, pero se considera entre 20 y 30 días. El control operativo se debe centrar en las siguientes actividades:

- Verificación visual del escurrimiento del líquido percolado, Una vez que se termine el escurrimiento se asume que comienza la etapa de evaporación.
- Control y seguimiento del descenso de la capa de lodo.

Cuando el lodo haya alcanzado el porcentaje de humedad establecido, se retirará del lecho y se depositará en algún lugar de acopio o de disposición final. El mantenimiento del lecho consiste en reemplazar el material perdido durante la remoción del lodo seco, y prever el crecimiento de vegetales de cualquier tipo.

➤ **Desinfección**

El sistema de desinfección se formará de un recipiente, un conducto, un sistema de control de flujo e hipoclorito de sodio al 20%. Se recomienda que el sistema de flujo y control de flujo sea de fácil manejo (tipo venoclisis) y resistente al cloro. El depósito de cloro debe ser del tamaño mencionado en la memoria de cálculo, y debe ser colocado como mínimo a 60 cm por arriba del nivel de la corona del muro del tanque de contacto de cloro. La descarga del cloro se debe hacer a una distancia máxima de 5 cm sobre el nivel de agua del tanque de contacto de cloro.

El operador deberá vigilar que por cada litro de agua que pase por la planta de tratamiento se adicionen 25 gotas de hipoclorito de sodio; lo cual se debe calibrar con el equipo de dosificación. También es de responsabilidad del operador vigilar que siempre se dosifique cloro en la cantidad adecuada y de la existencia de material en stock. El mantenimiento del tanque de contacto de cloro consiste en lavar diariamente el tanque.

4. MEMORIA DE PROCESO

Como parte de la propuesta técnica que se hace uso de un proceso anaerobio. El tren de tratamiento incluye como parte principal del proceso de remoción de la materia orgánica mediante un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (UASB), que al igual que el pretratamiento, se hará cargo de minimizar los impactos al proceso principal de tratamiento. La eficiencia solicitada según la normatividad para DBO_5 de la planta de tratamiento es:

$$Eficiencia = \frac{DBO_5 entrada - DBO_5 salida}{DBO_5 entrada} \times 100$$

$$Eficiencia = \frac{300 - 75}{300} \times 100 = 75\%$$

Los parámetros normados, al tener la planta de tratamiento eficiencias de remoción de DBO_5 arriba del 80%, quedarán dentro de lo solicitado. Para remover coliformes fecales ningún proceso biológico aplicado cumple con eficiencias del 99.9% por lo que habrá que desinfectar el agua tratada. Por lo que las etapas de proceso de tratamiento propuestas, son las siguientes:

- Caja derivadora
- Cribado
- Canal desarenador
- Medición del influente
- Reactor anaerobio de flujo ascendente
- Filtro percolador
- Sedimentador secundario
- Desinfección
- Descarga

4.1. Caja derivadora

Se construirá una caja derivadora en la cual además se contemplará desviar los excedentes.

4.2. Cribado fino

Dado que la llegada del agua residual a la Planta, no es profunda, proponemos en un inicio un cribado fino, para retener todos los objetos mayores a $\frac{1}{2}$ " \varnothing , que podrían dañar ó taponear las bombas de aguas residuales, la cantidad de material cribado no justifica una criba automática que puede ocasionar problemas operacionales. La limpieza de la criba será manual.

	PARAMETRO	VALORES TIPICOS	VALORES USADOS
V	Velocidad de flujo a través de la rejilla (cm/seg)	75 con flujo normal	75
H	Desnivel entre la plantilla del canal de rejilla y la del canal de entrada (cm)	8 a 15	
θ	Angulo de inclinación de las rejillas	30° - 60°	45°
P	Caída de presión (cm) (rejilla limpia)	<3.26	1.1

Notas: Los cálculos fueron considerando DOS CANALES DE CRIBADO.

Tabla 4.1 Parámetros de las rejillas de limpieza manual

La caída de presión se calculo con la siguiente ecuación:

$$\Delta h = 0.125 \left(\frac{L}{b'} \right) 1.3v^2 \text{sen}(\theta)$$

Donde:

b = Ancho de canal

L = Espesor barra

b' = espacio libre

$\theta = 45^\circ$

4.3. Canal desarenador

Se diseñaron dos canales desarenadores, previniendo que uno estará en operación y otro en fase de limpieza.

Ecuaciones:

$$A = \frac{F}{V}$$

$$A = W * H$$

$$H = \frac{F}{V} * \frac{1}{W}$$

$$L = \frac{H * V}{U}$$

	PARAMETRO	VALORES TIPICOS	VALORES USADOS
V	Velocidad del flujo (cm/seg.)	30	30
U	Velocidad de sedimentación de las arenas (cm/seg.)	2.1 (ver tabla 4.3)	2.1
H	Tirante hidráulico (m)	Dado por la ecuación 3	0.714
A	Área hidráulica de la cámara (m ²)	Dado pro la ecuación 1	1.0
W	Ancho de la cámara (m)	0.6 m. mínimo recomendable	1.4
L	Largo teórico de la cámara (m)	Dados por la ecuación 4	10.2
L'	Largo de diseño de la cámara	Normalmente l' = 1.4 L	14.3
	Rango de acumulación de arenas	0.01-0.06 (m ³ /1000 m ³ de agua residual)	0.04

Tabla 4.2 Parámetros de diseño de las cámaras desarenadoras

TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD (cm/seg)
0	1.4
10	2.1
20	2.7
30	3.2

*La partícula es de 0.21 mm con una gravedad específica de 2.65

Tabla 4.3 Velocidad de sedimentación contra temperatura*

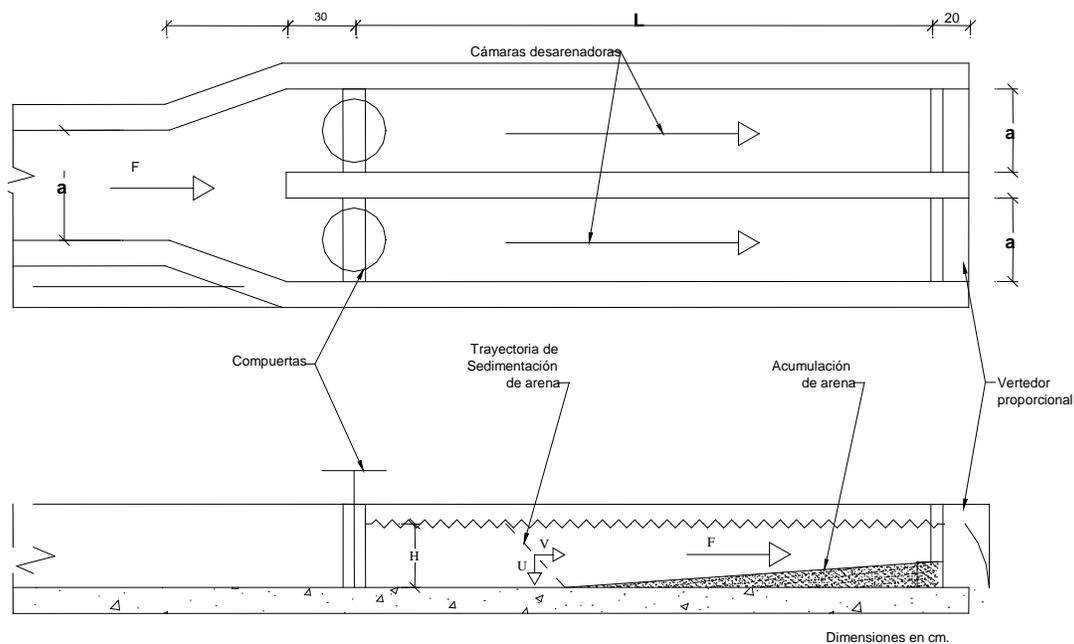


Imagen 4.1

Para lograr una velocidad constante de aproximadamente 30 cm/seg en el canal desarenador, se instalarán vertedores proporcionales tipo Suto a la salida de los canales desarenadores. Se instalará un sistema de drenado y desalajo de las arenas a base de un recipiente con malla 60.

4.4. Medición de flujo influente

Se suministrará un vertedor proporcional.

4.5. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

A continuación se desarrolla el cálculo por cámara de reactor. El diseño que a continuación se presenta del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, se tomó una calidad media de aguas residuales de origen doméstico 220 mg DBO₅/L y 500 mg DQO/L. Este tipo de Reactores con aguas residuales domésticas, presentan tasas de aplicación de 1 a 2 kg. DQO/m³.día, con eficiencias de remoción de hasta el 85%, a temperatura ambiente (de 8 a 20 °C). Igualmente para tasas altas de 50 kg DQO/m³.día, para descargas industriales orgánicas (descargas con un alto contenido de DQO por unidad de volumen).

Para aguas residuales diluidas (con niveles de DQO por debajo de 1000 mg/l), como las de origen municipal, el Volumen del Reactor (VR) se determina con el tiempo de retención hidráulico (Trh). La velocidad en que el proceso ocurre es de importancia fundamental, pues es de ella que depende el volumen de los reactores para tratar una determinada cantidad de residuos. El tiempo de retención es el parámetro que normalmente se utiliza para expresar la velocidad del proceso, el tiempo de retención se propone que no sea menor de 5 hrs, con velocidades ascendentes no mayores de 1 m/h.

$$Q = \frac{V_R}{T_{rh}} \rightarrow V_R = Q * T_{rh}$$

Para el tratamiento de aguas residuales municipales, se recomiendan alturas de agua de 3.0 a 6.0.m. Entre más grande sea el valor de DQO mayor tendrá que ser la altura del reactor. Para el caso nuestro la DQO es relativamente baja, sin embargo al incorporar la purga de lodos secundarios se elevará la DQO por arriba de 1,000 mg/L y se mantendrá un nivel alto de sólidos dentro del reactor anaerobio, lo cual hace muy conveniente el utilizar alturas mayores para evitar saturación del volumen y evacuación de sólidos de emergencia, por lo tanto el valor adoptado de 6.00 m de altura de agua del reactor, considerando 1.50 m como altura del sedimentador y 4.50 m para altura del proceso de degradación biológica anaerobia. Lo anterior se basa también en la experiencia en la operación de reactores de este tipo.

Sistema de alimentación, cálculo del número de orificios que se requieren para la alimentación al reactor a través de tuberías. Se considera adecuado como área de influencia máxima de cada orificio 10 m². Para un residuo conteniendo una determinada concentración de materia orgánica, la carga orgánica aplicada es inversamente proporcional al tiempo de retención hidráulico. La carga orgánica es un parámetro para determinar la velocidad con que ocurre la digestión anaeróbica.

Determinación de la carga orgánica aplicada (*C. Apli.*)

$$C. Apli. = \frac{DQO_{AP} * Q}{Vol_{reactor} * Ah}$$

La carga aplicada al Reactor de flujo ascendente, en cuanto a las descargas de aguas residuales domésticas es de 1 a 2 Kg. DQO/m³.día, con las que se alcanzan eficiencias de remoción de hasta el 85 %, en temperatura ambiente de 8 a 20°C. También se citan tasas de 50 Kg de DQO/m³.día para el tratamiento de descargas industriales orgánicas (con altos contenidos de DQO por unidad de volumen).

$$Q = \frac{Vol}{tr} \rightarrow tr = \frac{Vol}{Q} = \frac{Ah}{Q}$$

$$Vel. Asc. = \frac{h}{tr} = \frac{Altura}{tiempo de retención}$$

Con esta velocidad ascensional dentro del reactor no se tiene problema de arrastre de sólidos, ya que es menor de 1 m/hr. Para lodos de tipo floculento de aguas municipales las velocidades ascensionales son menores a 1 m/h. Pero también puede soportar velocidades de 2 m/h durante 2 o 3 horas. La carga hidráulica debe de ser menor a 5.0 m³/m³ día. Es la parte inferior del Reactor, ocupa una biomasa que puede alcanzar una alta concentración de sólidos (alrededor de 100 g/l) fermentada y convertida básicamente en metano. Tal altura ha sido reportada por diversos autores (Tabla 4.4).

Descarga	Altura de lodos (m)	Fuente
	1.5	Ericsson
Doméstica	1.7	Lettinga y colaboradores
	2.0-2.5	Rodríguez
	2.6-2.4	Meer & Vletter

Altura de lodo en el reactor reportada en la literatura.

Tabla 4.4

Para nuestro caso, se propone el rango de 1.5 a 2.4 m que concuerdan con lo reportado. La producción del metano para descargas domésticas es de 7.1 a 7.3 m³ CH₄ PE.año (20 l/hab.día) o también 0.190 m³ biogás/m³ reactor día, o así

mismo 200 l biogás/Kg. DQO aplicada, promedios, con base a la cantidad de DQO removida, la conversión promedio CH_4 / DQO es de 71%.

$$\text{Generación de Biogás} = DQO_{rem} * \text{Gasto}(\text{m}^3 / \text{día}) * 200 \text{ lt de gas/kg DQO} / \text{día}$$

$$\begin{aligned} DQO_{rem} &= \text{Demanda Química de Oxígeno Removida} \\ &= \text{Demanda Química de Oxígeno aplicada al reactor} \\ &* \text{eficiencia de remoción de DQO en reactor} \end{aligned}$$

$$0.75 = \text{Eficiencia de remoción de la DQO aplicada}$$

$$200 \text{ l de gas/kg DQO/día} = \text{Generación de Biogás para aguas municipales}$$

Se extrae el total de biogás del reactor con salidas de tubería de PVC de 1/2", distribuidas en la losa superior en el Reactor. Para que al final del tubo se coloque un mechero y un quemador para quemar el gas generado. Este tipo de procesos, a diferencia de los procesos aerobios-anóxicos, no generan remociones importantes de nitrógeno, salvo lo asimilado biológicamente. La remoción de nitrógeno se calcula como la remoción proporcional del 5% a la remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno. Un parámetro importante que su inversa indica, en forma más sencilla la velocidad específica de reproducción de bacterias, es el tiempo de retención celular o edad del lodo definido como:

$$\theta_c = \frac{\text{Masa de lodo del reactor}}{\text{masa del lodo removido} / \text{tiempo}}$$

La producción de lodo en los tratamientos anaerobios esta en el rango de 5.0 a 8.6 Kg ST/PE.año (PE = 0.13 kg DQO y 175 l) lo cual es sólo del 25 al 40 % del producido en un sistema aeróbico convencional combinado con digestión de lodo. La producción de lodos de SST en exceso tiene una relación de los SST introducidos en el Reactor, y es a razón de 100 Kg SST/1,000 m³ efluente o 0.02 Kg SST/hab.día (7.2 Kg SST/hab.año). Para reactores anaerobios de Flujo Ascendente se considera una producción de lodos de 0.1 Kg/m³ del caudal influente.

Dadas las condiciones de operación del reactor este gasto se llega a extraer hasta después de un año, ya que se va acumulando en la cámara del Reactor, y es precisamente este volumen de lodos el que hace más eficiente el proceso hasta llegar a la saturación. Para calcular le edad de los lodos se utiliza la fórmula empírica de Hartwig:

$$\text{Edad de lodos} = \frac{\text{Volumen de reactor para lodos}}{\text{volumen de lodos producidos}}$$

4.6. Filtro percolador

A continuación se desarrolla el cálculo por cámara de reactor. El diseño que a continuación se presenta del Filtro percolador tomó como base la calidad del agua del efluente del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, la cual es de 135 mg DBO₅/L y 129.01 mg DQO/L. Este tipo de Reactores de diseño convencional (que solo pasa el agua residual una vez por el lecho filtrante), presentan tasas de aplicación de 0.9 a 4.5 kg DBO/m³.día, a una tasa de carga hidráulica de 2 a 4 m³/m².día; con eficiencias de remoción de hasta el 90%, a temperatura ambiente (de 8 a 20 °C).

4.6.1. Volumen del Reactor

El primer procedimiento de diseño de proceso para usar los principios fundamentales fue publicado por Velz en 1948. Su ecuación expresa la remoción de DBO como función de primer orden de la profundidad del filtro. Schultz modificó la ecuación de Velz para introducir como parámetro el gasto hidráulico y Germaine aplicó la fórmula de Schultz a los Medios plásticos en filtros percoladores. Para el dimensionamiento de estas unidades se emplea la ecuación de Germain:

$$\frac{Le}{Lo} = e^{-\frac{k_{20}DO^{t-20}}{q^n}}$$

Donde:

Le = DBO del influente

Lo = DBO del efluente

K_{20} = Coeficiente de tratabilidad

D = Altura del filtro

t = Temperatura del agua residual

q = Tasa de aplicación del agua sin recirculación

n = Coeficiente hidráulico del lecho filtrante (0.5)

O = Coeficiente de temperatura (debajo de 25°C 1.035, arriba de 25°C 1.025)

$$K_{t20} = tr * K_{c20} \left(\frac{6.1}{D}\right)^{0.5} \left(\frac{150}{Lo}\right)^{0.5}$$

Donde:

K_{c20} = Coeficiente de tratamiento del lecho filtrante (0.203)

K_{t20} = Corrección de K_{c20} por la geometría del reactor

$$K_t = K_{t20} * O^{t-20}$$

Donde:

K_t = Coeficiente de tratabilidad corregido

Por lo que si consideramos un alto de lecho de filtrado de 4.0 m, la tasa de aplicación sin recirculación es:

$$q = \left(\frac{K_t * D}{\ln \left(\frac{L_o}{L_e} \right)} \right)^2$$

Con lo cual se puede calcular el volumen necesario mediante la ecuación:

$$\text{Volumen de lecho} = Q * \frac{D}{q} = 43.62 \text{ m}^3$$

Mediante lo cual se puede calcular el diámetro del tanque, por lo que el diámetro del tanque será de 4.00 m.

4.6.2. Tasa de irrigación sin recirculación

$$\text{Tasa de irrigación} = \frac{Q}{\left(\frac{\text{Volumen de lecho}}{D} \right)} = 198.07 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ d}$$

4.6.3. Carga del reactor

$$\text{Carga del reactor} = L_o \frac{Q}{\text{Volumen de lecho}} = 6.685 \text{ Kg} / \text{m}^2 \text{ d}$$

4.6.4. Carga superficial del reactor

$$\text{Carga superficial} = L_o \left(\frac{Q}{\left(\frac{\text{Volumen de lecho}}{D} \right)} \right) = 26.739 \text{ Kg} / \text{m}^2 \text{ d}$$

4.6.5. Carga orgánica removida

$$C.O_{rem} = (L_o - L_e) * Q = 129.6 \text{ Kg} / \text{d}$$

Por lo que el reactor tiene una concentración de carga orgánica en el efluente de 40.50 mg DBO/L, lo que define que el proceso tiene una eficiencia del 70%.

4.6.6. Lodo producido

Producción de lodos = $P_L = C.O_{rem} * Y = 82 \text{ Kg/d}$

Gasto de diseño = $25 \text{ l/seg} = 2,160 \text{ m}^3/\text{día}$

γ = peso específico del agua (1000 kg/m^3)

Gravedad específica del lodo (G_e) = 1.02

Concentración de sólidos = 1 %

$$V = \frac{P_L}{G_e} C_o \gamma = 1,797 \text{ kg/día} / (1.02 * (0.01) * 1000 \text{ kg/m}^3) = 8.04 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

Y = rendimiento celular del lodo = 0.63

4.6.7. Oxígeno requerido

Oxígeno requerido = $C.O_{rem} * 1.4 = 181.44 \text{ kg/día}$

4.6.8. Aire requerido

$$\text{Aire requerido} = \frac{1.44 * C.O_{rem}}{(\text{Densidad del aire}) * OTE} = 3.3 \text{ m}^3/\text{min}$$

Aire que entra al sistema = $(\text{Área de reactor}) * 0.3 = 3.77 \text{ m}^3/\text{día}$

El agua será distribuida por un sistema de cuatro brazos que girarán a una velocidad de 0.5 min/rev y distribuirán el agua a razón de 9 disparos/min/rev.

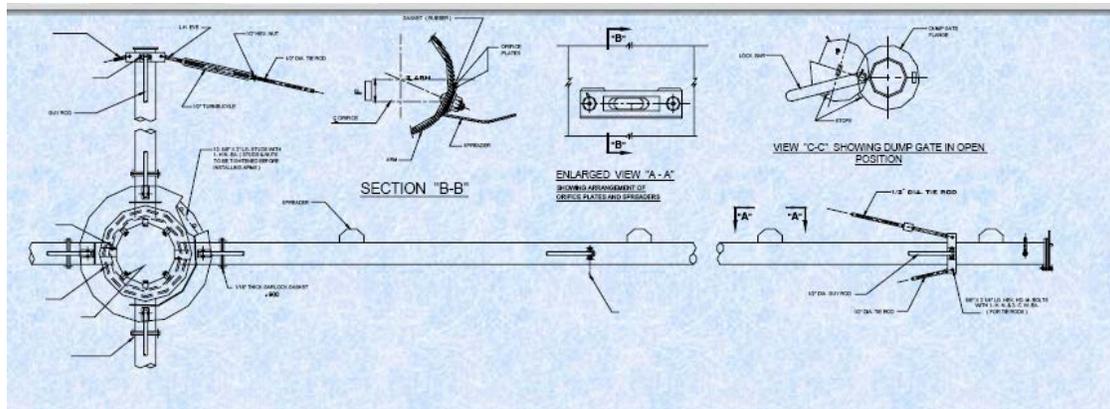


Imagen 4.2

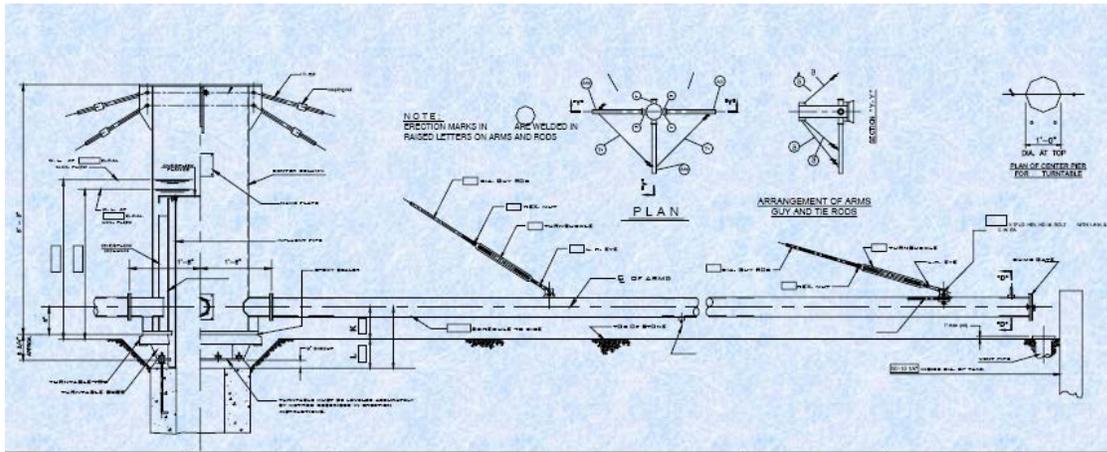


Imagen 4.3

Se propone como medio filtrante de flujo horizontal el medio plástico para filtro percolador marca Brentwood modelo AccuPac CFS 3000. El cual es de tipo para un patrón de flujo cruzado, y nos permite obtener un área superficial de $31 \text{ ft}^2/\text{ft}^3$, y se maneja con dimensiones de 2 ft ancho x 2 ft alto x 4 ft de largo. Lo cual coincide con lo diseñado.

4.7. Sedimentador secundario

Se consideran dos clarificadores secundarios de geometría circular de operación independiente con respecto a los reactores biológicos, equipado con puente decantador central. El caudal de diseño es el caudal promedio de 12.50 lps sin recirculación. Se considera la canalización de lodos de desecho desde el mismo clarificador secundario al reactor anaerobio de flujo ascendente.

Como parámetro de cálculo se utiliza la velocidad de sedimentación por zonas posible en caso de pésimas condiciones de sedimentación. Existen en el proceso dos vectores que interactúan, uno de ellos es el de la velocidad de ascenso hidráulico, producto de la inyección de fluido por el fondo del sedimentador, el otro es el de la velocidad con la que precipitan las partículas sólidas, la suma de los dos vectores dará como resultado una trayectoria diferente de ambos, llevando la partícula a tocar la placa inferior. Una vez que las partículas discretas tocan la placa inferior, se aglomeran y descienden para hacia la tolva de lodos, donde se acumulan y pueden ser espesados antes de ser desalojados para retorno al reactor biológico o purga de lodo primario o secundario para el reactor de anaerobio de flujo ascendente.

Con la velocidad permisible se debe calcular el área superficial del sedimentador, utilizando la ecuación de continuidad y proponiendo una velocidad de 1 m/hr;

queda un arreglo superficial compuesto de dos unidades con base circular y con fondo inclinado, por lo que:

Diámetro	5.0 m
Altura útil	4.20 m
Bordo libre	0.40 m
Altura Total	4.60 m
Volumen total del clarificador	78.75 m ³
Tiempo de retención hidráulico (Tr_{Qmed})	1.75 hr

Se propone el uso de dos unidades de un puente decantador circular de las siguientes características: mecanismo clarificador tipo Dorr Oliver Mca SICA Mod. Sc-tc-a de 5.00 m de diámetro (16'-5") por 4.2 m (13'-9") de pared útil, mecanismo de transmisión central tipo 16a en fundición, con motorreductor de 1/2 hp, 220/440 v, 3 f, 60hz, 1750/30 rpm con capacidad de torque de 4310 ft-lb, velocidad de salida en los brazos de 0.144 Rpm, puente radial, barandal pasillo de operación de 3'-0" de ancho, pozo de alimentación de 3'-0" de diam por 4'-0" de altura, Flecha central 4" ced. 80, 2 brazos radiales-rastras, desnatador de 1'-3" de ancho por 3'-2" de longitud, caja de natas de 1'-3" de ancho, Todo en a/c, baffles y vertedores en FRP, acabado sand-blast con recubrimiento epóxico o galvanizado en caliente, incluye, con tablero de alarma de torque.

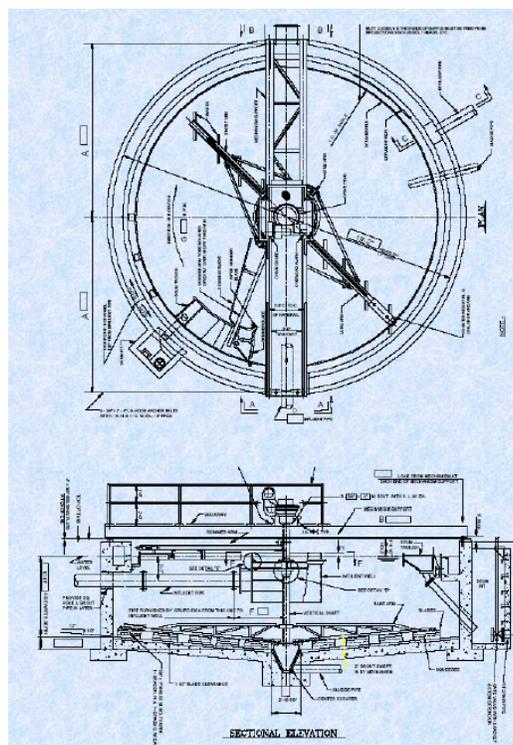


Imagen 4.4

4.8. Desinfección

Se construirá un tanque común de contacto de cloro para con dos bombas dosificadoras de hipoclorito de sodio, una en operación y otra de reserva, y un tanque de almacenamiento de hipoclorito de sodio. El tiempo de contacto mínimo es de 20 minutos, se instalará además un cárcamo de bombeo de 0.5 hora tiempo de residencia, por lo que se ampliará el tanque de contacto para utilizarlo también como cárcamo de bombeo. Para desinfectar el efluente de la P.T.A.R., se propone cloro, a razón de una dosificación de 5 ppm. Al final del tanque de contacto, se instalará una mampara deflectora de natas, que servirá como pulimento y se instalará una tubería con una válvula para purga, enviando las natas al cárcamo de bombeo.

4.9. Descarga

Se comunicará mediante con tubería de PAD el tanque de contacto de cloro con el cuerpo de agua receptor.

5. Memoria de Cálculo

5.1. Pretratamiento

5.1.1 Cribado

Bases de Diseño:

Q med.	25 lps	0.025 m ³ /s
Q max. Instantáneo	60.60 lps	0.061 m ³ /s
Q max. Extraordinario	90.90 lps	0.091 m ³ /s
Q min.	12.5 lps	0.013 m ³ /s

Cálculo del tirante

Fuente: Manual de Agua Potable

$$a = 0.50 \text{ m}$$

Tirante, gasto y velocidad en canal de rejillas

$$De: q = \frac{A}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

t	q	v
0.050	0.0040	0.161
0.075	0.0075	0.200
0.100	0.0115	0.230
0.125	0.0159	0.255
0.172	0.0251	0.292
0.180	0.0267	0.297
0.200	0.0309	0.309
0.250	0.0418	0.334
0.300	0.0531	0.354
0.332	0.0606	0.365
0.350	0.0648	0.370

t = propuesto

n = 0.014

s = cte.

A = área

R = A/P

S = cte.

A = 0.166

R = 0.14

q = 0.061

De : Q = VA

V = 0.365

Tabla 5.1

La pendiente con velocidad de proyecto es:

$$s = 0.0004$$

5.1.1.1 Cribado Grueso

Fuente: Manual de Agua Potable

Flujo máximo	0.091 m ³ /s
Velocidad a Q _{max}	0.36 m/s
No. de unidades	1
Tipo de cribado	cribado grueso de limpieza manual
Inclinación	45° con la horizontal
Espacio libre entre barras	25 mm 0.025 m
Material de las barras	AC-INOX-304
Espesor de las barras	8 mm 0.008 m
Material retenido	a contenedor
Área libre requerida (Q _{max} /V)	a = 0.166 m ² (De la tabla 5.1)
Ancho del canal por rejillas (área libre requerida/ h)	0.50 m
No. de espacios libres (ancho del canal por rejillas/separación entre barras)	15
Número de barras	16 pza

5.1.1.2 Cribado Fino

Fuente: Manual de Agua Potable

Flujo máximo	0.091 m ³ /s
Velocidad a Q _{max}	0.36 m/s
No. de unidades	1
Tipo de cribado	cribado fino de limpieza manual
Inclinación	45° con la horizontal
Espacio libre entre barras	15 mm 0.015 m
Material de las barras	AC-INOX-304
Espesor de las barras	8 mm 0.008 m
Material retenido	a contenedor
Área libre requerida (Q _{max} /V)	a = 0.166 m ² (De la tabla 5.1)

Ancho del canal por rejillas (área libre requerida/ h)	0.50 m
No. de espacios libres (ancho del canal por rejillas/separación entre barras)	22
Número de barras	23 pza

5.1.2 Desarenador de limpieza manual

Para el desarenado se tiene dos unidades de operación manual.

$$\text{Longitud de desarenado} = \left(h * \frac{V_c}{V_s} \right) f$$

Donde :

h = tirante en el canal	h = t + 0.1 = 0.432 m
Vc = velocidad de flujo	Vc = 0.3 m/s
Vs = velocidad de sedimentación de la partícula	Vs = 0.033 m/s
factor de regulación	1.4
Longitud de desarenado	5.50 m

Cálculo del tirante

Fuente: Manual de Agua Potable

$$a = 0.50 \text{ m}$$

Tirante, gasto y velocidad en canal de rejillas

$$\text{De: } q = \frac{A}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

t	q	v
0.010	0.0001	0.023
0.050	0.0015	0.061
0.009	0.0001	0.021
0.010	0.0001	0.023
0.011	0.0001	0.024
0.012	0.0002	0.026
0.013	0.0002	0.027
0.014	0.0002	0.028
0.015	0.0002	0.030
0.356	0.0250	0.141
0.380	0.0272	0.143

Tabla 5.2

t = propuesto

n = 0.014

s = cte.

A = área

R = A/P

S = cte.

A = 0.178

R = 0.15

q = 0.025

De : Q = VA

V = 0.141

La pendiente con velocidad de proyecto es:

$$s = 0.0001$$

Producción de arenas 0.000022 m³ de arena / m³ de agua residual

Producción de arenas = 0.1152 m³

5.1.3 Caja Derivadora de agua a proceso

Dimensiones:

ancho = 3.0 m

largo = 3.0 m

nivel máximo de operación = 2.5 m

capacidad = 22.5 m³

TRH = 15.00 min

5.1.4 Caja Derivadora de agua a By Pass

Dimensiones:

ancho =	3.0 m
largo =	3.0 m
nivel máximo de operación =	2.5 m
capacidad =	22.5 m ³
TRH a gasto extraordinario =	5.69 min

5.1.5 Vertedor rectangular de pared gruesa para agua a By Pass

Ecuación General:

$$Q = C * L * H^{3/2}$$

donde:

L = Longitud efectiva de la cresta en mtrs. (ancho del canal)

H = Carga medida = Tirante de flujo encima de la elevación de la cresta en mtrs.

Q = Gasto en m³/s

C = Coeficiente de descarga $C = 1.73366 + 0.40 * \frac{H}{P}$; $P > 2.5 * H$

$$H = 0.165 \text{ m}$$

$$P = 0.463 \text{ m}$$

$$L = 0.20 \text{ m}$$

$$C = 1.88$$

$$Q = \text{gasto de excedencia} = 0.0252 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2. Vertedor Sutró

5.2.1 Vertedor Proporcional

Fuente: Manual de Agua Potable

$$Q = Cb (2ag)^{1/2} \left(h - \frac{1}{3a} \right)$$

$$L = b - \frac{2b}{\pi} (\) * \text{ang tan} \left[\left(\frac{h}{a} \right) - 1 \right]^{1/2}$$

$$X1 = \frac{b}{2} - \frac{L}{2}$$

$$X2 = X1 + L$$

b = 0.50 m
a = 0.02 m

h	L	Área	Q	V	X1	X2	y	X1	X2
0.000	0.500	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.500
0.020	0.500	0.010	0.0025	0.255	0.000	0.500	0.020	0.000	0.500
0.025	0.463	0.012	0.0035	0.282	0.019	0.481	0.025	0.019	0.481
0.028	0.442	0.014	0.0041	0.296	0.029	0.471	0.028	0.029	0.471
0.030	0.430	0.015	0.0045	0.305	0.035	0.465	0.030	0.035	0.465
0.050	0.332	0.022	0.0083	0.372	0.084	0.416	0.050	0.084	0.416
0.070	0.272	0.028	0.0121	0.428	0.114	0.386	0.070	0.114	0.386
0.080	0.250	0.031	0.0140	0.453	0.125	0.375	0.080	0.125	0.375
0.090	0.232	0.033	0.0159	0.478	0.134	0.366	0.090	0.134	0.366
0.100	0.217	0.036	0.0178	0.501	0.142	0.358	0.100	0.142	0.358
0.138	0.175	0.043	0.0251	0.583	0.162	0.338	0.138	0.162	0.338
0.140	0.174	0.043	0.0255	0.588	0.163	0.337	0.140	0.163	0.337
0.145	0.170	0.044	0.0264	0.598	0.165	0.335	0.145	0.165	0.335
0.150	0.166	0.045	0.0274	0.608	0.167	0.333	0.150	0.167	0.333
0.160	0.159	0.047	0.0293	0.628	0.170	0.330	0.160	0.170	0.330
0.170	0.153	0.048	0.0312	0.647	0.173	0.327	0.170	0.173	0.327
0.180	0.148	0.050	0.0331	0.666	0.176	0.324	0.180	0.176	0.324
0.190	0.143	0.051	0.0350	0.684	0.179	0.321	0.190	0.179	0.321
0.200	0.138	0.053	0.0369	0.702	0.181	0.319	0.200	0.181	0.319
0.210	0.134	0.054	0.0388	0.720	0.183	0.317	0.210	0.183	0.317
0.220	0.130	0.055	0.0408	0.737	0.185	0.315	0.220	0.185	0.315
0.230	0.126	0.057	0.0427	0.755	0.187	0.313	0.230	0.187	0.313
0.240	0.123	0.058	0.0446	0.771	0.189	0.311	0.240	0.189	0.311
0.250	0.120	0.059	0.0465	0.788	0.190	0.310	0.250	0.190	0.310
0.260	0.117	0.060	0.0484	0.804	0.192	0.308	0.260	0.192	0.308
0.270	0.114	0.061	0.0503	0.820	0.193	0.307	0.270	0.193	0.307
0.300	0.107	0.065	0.0560	0.867	0.197	0.303	0.300	0.197	0.303
0.325	0.101	0.067	0.0608	0.904	0.199	0.301	0.325	0.199	0.301
0.350	0.097	0.070	0.0656	0.941	0.202	0.298	0.350	0.202	0.298
0.400	0.089	0.074	0.0751	1.010	0.205	0.295	0.4	0.205	0.295
0.450	0.083	0.079	0.0847	1.076	0.208	0.292	0.450	0.208	0.292

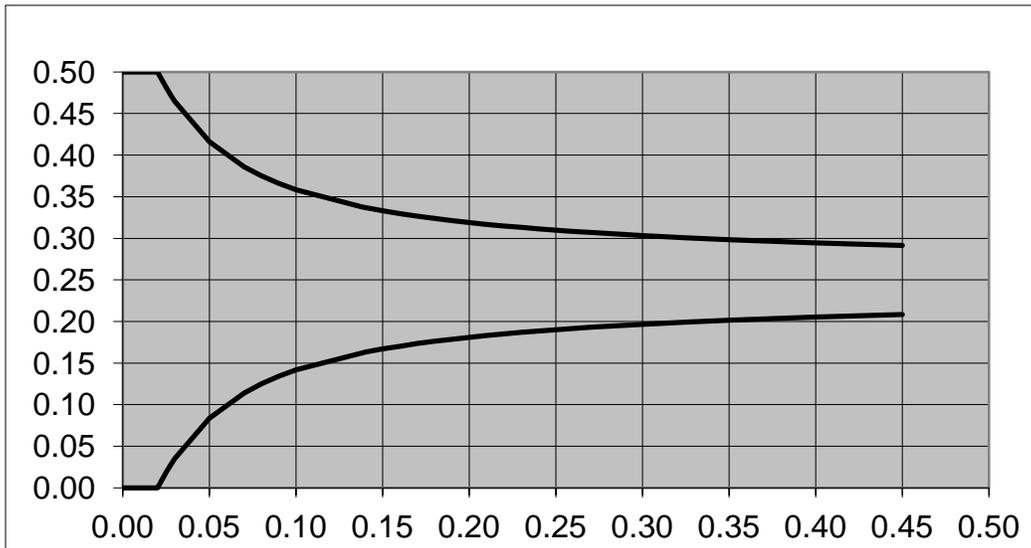
Tabla 5.3 Vertedor sutro

Pedida en la descarga del vertedor para gasto máximo extraordinario.

0.042

Perdida en la descarga del vertedor para gasto normal.

0.017



5.3. UASB

5.3.1 Descripción

Reactor de Lecho de Lodos y Flujo ascendente

Capacidad: 25 lt/s

Bases de Diseño:

Flujo medio	$Q = 25.00 \text{ lt/s}$	$2160 \text{ m}^3/\text{día}$
Carga Hidráulica Superficial	$CHS = 14.00 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$	
Tiempo de Residencia Hidráulica	$TRH_{R\text{Anaerobio}} = 12.00 \text{ hrs}$	
Velocidad ascendente en R Anaerobio	$V_{R\text{Anaerobio}} = 0.46 \text{ m/hr}$	

Datos

Fuente: Manual de Agua Potable

INFLUENTE	(mg/l)	EFLUENTE	(mg/l)
DQO	500	DQO	
DBO	300	DBO	135
SST	220	SST	99
N total	40	N total	40
P total	8	P total	8
G y A	15	G y A	15

5.3.2 Calculo del Reactor Anaerobio

Fuente: Manual de Agua Potable

$$V = TRH * Q$$

$$\text{Volumen} = 1080.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Área} = 196.08 \text{ m}^2$$

$$t.h = 5.51 \text{ m}$$

$$a = 14.00 \text{ m}$$

$$l = 14.00 \text{ m}$$

$$b.l. = 0.50 \text{ m}$$

$$h \text{ total} = 6.01 \text{ m}$$

$$\text{No. de orificios} = 40 \text{ pza.}$$

$$\text{DBO de salida} = 135.00 \text{ mg/l} \quad \text{Diseño}$$

$$\text{SST de salida} = 99.00 \text{ mg/l} \quad \text{Diseño}$$

$$\text{Eficiencia del proceso} = 55.00 \% \quad \text{Diseño}$$

5.3.3 Producción de lodos Anaerobios

Fuente: Manual de Agua Potable

$$P_L = DQO * Q * C_v * h$$

Eficiencia	$h = 0.7$
Coeficiente	$C_v = 0.18 \text{ Kg}_{\text{SST}}/\text{Kg}_{\text{DQO}}$
	$P_L = 136.08 \text{ Kg}_{\text{SST}}/\text{d}$
Densidad de lodos	$r = 15 \text{ Kg}_{\text{SST}}/\text{m}^3$
	$P_L = 9.07 \text{ m}^3/\text{d}$
	$\text{TRH}_{\text{Lodos}} = 32.42 \text{ d}$

5.3.4 Producción de Biogás

Fuente: Manual de Agua Potable

$$P_B = DQO * Q * C_b * h$$

Constante	$C_b = 0.18$
	$P_L = 136.08 \text{ m}^3/\text{hr}$
	$P_B = 264.60 \text{ m}^3/\text{día}$
	Salidas = 98 pzas
Volumen de reactor aerobio	= 98.04 m^3

5.3.5 Distribución de agua en Reactor

Fuente: Manual de Agua Potable

Número de líneas de distribución	$L_D = 2$
Gasto por línea de distribución	$Q_{LD} = 0.0125 \text{ m}^3/\text{s}$
Diámetro de línea de distribución	$D_{LD} = 0.10 \text{ m}$ 4"
Diámetro de línea de distribución Tramo 1	$D_{LD} = 0.10 \text{ m}$ 4"
Diámetro de línea de distribución Tramo 2	$D_{LD} = 0.09 \text{ m}$ 4"

Diámetro de línea de distribución Tramo 3	$D_{LD} = 0.08 \text{ m}$	4"
Diámetro de línea de distribución Tramo 4	$D_{LD} = 0.07 \text{ m}$	3"
Diámetro de línea de distribución Tramo 5	$D_{LD} = 0.06 \text{ m}$	3"
Diámetro de línea de distribución Tramo 6	$D_{LD} = 0.04 \text{ m}$	2"
Número de sublíneas	$N_L = 7$	
Número de orificios por sublínea	$O_L = 7$	
Gasto por sublínea de distribución	$Q_{LD} = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$	
Diámetro de sublínea de distribución	$D_{LD} = 0.04 \text{ m}$	2"
Gasto por orificio	$Q_{LD} = 0.0003 \text{ m}^3/\text{s}$	
Diámetro del orificio	$D_{LD} = 0.015 \text{ m}$	3/4"
Diámetro de sublínea de distribución Tramo 1	$D_{LD} = 0.036 \text{ m}$	1 1/2"
Diámetro de sublínea de distribución Tramo 2	$D_{LD} = 0.033 \text{ m}$	1 1/2"
Diámetro de sublínea de distribución Tramo 3	$D_{LD} = 0.029 \text{ m}$	1 1/4"
Diámetro de sublínea de distribución Tramo 4	$D_{LD} = 0.025 \text{ m}$	1"
Diámetro de sublínea de distribución Tramo 5	$D_{LD} = 0.021 \text{ m}$	1"
Diámetro de sublínea de distribución Tramo 6	$D_{LD} = 0.015 \text{ m}$	3/4"

5.3.6 Distribución de agua en Reactor

Fuente: Manual de Agua Potable

$$T = \frac{(30 * H * S_o)}{[(a * E) - (b * R)]} * \frac{1}{S1} - \frac{1}{S2} + td$$

$$AS = \frac{Qs * 12 * T}{7.48 * H}$$

Profundidad del lecho de secado	H = 16 in	0.4064 m
Porcentaje de sólidos en el influente	So = 4.00 %	
Factor de corrección de evaporación	a = 0.75	
Evaporación del agua	E = 1.18 in/mes	30 mm/mes
Factor de absorción del agua por lodo	b = 0.57	
Precipitación en el mes mas lluvioso	R = 3.54 in/mes	90 mm/mes
Tiempo de duración del drenado	td = 30 d	
Porcentaje de sólidos después de t días	S1 = 80.00 %	
Contenido de sólidos en el efluente	S2 = 20.00 %	
Tiempo de secado para lograr S1%	T = 33.26	
Área de secado	AS = 7992.28 ft ²	742.48 m ²
Ancho de lecho recomendado	A = 14 m	
Largo de lecho recomendado	L = 14 m	(6-20)
Numero de lechos de A * L	#Lechos 3.8	
Área real	AS real = 742.5 m ²	
Flujo mensual de lodos	272.16 m ³ /mes	
Flujo mensual de lodos deshidratados	Q _{LS} = 65.3 m ³ /mes	

5.3.7 Bomba de alimentación de lechos de secado mediante bomba de cavidad progresiva

Fuente: Manual de Agua Potable

$$Potencia = \frac{\gamma * H * Q}{76 * \eta}$$

Peso volumétrico del agua	$\gamma = 1000 \text{ Kg/m}^3$
Carga dinámica total	H = 7 m
Gasto	Q = 0.002 m ³ /seg
Eficiencia de la bomba	$\eta = 0.60$
Potencia de la bomba	Potencia = 0.31 H.P.

5.4. Cárcamo de agua a Biofiltro

Capacidad: 25 lt/s

$Q = 25 \text{ lt/s}$

Dimensiones:

ancho = 1.5 m

largo = 2.0 m

nivel máximo de operación = 2.5 m

capacidad = 7.5 m^3

TRH = 5.00 min

5.4.1 Bomba de alimentación a Biofiltro

Fuente: Manual de Agua Potable

$$Potencia = \frac{\gamma * H * Q}{76 * \eta}$$

Peso volumétrico del agua $\gamma = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Carga dinámica total $H = 8 \text{ m}$

Gasto $Q = 0.025 \text{ m}^3/\text{seg}$

Eficiencia de la bomba $\eta = 0.60$

Potencia de la bomba $Potencia = 4.39 \text{ H.P.}$

5.5. Biofiltro

Capacidad: 25 lt/s

Ecuación de Germain:

Fuente: Metcalf y Eddy

$$\frac{Le}{Lo} = e^{(-K_{20} * DO^{t-20})/q^n}$$

Donde:

L_e = BDO Efluente

L_o = DBO influente

K_{20} = Coeficiente de tratabilidad

D = Altura del filtro

O = Coeficiente de temperatura (1.035 menor 25°C, 1.025 mayor 25°C)

t = Temperatura del agua

q = Tasa de aplicación del agua sin recirculación

n = Coeficiente hidráulico del medio (0.5)

Gasto	$Q = 2160.00 \text{ m}^3/\text{d}$
DBO influente	$L_o = 135.00 \text{ mg/L}$
DBO efluente	$L_e = 75.00 \text{ mg/L}$
Temperatura	$t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Coef. de Temperatura	$O = 1.035$
Tratabilidad	$Tr = 1$
Medio	$K_{c20} = 0.203$
Altura del filtro	$D = 4.00$

Corrección de K_{c20} de un filtro estándar

$$K_{t20} = tr * K_{c20} \left(\frac{6.1}{D}\right)^{0.5} * \left(\frac{150}{L_o}\right)^{0.5}$$

$$K_{t20} = 0.264$$

$$K_t = 0.222$$

$$q = \left(\frac{kt * D}{\ln\left(\frac{L_o}{L_e}\right)}\right)^2$$

$$q = 0.264 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$q = 0.222 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$$

Volumen de medio =	43.62 m ³	1540.50 ft ³
Volumen de reactor =	43.62 m ³	3081.01 ft ³
Area transversal =	10.91 m ²	
Diámetro =	3.73 m	
Tasa de irrigación (sin rec) =	198.07 m ³ /m ² .d	
Tasa de recirculación =	0	
Tasa de irrigación (con rec) =	198.07 m ³ /m ² .d	
Carga =	6.685 kg/m ³ .d	
Carga superficial =	26.739 kg/m ² .d	
kg DBO removida =	129.6 kg/d	Oxigeno req. = 181.44 kg/d
OTE =	0.05	Aire req (teo.) = 9.4 m ³ /min
Densidad del aire =	1.2	Aire req (dist.) = 3.3 m ³ /min
Área requerida para ventilar =	4.08 m ²	
Perímetro del reactor =	11.71 m	
Número de ventilas =	6	
Rendimiento celular del lodo =	0.63	Distribuidor de 2 brazos
Lodo producido =	82 kg/d	SK de diseño = 15 mm/pass
Eficiencia de remoción =	44.4 %	SK descarga = 300 mm/pass
		n diseño = 0.22 min/rev
		n descarga = 4.36 min/rev
Eficiencia del proceso =	70%	
DBO ₅ del efluente =	40.5 mg/L	

5.6. Sedimentador Secundario

Capacidad: 25 lt/s

Área Requerida:

$$\begin{aligned}
 Q &= 90 \text{ m}^3 / \text{hr} \\
 H_{\text{recomendo}} &= 4.2 \text{ m} \\
 \text{Tasa de flujo} &= 1.2 \text{ m/hr} \quad (1.1 - 2.4 \text{ m/hr}) \\
 A_{\text{requerida}} &= 75.00 \text{ m}^2 \\
 \text{No. de clarificadores} &= 2 \text{ pzas} \\
 D \text{ por tanque} &= 4.89 \text{ m} \\
 \text{Bordo libre} &= 0.4 \text{ m} \\
 \text{Altura total} &= 4.6 \text{ m} \\
 \text{Volumen} &= 78.75 \text{ m}^3 \\
 \text{TRH} &= 1.75 \text{ hrs.}
 \end{aligned}$$

5.7. TCC

Fuente: Manual de Agua Potable

$$\begin{aligned}
 Q &= 25 \text{ lt/s} \\
 \text{Dosificación} &= 5 \text{ mg/lt} \\
 \text{TRH} &= 20 \text{ min} \\
 \text{Volumen} &= 30 \text{ m}^3 \\
 \text{Tirante hidráulico} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Bordo libre} &= 0.5 \text{ m} \\
 \text{altura total} &= 1.5 \text{ m} \\
 \text{Área requerida} &= 30 \text{ m}^2 \\
 L &= 12.5 \text{ m} \\
 a \text{ total} &= 2.5 \text{ m} \\
 \text{ancho de canales} &= 2.5 \text{ m} \\
 \text{número de canales} &= 1 \\
 \text{Área real} &= 31.3 \text{ m}^2 \\
 \text{Volumen real} &= 31.3 \text{ m}^3 \\
 \text{TRH real} &= 20.83 \text{ min}
 \end{aligned}$$

Cloro requerido = 10.8 kg/d
Contenedores para almacén de 25 días = 7 (40 lts) pza
no. de mamparas = 6 pza
altura de la mampara = 1.2 m
ancho de mampara = 0.15 m
largo de mampara = 2.3 m

5.8. Tuberías

Fuente: Manual de Agua Potable

$Q = 25.00 \text{ lt/s}$

5.8.1 Tubería de alimentación a Reactor Anaerobio

Velocidad = 1 m/s
Área = 0.025 m²
Diámetro teórico = 0.178 m
Diámetro comercial = 0.203 m 8 pulgadas

5.8.2 Tubería de alimentación a Cárcamo de bombeo

Velocidad = 1.5 m/s
Área = 0.017 m²
Diámetro teórico = 0.146 m
Diámetro comercial = 0.152 m 6 pulgadas

5.8.3 Tubería de alimentación a Biofiltro

Velocidad = 1.5 m/s
Área = 0.017 m²
Diámetro teórico = 0.146 m
Diámetro comercial = 0.1524 m 6 pulgadas

5.8.4 Tubería de recirculación a Biofiltro

$$\text{Velocidad} = 1.5 \text{ m/s}$$

$$\text{Área} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro teórico} = 0.065 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro comercial} = 0.0762 \text{ m} \quad 3 \text{ pulgadas}$$

5.8.5 Tubería de alimentación a Sedimentador secundario

$$\text{Velocidad} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{Área} = 0.025 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro teórico} = 0.1784 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro comercial} = 0.2032 \text{ m} \quad 8 \text{ pulgadas}$$

5.8.6 Tubería de purga de lodos del Sedimentador secundario

$$\text{Velocidad} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{Área} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro teórico} = 0.0505 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro comercial} = 0.0508 \text{ m} \quad 2 \text{ pulgadas}$$

5.8.7 Tubería de alimentación a tanque de contacto de cloro

$$\text{Velocidad} = 1.5 \text{ m/s}$$

$$\text{Área} = 0.017 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro teórico} = 0.146 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro comercial} = 0.152 \text{ m} \quad 6 \text{ pulgadas}$$

5.8.8 Tubería de alimentación de hipoclorito de sodio (al 13%) a tanque de contacto de cloro

Concentración = 5 ppm

Q = 6.646 lt/día

Velocidad = 1.5 m/s

Área = 0.000 m²

Diámetro teórico = 5.E-04 m

Diámetro comercial = 10.29 mm 1/8 pulgadas

5.8.9 Tubería de alimentación a quemador

Velocidad = 2.1 m/s

Área = 0.001 m²

Diámetro teórico = 0.043 m

Diámetro comercial = 0.0508 m 6 pulgadas

CONCLUSIONES

En el desarrollo del proyecto, el tren de tratamiento de la planta nos da como resultado en los cálculos una remoción teórica de DBO de efluente será del 70%.

Los lodos obtenidos serán del tipo C, los cuales podrán tener los siguientes usos y beneficios.

Mejoramientos de suelos:

- Evita la erosión.
- Incrementa la retención de agua.
- Mejora la estructura física del suelo.
- Proporcionan materia orgánica a los suelos.

Uso forestal:

- Favorece el desarrollo de vegetación.
- Favorece el intercambio de aire a las raíces de las plantas.
- Incrementa la capacidad de intercambio de nutrientes planta-suelo.
- El crecimiento de las plantas es más vigoroso y disminuye el daño causado por insectos.

Uso Agrícola:

- Actúan como fertilizantes
- Incrementan el rendimiento de los cultivos y mantienen los nutrimentos en la zona
- Se utiliza un subproducto como insumo en la producción agrícola

Esta obra será de gran beneficio para los habitantes de estas comunidades, ya que mejorará las condiciones sanitarias de la población y permitirá utilizar agua tratada en la agricultura (conservando los nutrientes de las aguas residuales pero eliminando los contaminantes), además de facilitar la tecnificación de los sistemas de riego y la producción de cultivos de mayor valor agregado, ya que la reutilización del agua tratada se tiene como disposición fundamental para el riego en beneficio de la agricultura.

La ausencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la localidad provoca la gran contaminación de los ríos y la aparición de enfermedades en su mayoría gastrointestinales al ser utilizada para labores domésticas y consumo humano que se generan en la localidad, por lo que la construcción de este sistema es vital para que exista una mayor higiene y mejor calidad de vida en la comunidad.

La operación y mantenimiento de la planta resultara poco costosa, ya que no necesita mano de obra especializada para ello.

Durante el desarrollo del proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento de aguas residuales se aplicaron conocimientos de diversas áreas, principalmente de hidráulica y sanitaria así como la administración de proyectos, es una gran satisfacción el poder colaborar en este tipo de proyectos que en este caso particular está enfocado ayudar al desarrollo social, económico y ecológico de cierta población, al igual al desarrollar y aplicar los conocimientos de la Ingeniería Civil.

RECOMENDACIONES

Se debe de verificar que la contratista realice la construcción del proyecto tenga la experiencia y conocimientos necesarios para evitar que el sistema tenga problemas de funcionamiento.

Se debe de dar el tratamiento adecuado a la Planta para su buen funcionamiento en base al manual de operación y mantenimiento.

Bibliografía

- Brown, S. D., “Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales, PROARCA-SIGMA, Guatemala, Guatemala, 2004.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, “Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua”, Organización Mundial de la Salud, Lima, 2002.
- Comisión Nacional del Agua, “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento”, Comisión Nacional del Agua, México, 2003.
- Crites R./Tchobanoglus G., “Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones”, Mc Graw Hill, Colombia, 2000.
- Cubillos, Z., “Dimensionamiento de reactores anaeróbicos de manto de lodos (UASB)”, CEPIS, Lima, 1990.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, “Manual de Tratamiento de Aguas”, Edit. Noriega y Limusa, México, 1991.
- Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, “Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000”, Ministerio de Desarrollo Económico, Bogota, Colombia, 2000.
- EPA, “Process design manual. Land application of sewage sludge and domestic septage”, EPA, 1995.
- EPA, “Onsite wastewater treatment systems manual”, EPA, 2002.
- EPA y USAID, “Guidelines for water reuse”, EPA, 1992.
- Gerard Kiely, “Ingeniería Ambiental, Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, Mc Graw-Hill, 1999.
- Instituto Mexicano del Acero y el Concreto A. C., “Estructuras sanitarias de concreto para el mejoramiento del ambiente”, Instituto Mexicano del Acero y el Concreto A. C., México, 1992.
- Juárez Badillo, Rico Rodríguez, “Mecánica de Suelos, Tomo 1, Fundamentos de la Mecánica de Suelos”, Edit. Limusa, México, 1999.
- Mansur, A., “Tratamiento de desagües domésticos en reactores anaeróbicos de flujo ascendente en manto de lodos”, CEPIS, Lima, 1985.
- Mark J. Hammer, Mark J. Hammer Jr., “Water and Wastewater Technology”, Edit. Prentice Hall, Upper Saddle Rive, New Jersey, 2001.
- Metcalf y Eddy, “Ingeniería de aguas residuales”, Tercera Edición, Mc Graw Hill, 1999.
- Seoáñez Calvo, “Aguas Residuales Urbanas, Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento, Edit. Mundi-Prensa, España, Madrid, 1995.
- Secretaría de Obras y Servicios, “Normas de Construcción de la Administración Pública del Distrito Federal”, Gobierno del Distrito Federal, Distrito Federal, México, 2008.

- Sette R.R., "Tratamiento de Aguas Residuales", Reverte, España-México, 1991.
- Vargas J.L.M." Diseño Funcional de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente para el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas Municipales", Tesis.
- Winter M.A., "Tratamiento Biológico en Aguas de Desecho ", Limusa, México, 1986.
- EPA, "Process design manual. Land application of sewage sludge and domestic septage", EPA, 1995.
- EPA, "Onsite wastewater treatment systems manual", EPA, 2002.
- EPA y USAID, "Guidelines for water reuse", EPA, 1992.
- Cubillos, Z., "Dimensionamiento de reactores anaeróbicos de manto de lodos (UASB)", CEPIS, Lima, 1990.
- Mansur, A., "Tratamiento de desagües domésticos en reactores anaeróbicos de flujo ascedente en manto de lodos", CEPIS, Lima, 1985.
- Metcalf y Eddy, "Ingeniería de aguas residuales", Tercera Edición, Mc Graw Hill, 1999.
- Sanbueza y León, "Manual de arranque, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)", CEPIS, Lima, 1995.
- Universidad del Valle, Corporación Autónoma Regional del Cauca, Universidad Agrícola de Wageningen, "Arranque y operación de sistemas de flujo ascendente con manto de lodo (UASB)", Santiago de Cali, 1987.
- Water and wastewater training division, "Operaciones básicas con las aguas residuales", Texas Engineering Extension Service, Texas A&M University System, 2000.

Glosario

Agua dulce. Agua natural con una baja concentración de sales, generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.

Agua salada. Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).

Agua potable. Es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

Agua salobre. Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1000 - 10 000 mg/l. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.

Agua dura. Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve mal en las aguas duras.

Agua blanda. Agua sin dureza significativa.

Aguas negras. Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.

Aguas grises. Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, fregaderos y lavaderos.

Aguas residuales. Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El agua usada por una casa, una comunidad, una granja o una industria, que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

Aguas residuales municipales. Residuos líquidos originados por una comunidad, formados posiblemente por aguas residuales domésticas o descargas industriales.

Agua bruta. Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo o agua que entra en una planta para su tratamiento.

Aguas muertas. Agua en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.

Agua capilar. Agua que se mantiene en el suelo por encima del nivel freático debido a la capilaridad.

Agua de adhesión. Agua retenida en el suelo por atracción molecular, formando una película en las paredes de la roca o en las partículas del suelo.

Agua de desborde. Agua que se inyecta a través de una fisura en una capa de hielo.

Agua de formación. Agua retenida en los intersticios de una roca sedimentaria en la época en que ésta se formó.

Agua de suelo. Agua que se encuentra en la zona superior del suelo o en la zona de aireación cerca de la superficie, de forma que puede ser cedida a la atmósfera por evapotranspiración.

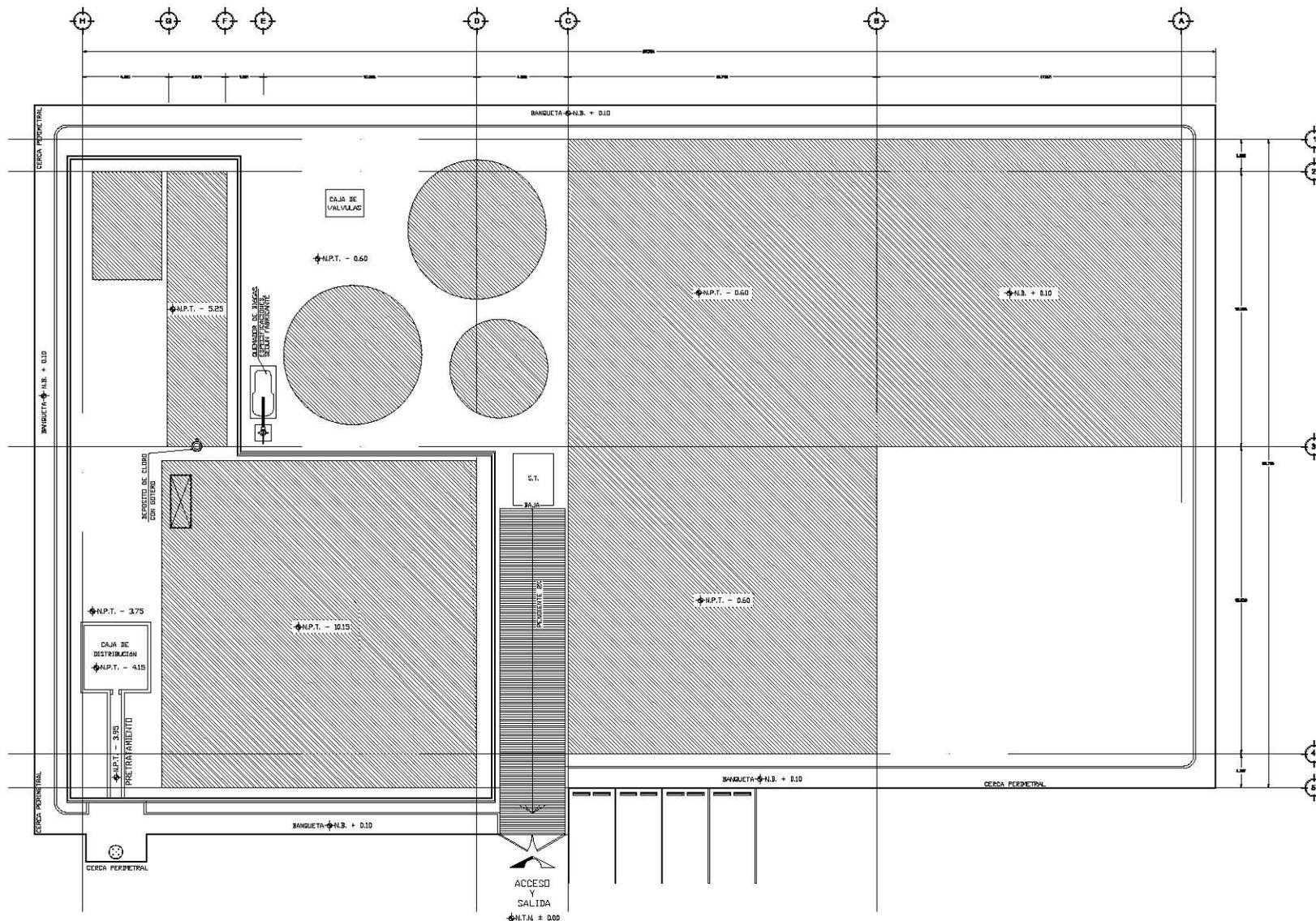
Agua estancada. Agua inmóvil en determinadas zonas de un río, lago, estanque o acuífero.

Agua freática. Agua subterránea que se presenta en la zona de saturación y que tiene una superficie libre.

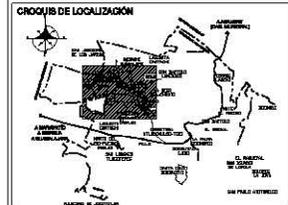
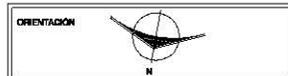
Agua subterránea. Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo, zona formada principalmente por agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

Agua superficial. Toda agua natural abierta a la atmósfera, como la de ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.

ANEXO A



OBRAS EXTERIORES



SIMBOLOGIA

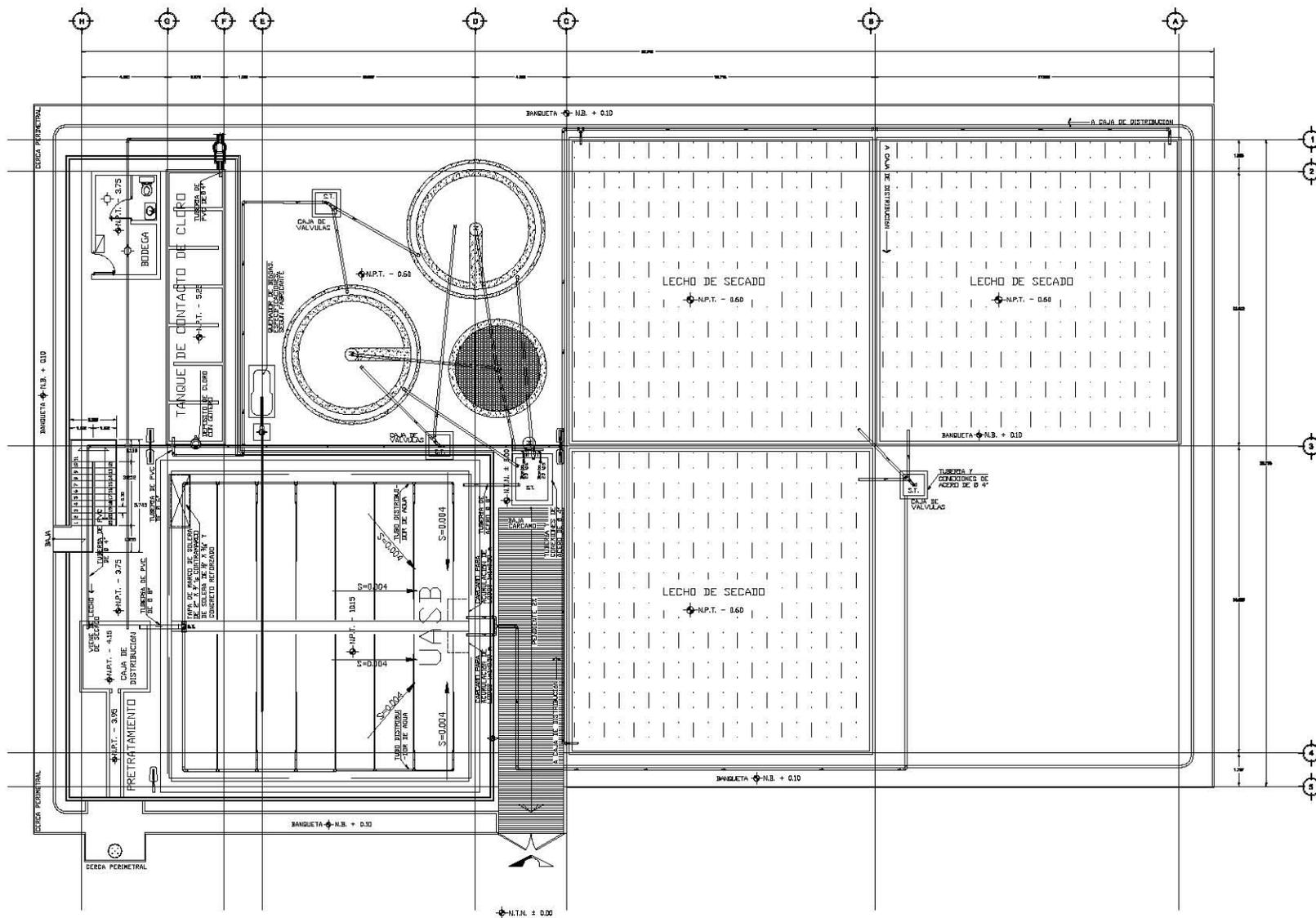
⊕	INDICA NIVEL
N.T.M.	INDICA NIVEL TERRENO NATURAL
N.B.	INDICA NIVEL DE BANQUETA
N.P.T.	INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO

NOTAR

- LAS COTAS SE REPRESENTAN EN METROS A MENOS QUE SE HAYA OTTRA INDICACION
- LOS NIVELES SE INDICAN EN METROS
- LAS COTAS SEEN EN DIBUJO
- VERIFICAR LAS COTAS EN OBRA

MARZO DE 2000	PLANO 3 DE 3
INDICA	ACTIVIDADES
1:500	INDICADA

OBRAS EXTERIORES



TUBERIAS

ORIENTACIÓN

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

LEGENDA

◆	INDICA NIVEL
N.Z.M.	INDICA NIVEL TERRENO NATURAL
N.B.	INDICA NIVEL DE BANQUETA
N.P.T.	INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO

LEGENDA HIDRAULICA

	F.V.C. CODO 80 X 80
	CODO DE FERRO 80 X 80
	CODO DE FERRO 45 X 45
	VALVULA DE FERRO
	TIE DE FERRO DE 4"
	CHICK DE FERRO DE 4"
	VEE DOBLE DE FERRO DE 4"
	INDICA TUBERIA DE FERRO 6 F.V.C.
⊙	B.T. ALTA TUBERIA
⊙	B.T. BAJA TUBERIA

NOTAS

- LAS COTAS SE PRETENDIENTAN EN METROS A MENOS QUE SE HAYA OTRA INDICACION
- LOS NIVELES SE INDICAN EN METROS
- LAS COTAS SIEMPRE EN DENLLO
- VERIFICAR LAS COTAS EN OBRA

MADE DE BEN	PLANO 1 DE 3
ESCALA: 1:100	INDICADA

TUBERIAS