



**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO PARA LA REHABILITACIÓN INTEGRAL DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN
LA POBLACIÓN DE ÁPORO, MICHOACÁN**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

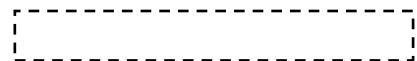
PRESENTA:

P.I.C. MARCOS ALEJANDRO SANDOVAL BARAJAS

ASESOR:

M. C. ROBERTO GARCÍA ACEVEDO

*Morelia, Michoacán.
Octubre de 2012.*





AGRADECIMIENTOS

*Agradezco sinceramente a la **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO** y en particular a la **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**.*

A los profesores que compartieron sus conocimientos durante mis estudios de licenciatura, gracias por todo su apoyo.

*Al Ingeniero **Roberto García Acevedo** por darme la oportunidad de ser mi asesor y aceptar dirigir acertadamente este trabajo de tesis.*

*Al Ingeniero **Ricardo Ruíz Chávez** por su valiosa participación y revisión de este trabajo.*

*Al Ingeniero **Amir Ramiro Guzmán Chávez** por su importante apoyo y conocimiento durante los estudios realizados en la materia de Plantas de Tratamiento.*

*A mis grandes y mejores amigos **Carmen Espinoza Rodríguez, Ana Rivera Vaca y Edgar Rivera González**, quienes desde el comienzo de este viaje me dieron su gran apoyo moral.*

A mis Compañeros y amigos de la facultad y en especial a los que conformamos la Sección 05, por su apoyo en todas esas veladas de estudio ameno que compartimos en muchas ocasiones y por su gran apoyo moral en todo momento.



DEDICATORIA

A mis padres, Maribel Barajas Moreno y David Sandoval Reyes por ser mi mayor motor para seguir caminando y haber logrado esta gran meta tan anhelada por los tres. Gracias por su persistencia, sacrificio, por su cariño apoyo y confianza

Con mucho cariño y agradecimiento a mis hermanos, Moníca, Mario, Mara y Mauricio Para que siempre tengan en cuenta que todo lo que nos propongamos en la vida lo podemos lograr si trabajamos fuerte y continuamente. LOS QUIERO MUCHO.

A mi novia y amor de mi vida, Yuriana Valencia Landa, por ser parte muy importante en la culminación de mis estudios, que durante casi toda mi carrera me vio avanzar, crecer y esforzarme por lograrlo, siendo mi motivación de superación por todo lo que representas para mí, haciendo más fácil mi camino. TE AMO.

A mi sobrinita, Jennyfer García Sandoval, a quien quiero mucho.

GRACIAS



INDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
1 ESTUDIOS PRELIMINARES	3
1.1 Antecedentes de la población	4
1.2 Memoria técnica	8
1.3 Levantamiento topográfico	17
1.4 Aforos hidráulicos y toma de muestras para determinar la calidad del agua	19
2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL	22
2.1 Sistema de interconexión del emisor a la planta de tratamiento. ..	22
2.2 Pretratamiento	22
2.3 Tratamiento primario	24
2.3.1 Características del reactor anaerobio	24
2.3.2 Antecedentes históricos del reactor anaerobio RALLFA	25
2.3.2.1 Proceso de granulación.....	26
2.4 Tratamiento secundario	26
2.4.1 Características del lirio acuático	27
2.4.2 Tratamiento secundario de refuerzo	29
2.3.2.1 Características del tule (Typha).....	29
2.5 Conclusiones del diagnóstico	31
3 REINGENIERÍA DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	32



3.1 Memoria técnica	32
3.2 Diseño conceptual del sistema	37
3.3 Arreglos generales y de conjunto para la operación adecuada de la planta de tratamiento.....	39
3.4 Propuesta de ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Áporo, Michoacán.....	40
4 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	110
ANEXO I	111
ANEXO II	114
ANEXO III	120



INTRODUCCIÓN

En el funcionamiento normal de un sistema de agua potable y alcantarillado, es de suma importancia el tratamiento de las aguas residuales que genera la población servida con el agua potable, la que posteriormente es conducida a una disposición en un sitio donde se vierte las aguas residuales. En la década de los años 60's el de tratamiento de aguas residuales municipales pasó a ser un tema estructural de suma importancia dado que se estaba llevando a cabo un proceso de deterioro de los cuerpos receptores. En el caso de arroyos, ríos, lagos e incluso mares, el deterioro es notable por lo que en la actualidad todas las instancias tanto federales, estatales y municipales han enfocado sus esfuerzos en revertir los deterioros causados al medio ambiente producto de las actividades humanas, las cuales repercuten directamente en la salud pública por las condiciones en las que se realizan el manejo de los desechos tanto sólidos y líquidos.

Es por lo anterior que el Gobierno Municipal, así como el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la población de Áporo, Michoacán, conscientes de la necesidad de sanear sus aguas residuales han tomado la firme decisión de rehabilitar la planta de tratamiento de aguas residuales con que cuenta, con la finalidad de disminuir sustancialmente la contaminación de ríos producto de las descargas de aguas negras. De lo anterior, se estableció el vínculo con la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana, siendo esta una Institución interesada en la vinculación tecnológica con el servicio y apoyo al desarrollo de los diversos núcleos poblacionales. Para tal efecto se encomendó la tarea de llevar a cabo el proyecto de Rehabilitación de la Planta de Tratamiento existente, haciendo uso de las instalaciones existentes para maximizar su eficiencia y garantizar su correcta operación.

Es indispensable, para la correcta operación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, mantener una adecuada operación así como establecer un plan de mantenimiento rutinario de las estructuras que conforman el sistema de tratamiento para garantizar el tratamiento de las aguas residuales, por lo que es de suma importancia no considerar la planta de tratamiento como un dispositivo inerte libre de mantenimiento y vigilancia de la correcta operación, por lo que es fundamental la inspección, vigilancia y el entendimiento de la operación de las diversas estructuras que conforman el sistema de tratamiento, por lo que en este proyecto se abordará los procedimientos mínimos necesarios para su adecuada operación, utilizando un lenguaje simple y entendible para diversos niveles de conocimiento.

La propuesta del presente proyecto, es precisamente, resolver el problema del tratamiento de las aguas residuales de la población de Áporo, Michoacán, proporcionando los elementos necesarios para garantizar la correcta operación de la planta de tratamiento existente, la cual sea un sistema sencillo en su operación, que sirva de apoyo para las operaciones de tratamiento, cuyas acciones redunden en un mejor entornos de salud pública y medioambiental.



OBJETIVO

Realizar la propuesta de rehabilitación integral de la planta de tratamiento existente en la población de Áporo, Michoacán, en la que se deberá realizar una revisión de la infraestructura actual, proponiendo las actividades necesarias para garantizar su correcta operación con los elementos y diseño correspondiente.



1 ESTUDIOS PRELIMINARES

Como parte inicial de este proyecto, se realizó una inspección general a las instalaciones actuales de la planta de tratamiento de aguas residuales. En esta visita de reconocimiento se realizó una inspección física, apoyada de una memoria fotográfica del estado en el que se encuentra la planta. De igual manera, se realizó un inventario de la información existente de la planta de tratamiento en relación al proyecto de construcción de la planta de tratamiento así como su concepción misma de la ingeniería básica así como los planos constructivos del tratamiento, diagramas, tuberías, presupuesto, etcétera, lo anterior con la finalidad de tener una visión general de la cantidad de información con que se cuenta del estado actual del sistema.

De igual manera, se llevó a cabo el levantamiento topográfico del terreno donde se ubicó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), así como el emisor y pozos de visita próximos a la planta, con la finalidad de tener una referencia precisa de la ubicación y la configuración topográfica de la zona de construcción de la planta.

Como parte de los estudios preliminares también se realizaron los aforos hidráulicos necesarios para determinar las características hidráulicas de la descarga de aguas negras, de igual manera como parte de esta actividad se realizó un muestreo de las aguas residuales para conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua tanto al entrar a la planta como a la salida del tratamiento, con la finalidad de determinar las eficiencias de remoción de los contaminantes.



1.1 Antecedentes de la población

Breve reseña histórica: Algunos autores afirman que Áporo, palabra de origen Chichimeca, viene de hapu o hapur, que quiere decir "lugar de cenizas" o "lugar cenizo".

El pueblo de Áporo es de origen prehispánico y hasta antes de ser conquistado por las fuerzas del estado Tarasco estuvo habitado por gente de la raza y lengua otomiana. A raíz de la conquista española, los antiguos dominios del Cazonci fueron repartidos inicialmente en calidad de encomienda. Al factor real González de Salazar le correspondió la de Taximaroa dentro de la cual quedó comprendido el pueblo de Áporo. En el año de 1540, el 26 de junio, por Cédula Real, el Rey Carlos V funda el pueblo de San Lucas Áporo. Esta gratificación le fue dada a naturales de Tlaxcala por haber ayudado en la conquista y fueron los frailes Francisco Motolinía y Lino Montes y Zuiza, los fundadores del pueblo. En el año de 1831, el 10 de diciembre, aparece como Tenencia de Irimbo y fue elevado a la categoría de Municipio. En 1924, el 3 de abril según Decreto No. 73, Áporo es tenencia de Senguio, se suprime el municipio. En el año de 1927, el 17 de enero, se le asigna nuevamente la categoría de Municipio con cabecera en Áporo.

Personajes Ilustres: 1921. Celestino Vázquez; Primer Presidente Municipal y empresario maderero. 1930-1966. Eleuterio Raya Zavala; Presbítero.

El municipio de Áporo se encuentra localizado en el estado de Michoacán de Ocampo en las coordenadas 19°40' de latitud norte y en los 100°25' de longitud oeste, a una altura de 2,280 metros sobre el nivel del mar. Sus Limitantes Territoriales son: al norte con el municipio de Senguio, al este con Angangueo, al sur con Ocampo y Tuxpan y al oeste con Irimbo (figura 1). Su distancia a la capital del Estado (Morelia) es de 120 km. cuenta con una superficie es de 55.22 km² y representa un 0.09 por ciento de la superficie total del Estado de Michoacán.



Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Áporo, Michoacán.



La conformación de la Orografía del municipio está constituida por los relieves de la sierra de Angangueo, los cerros de Don Félix, Chino, Colorado, Prieto y Seco; un poco más alejado se encuentran los Azufres y el Jaripeo todos estos pertenecientes al sistema volcánico transversal que nace en las inmediaciones del valle de México y Toluca.

El clima que cuenta el municipio es un clima frío con temperaturas que se encuentran entre los 7.8 y 23.4° centígrados; la temporada de lluvias se presenta en verano, con una precipitación pluvial media anual de 1,068.8 milímetros.

Su hidrografía pertenece a la depresión del Balsas; la hidrografía está constituida principalmente por los ríos el Zarco y Grande, y manantiales de agua fría como el San Luis y el Ojo de Agua de Martinillos. El arroyo río Áporo o arroyo de Angangueo es la corriente pluvial más importante del municipio, el cual tiene unas dimensiones aproximadas de 12 metros con un gasto promedio anual de 25 lts/seg; de acuerdo con el recorrido por la cabecera del municipio el río Áporo se une a una corriente secundaria conocida como río el Zarco.

Los ecosistemas presentes en el municipio representan los recursos naturales más explotados del lugar, tales como la vegetación donde se presenta un bosque de coníferas (oyamel, pino y junípero, mixto con: encino, pino y cedro), siendo el pino el recurso forestal maderable del municipio. Su fauna se encuentra principalmente conformada por cacomixtle, conejo, comadreja, ardilla, coyote y aves como la tórtola y el pato.

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, terciario, cuaternario y plioceno, corresponden principalmente a los tipos podzólico. Su uso primordialmente forestal y en menos proporción agrícola y ganadero.

Dentro de la evolución demográfica el municipio de Áporo registro en el censo realizado en el año 2000 la población 1,790 habitantes y en el conteo realizado en el año 2005 se tenía una población 1,859 habitantes (INEGI); siendo el número de mujeres relativamente mayor al de hombres.



Tabla 1 y 2. Reporte del INEGI en relación a la localidad de Áporo, Michoacán.

Entidad: MICHOACAN DE OCAMPO
Municipio: Áporo
Clave Geoestadística: 160070001
Latitud: 19°40'11"
Longitud: 100°24'35"
Altitud: 2280
Carta Topográfica: E14A25
Tipo: Urbana



Nombre de Localidad	Nombre del Municipio	Categoría	Origen de Modificación
Áporo	Irimbo	Pueblo	Censo de 1900.
Áporo	Irimbo	Pueblo	Censo de 1910.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1921. Viene del municipio Irimbo 041.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1930.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1940.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1950.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1960.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1970.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1980.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 1990.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Conteo de 1995.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Censo de 2000.
Áporo (Cab.)	Áporo	Pueblo	Conteo de 2005.

Evento Censal	Fuente	Total de Habitantes	Hombres	Mujeres
1900	Censo	1215	592	623
1910	Censo	1240	594	646
1921	Censo	1842	881	961
1930	Censo	1522	688	834
1940	Censo	1460	683	777
1950	Censo	1114	538	576
1960	Censo	1039	472	567
1970	Censo	893	000	000
1980	Censo	1155	545	610
1990	Censo	1544	740	804
1995	Conteo	1746	851	895
2000	Censo	1790	857	933
2005	Conteo	1859	897	962

El municipio cuenta con servicios Educativos (infraestructura preescolar, primaria y una telesecundaria), Salud (centro de salud rural IMSS), Abasto (mercado, tianguis, tiendas de abarrotes y un rastro), Deporte (Campo deportivo, campo de fútbol, beisbol y canchas de basquetbol), Vivienda (construcciones de adobe y techumbre de teja, y construcciones de tabique rojo con losa de concreto y techumbres de lamina de cartón y asbesto) y Servicios Públicos (Agua potable, Drenaje, Electrificación, Pavimentación, Alumbrado Público, Recolección de Basura, Rastro, Panteón, Cloración del Agua, Seguridad Pública).

Los medios de comunicación en el municipio son radio, televisión, telefonía fija y móvil, correo, fax, acceso a Internet y servicio Suburbano y Foráneo de 2° da. Clase.

Dentro de la actividad económica se tienen dos importantes en el municipio: la silvicultura, el pino es el más explotado principalmente y en segundo lugar la



agricultura, cultivándose frijol, maíz y trigo. La ganadería está representada por la cría de ganado bovino, caballar, porcino, ovino y aves. La actividad industrial del municipio es la industria maderera, en la fabricación de muebles. El turismo es el menos aprovechado, pero el municipio cuenta con cabañas, zona de reserva ecológica de la mariposa Monarca y lugares como La Peña Redonda, importante por vestigios arqueológicos, La Presa del Ejido, bella por sus paisajes boscosos y el Templo de San Lucas Evangelista

La actividad cultural en el municipio es la creación de artesanías que consiste en labrar varas y bastones de madera a los que cobrean y son vendidos en varias partes del país; en la gastronomía se tienen los platillos tradicionales que son las corundas de ceniza, mole, barbacoa de hoyo y guanches (larvas de madroño).



Figura 2. Fotocomposición de actividades socioeconómicas predominantes en la población de Áporo, Michoacán.



1.2 Memoria técnica

El sistema de tratamiento se ubica en la porción suroeste de la población en la intersección y cuya descarga es en el río Áporo. La planta está constituida por un pretratamiento, un tratamiento primario y un secundario, a grandes rasgos se trata de sistemas muy sencillos con eficiencias de remoción reducidas.

La planta de tratamiento fue construida entre los años 2005 y 2006, en el terreno denominado “La tenería”, y en la que los propietarios en su momento donaron una superficie de 625 m², equivalente a 25m de longitud por lado, según consta en el título celebrado entre los propietarios del terreno y el presidente municipal en turno.

La planta de tratamiento en cuestión fue proyectada y construida por la Asociación “Desarrollo Integral con Tecnología Adecuada Casa Xochicalli A.C.”, con domicilio en San Vicente Chimalhuacán, Ozumba, Edo. de México. Tuvo un costo total de \$3'233,108.27, se terminó de construir a medios del año 2006. El gasto de diseño de la planta es de 7 lps para una población de 4,032 habitantes, (ver anexo I pág. 112-114). Cabe señalar que es muy escasa la información dado que carece de planos constructivos, memoria de cálculo, evaluación de propuestas, ingeniería básica, balance de masa, diagrama de proceso detallado de todo el sistema instalado, planos y memoria estructural del complejo, etc. toda la información proporcionada es la que se encuentra en el anexo citado y que además fue proporcionada por el director del Organismo Operador del Agua Potable y Saneamiento de Áporo.



Figura 3. Vista aérea de la planta de tratamiento

Esta obra se ejecutó bajo la modalidad de “llave en mano”, el cual consiste en que la empresa que proyecta es responsable de la ejecución y puesta en marcha de la planta de tratamiento. Para este caso en específico la última actividad no se logró, debido a que se realizó la construcción de la planta sin tener completamente construido el emisor al sitio de tratamiento de aguas residuales, situación por la que la planta no se operó hasta un año y medio posterior a la terminación de la obra. Este retraso en la puesta en marcha, trajo consigo un deterioro en la infraestructura existente, en la que



en algunos casos llevó hasta la inestabilidad de una de sus estructuras de pretratamiento.



Figura 4. Fotografía del estado actual del pretratamiento. Nótese el grado de inestabilidad de la estructura la cual presenta un deslizamiento sumamente considerable, apreciable en el espejo de agua.

Uno de los aspectos importantes es el influente de aguas residuales crudas, el cual se refiere propiamente al ingreso de las aguas negras a la planta de tratamiento, para lo cual se debe garantizar una situación sumamente controlada con los requisitos de funcionamiento hidráulico más adecuados para el sistema. Para tal caso y como consecuencia de su puesta en marcha tardía, la empresa que construyó la planta dejó instalada la tubería de entrada por medio de un tubo de PVC sanitario de 10" de diámetro, en el cual se le interconectó a un pozo de visita que interconecta dos colectores provenientes de las descargas de aguas residuales de la población de Áporo. El inconveniente en este procedimiento es que ambas tuberías de llegada son de 30" de diámetro es decir 76 cm de diámetro de cada tubería, en la figura 5 se muestra el detalle aquí comentado. Esta reducción brusca de diámetro trae consigo obstrucción hidráulica del sistema, situación que redundo en la operación deficiente del sistema. En la imagen se puede observar como esa reducción de diámetro, ha traído como consecuencia el rebosadero de las aguas residuales por la parte superior del pozo de visita y su consiguiente mala operación.



Figura 5. Detalle de la llegada de aguas residuales al pretratamiento, 2 colectores de 76 cm interconectados a pozo de visita, con descarga insuficiente a pretratamiento con tubería de 25 cm.

Una de las estructuras fundamentales dentro del proceso de tratamiento es el reactor biológico dado que es en este en donde ocurre la conversión y la descomposición de la materia orgánica en compuestos más simples. En esta planta de tratamiento se logró identificar el sistema de tratamiento como un sistema de Reactor Anaerobio de Lecho de Lodos y Flujo Ascendente conocido por sus iniciales como “RALLFA”, según bibliografía inglesa corresponde al sistema UASB (del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

Los reactores RALLFA o UASB son un tipo de biorreactor tubular que operan en régimen continuo y en flujo ascendente, es decir, el influente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos, y que son los responsables de la degradación de la materia orgánica en compuestos orgánicos más sencillos y de fácil depósito.

Para el caso de la planta de tratamiento de Áporo, a la salida del pretratamiento se interconecta con dos tubos de 25 cm de diámetro (10”), que es la manera en la que se ingresa las aguas residuales pretratadas al reactor biológico. En la figura 6 se muestra el detalle de la interconexión de pretratamiento al reactor biológico.



Figura 6. Tuberías de salida del pretratamiento al reactor biológico

El reactor biológico tipo RALLFA está conformado por una estructura circular de 12.50 metros de diámetro exterior y una profundidad de 5.5 metros al interior del reactor, es por lo anterior una de las condicionantes de que la planta de tratamiento cuente con un cercado perimetral, debido a la gran profundidad del reactor y en la que puede llegar a ocurrir algún accidente de intrusión de personas ajenas al sistema que caigan al interior del reactor con alguna consecuencia fatal.

Sobre la losa del reactor RALLFA se encuentra una zona de ventilación de gas metano al exterior, estas ventilas están construidas en fibra de vidrio, cuentan con tuberías de desalojo de metano para su respiración, además ahí mismo se ubica la zona de mamparas de oxidación en las que se tiene vegetación acuática del tipo “lirio”, esta vegetación es adecuada para favorecer procesos de remoción de nutrientes en forma de nitrógeno y fósforo. En las figura 7 y 8 se puede observar el detalle del reactor biológico así como el sistema de ventilación y el arreglo de mamparas sobre la losa del reactor. El reactor propiamente no es posible observar dado que este se encuentra totalmente inmerso en el terreno natural, en el cual se escavó para desplantar la estructura.



Figuras 7 y 8. Detalle del reactor biológico tipo RALLFA, así como su sistema de ventilación en la losa superior y mamparas de oxidación.



Figura 9. Vista al interior del reactor biológico en una de sus ventilas, donde se observa saturación de sólidos gruesos por ineficiencia en el pretratamiento

Las mamparas de oxidación se conforma por cuatro módulos cada módulo tiene una longitud de 25 metros aproximadamente, con profundidad de 25 cm, estas mamparas funciona como un humedal de flujo horizontal con vegetación en la superficie libre del agua y contacto directo de las rizomas o raíces de la vegetación con el agua a tratar.

Posterior a las mamparas de oxidación el sistema vierte a un sistema de filtros biológicos, conformado por vegetación acuática y sistema de soporte a base de material pétreo, este sistema es conocido como “humedal de flujo horizontal”, al interior de este humedal se tiene vegetación del tipo “tular” con soporte de rocas de tamaño medio de 15 cm de diámetro.

Este humedal se compone por una serie de mamparas que maximizan el área de contacto e incrementa los tiempos de retención hidráulicos, por lo que se convierte en un sistema con mayor eficiencia.

El inconveniente de este sistema de humedales, es que actualmente se encuentra azolvado, producto del desbordamiento y obturación del influente, lo cual ha acarreado bastantes sedimentos que han saturado el sistema de filtros lo cual se traduce en una obstrucción total del humedal. En la figura 9 se puede observar el detalle de los humedales señalados. Al igual que las mamparas de oxidación se tienen 4 módulos de humedales uno por cada mampara de oxidación, la longitud de cada módulo de los humedales es de 64 metros aproximadamente, con profundidad de 1.5 metros y ancho de 1.0 metros.



Figura 10. Vertido del agua a tratar al sistema de humedales de tule



Figura 11. Vista del humedal, compuesto por vegetación tipo “tular”



Figuras 12 y 13. Humedal de “tule” totalmente azolvado o saturado de arcilla y limo.



La saturación del humedal por parte de arcillas y limos obedece principalmente al desbordamiento de las aguas residuales en el pretratamiento así como en el pozo de visita a la entrada a la planta, situación que ha deteriorado el funcionamiento de este dispositivo de tratamiento.



Figuras 14 y 15. Desbordamiento de aguas residuales sobre el sistema de humedales

Posterior al sistema de humedales se tiene la conducción por un canal perimetral de aguas tratadas hasta el efluente, que es la descarga final al río Áporo, este vertido se realiza de manera directa sin ninguna desinfección que disminuya los agentes patógenos en la descarga.



Figura 16. Efluente de aguas residuales tratadas de la planta de tratamiento de Áporo.



Figuras 17 y 18. Contaminación evidente del río Áporo, debido a la descarga de aguas residuales sin tratar.

De la visita técnica y la inspección realizada, se realizó el diagrama de flujo del proceso de tratamiento para poder lograr un mayor entendimiento del proceso actual al que se somete el agua residual.

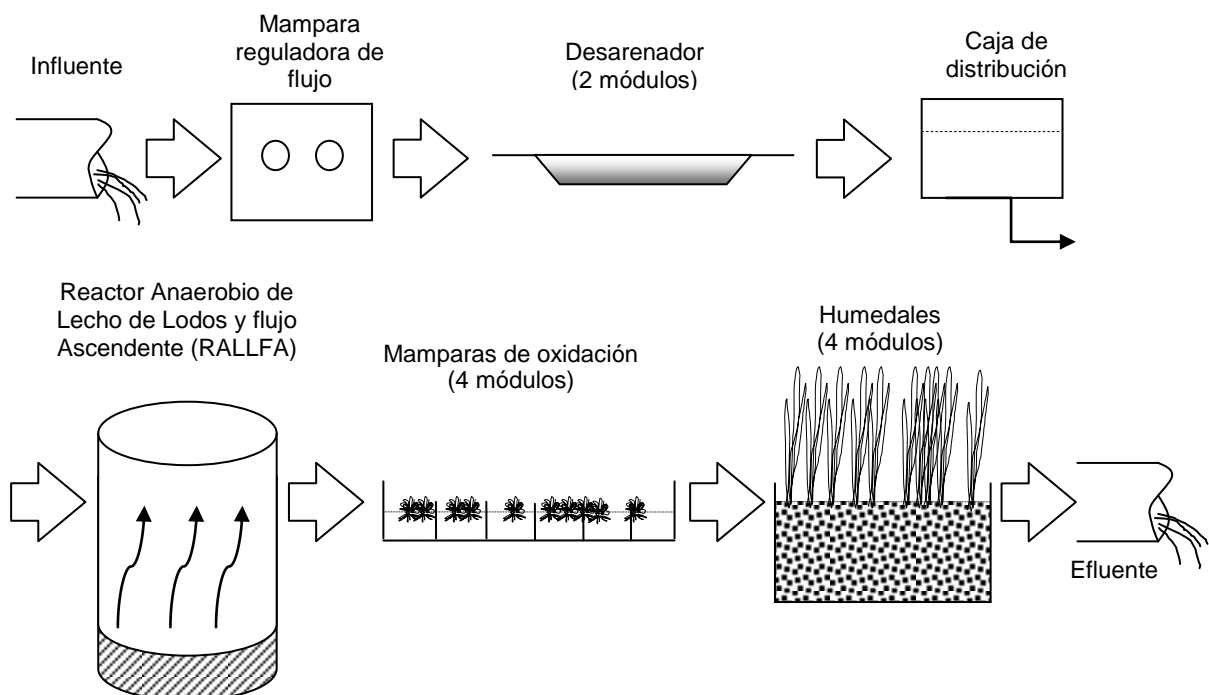


Figura 19. Diagrama de flujo del estado actual de la planta de tratamiento



Durante la inspección realizada, se recabo la información existente referente a la planta de tratamiento en cuanto a planos constructivos, sistemas de interconexión, red de colectores, etc., lo anterior, con la finalidad de identificar los diferentes sistemas de interconexión entre dispositivos hidráulicos, así como los arreglos hidráulicos del sistema. Al respecto el ayuntamiento carece de información referente al sistema de alcantarillado en la parte de colectores finales y emisor, así como de la propia planta.



1.3 Levantamiento topográfico

Debido a la carencia de información, se llevó a cabo un levantamiento topográfico de detalle, con la finalidad de conocer la geomorfología del terreno, así como la ubicación precisa de los diversos dispositivos hidráulicos tanto de conducción como de tratamiento de las aguas residuales.

En esta etapa se realizaron los trabajos de levantamiento topográfico del terreno donde se ubicó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R.), así como el emisor y los pozos de visita próximos a la entrada de aguas residuales a la planta.

La topografía de la zona en donde se ubica la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales presenta un pendiente suave, se presenta una pendiente del 6% en la llega del Colector oriente (1) y una pendiente del 2 al 4% en la zona donde se encuentra instalada la Planta de Tratamiento.

Para la realización del trabajo topográfico se empleó una Estación Total marca "SOKKIA" modelo 620k la cual cuenta con registro electrónico de posicionamientos, apoyado con un prismático de alta reflectividad, el cual es empleado como objetivo para que la estación total realice la medición de distancias, desniveles y así determinar electrónicamente las coordenadas en los ejes "X", "Y" y "Z".

Para el trazo y posicionamiento del levantamiento topográfico se empleó una poligonal abierta, con radiaciones a los puntos de interés; para el inicio del levantamiento se tomó como Banco de Nivel las coordenadas 19.60° latitud norte, 100.46°, latitud oeste y una elevación en Z de 2277 msnm, que es la elevación sobre nivel del mar, este sitio se ubicó en la entrada del Municipio de Áporo sobre el puente que cruza el arrollo a la entrada de la población por la carretera Irimbo-Áporo, estos datos fueron geoposicionados con ayuda de un sistema de geoposicionamiento satelital (GPS).

El levantamiento se inició tomando puntos de referencia de la carretera y el puente, se continuó con la nivelación de terreno tomando puntos en los linderos del predio y en la margen del arrollo cercano, se tomaron niveles de los pozos de visita que se encuentran sobre el colector oriente (1), continuando se realizó el cambio de estación, previamente antes nivelado el punto de cambio; la estación "EST 02" cuenta con las siguientes coordenadas $X = 98.996$, $Y = -94.393$ y $Z = 2269.496$; este punto se designó como estación por su característica de visualizar todo el predio donde se ubica la Planta de Tratamiento y los puntos de interés para la ubicación.

Para la comprobación del cambio de estación y ligarlo a los puntos antes tomados se realizó un "BACKSIDE" que es una mirada atrás para la inspección de los datos tomados anteriormente; se continuó con la nivelación de los pozos de visita ubicados en el colector Sur (2), tomando lecturas sobre el lomo del tubo de los colectores.

Los niveles de terreno se tomaron desde el punto más alejado y visible del colector continuando hacia la unión de los colectores 1 y 2.

Se tomaron puntos de nivel en las márgenes del arrollo y el río Áporo, para tener una buena configuración de estos arroyos pluviales se tomaron algunos puntos al centro del arrollo y río respectivamente.

Se realizó la determinación de niveles de las estructuras de la planta de tratamiento así como los niveles del terreno que puede ser usado para la rehabilitación o



construcción de sistemas necesarios para lograr una mayor eficiencia en los procesos de tratamiento.

El levantamiento se realizó hasta los linderos del predio y la margen del río Áporo.

Para la descarga de la información se empleó el software "SOKIA LINK", los datos fueron posicionados de acuerdo a la posición del GPS y dando prioridad al Banco de Nivel, los puntos son de importancia para la creación de las curvas de nivel, las cuales fueron creadas con ayuda del software "Auto CAD 2005 Y Civil CAD 2005" generando curvas a cada metro de distancia, se eligió esta separación por el tamaño del predio y calidad del mismo. Posterior a su generación de estas curvas se realizó una revisión analítica de la traza y la configuración para verificar que dichas curvas tengan un comportamiento acorde a las características físicas del terreno.

Dentro del predio en donde se encuentra ubicada la Planta de Tratamiento, se realizó la revisión de estructuras existente, se levantó los colector 1 y 2, la entrada al pretratamiento, el canal desarenador y el conjunto de la planta de tratamiento.

Otro aspecto topográfico importante es el caso de las corrientes tanto pluvial como perenne que pasa por el lugar (arrollo y río Áporo), así como la acumulación del material producto de la excavación originada en la construcción de la planta de tratamiento, estos datos resultan importantes para la rehabilitación y/o ampliación de la planta de tratamiento, así como sus posibles problemas por azolvamiento.



Figura 20. Fotografía del momento en que se realizó el levantamiento topográfico general



1.4 Aforos hidráulicos y toma de muestras para determinar la calidad del agua

Una de las partes fundamentales en el diseño de un sistema de tratamiento es el aforo físico del agua residual, el cual dará una certeza de la cantidad de agua residual vertida por unidad de tiempo, de igual manera la calidad del agua se traduce en el grado de dificultad para su tratamiento y complejidad del sistema propuesto.

Para el presente trabajo se realizó una campaña de aforos y muestreos consistentes en tres periodos, correspondientes al mes de enero, febrero y marzo, con la finalidad de estimar tanto el volumen de la descarga de aguas residuales, así como el grado de contaminación que esta descarga lleva.

Los aforos hidráulicos se realizaron a la salida del último pozo de visita, se realizaron mediciones por medio de volumetría, así como con el apoyo de instrumentos electromagnéticos.

El aforo volumétrico se desarrollo con un recipiente aforado, colocando el recipiente en la descarga y determinando el volumen por unidad de tiempo. En la figura 21 se muestra el detalle del aforo volumétrico de la descarga.



Figura 21. Momento en el que se realizó uno de los aforos volumétricos.

Para el caso del aforo con medidor electromagnético, se buscó una sección regular con forma geométrica definida, para poder determinar el área perpendicular en la sección de aforo, esto se logró inmediatamente después de la caída del último pozo de visita, por lo que en ese sitio se observó las condiciones más adecuadas para su aforo y corroborar los resultados con el aforo volumétrico. En la figura 22 se observa el detalle del aforo electromagnético. Este aforo se realizó con un medidor marca “Marsh-McBirney”, modelo Flo-mate 2000, propiedad de la Universidad Michoacana.



Figura 22. Momento en el que se realizó uno de los aforos con medidor electromagnético.

Los resultados de los aforos corresponden a las fechas de visita y toma de muestra de calidad del agua, se reportan en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de los aforos volumétricos.

Fecha y hora	Aforo volumétrico (litros/seg)	Aforo electromagnético (litros/seg)
25/enero/2010 11:45 hrs	8.47	8.23
10/febrero/2010 12:30 hrs	7.38	7.22
12/marzo/2010 12:30 hrs	8.15	8.00
Promedios	8.00	7.82

De lo anterior, se tiene que para el aforo volumétrico el gasto promedio es de 8.0 l/s, y para el aforo electromagnético es de 7.82 l/s, por lo que estos resultados nos permiten asumir una consistencia en las descargas tomadas a diferentes fechas.

Con lo anterior se determinó que el gasto medio oscila entre 7.91 y 8 l/s.

De igual manera y para constatar la calidad del agua residual, se tomaron muestras de agua residual para hacer las determinaciones de los diversos parámetros fisicoquímicos, que pueden intervenir de manera directa o indirecta con el tipo de planta de tratamiento (ver anexo II pág.115-120)

De los resultados de calidad del agua, se puede advertir que se trata de una concentración típica de aguas residuales municipales, con resultados de pH alrededor del punto neutro, condiciones de oxígeno disuelto suficientes producto del tipo de abastecimiento, carga orgánica en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno alta, alta presencia de sólidos tanto sedimentables, como sus fracciones orgánicas e inorgánicas, bacterias fecales en concentraciones superiores a 10^7 numero más probable (NMP)/100 ml, grasas y aceites en cantidades considerables. El método de muestreo se realizó en recipientes estériles para bacterias, envase de vidrio para grasas y aceites, envase de plástico para los parámetros físico químicos, las



cantidades de muestra fueron las suficientes para los diversos análisis a realizar. En la figura 23 se observa parte del procedimiento de muestreo.



Figura 23. Toma de muestra para su análisis en laboratorio

Otro de los procedimientos realizados fue la determinación de parámetros de campo, toda vez que se cuenta con equipo específico para de manera inmediata determinar algunas características físico-químicas del agua.



Figura 24. Lectura de parámetros de campo



2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL

Una vez realizado el levantamiento en campo de toda la información necesaria para poder estar en condiciones de analizar profundamente la situación de operación actuales, y así poder enumerar las acciones de rehabilitación, construcción, adecuación y/o ampliación, para fundamentarlas con acciones concretas que se traduzcan en la optimización de los recursos existentes y determinar su factibilidad técnica de rehabilitación.

2.1 Sistema de interconexión del emisor a la planta de tratamiento.

Dentro de la revisión hidráulica, correspondiente a la eficiencia de interconexión se advierte graves problemas de interconexión, principalmente debidos a reducciones de la sección del área hidráulica en el ingreso de las aguas residuales a la planta de tratamiento, un primer problema es la reducción del diámetro de los colectores oeste y sur ambos de 76 cm para una sola interconexión a 25 cm. Esta interconexión es la que se muestra en la memoria fotográfica de la memoria técnica, correspondiente a la figura 5, en este sitio se es más que evidente la insuficiencia hidráulica en el sistema de interconexión a tal grado de llegar a un rebosadero de las aguas residuales por la parte superior del brocal del pozo de visita en el que se realizó la interconexión.

2.2 Pretratamiento

Otro aspecto importante es el grado de hundimiento diferencial en toda la estructura del pretratamiento, presentando un desnivel de hasta 35 centímetros en uno de sus vértices, lo cual, infiere un mala cimentación en el desplante de esta estructura. Aunado a lo anterior, la estructura cuenta con una serie de problemas de diseño de funcionamiento hidráulico, el primero se registra en el ángulo de llegada del sentido del flujo hacia el pretratamiento, generalmente este debe ser lo más paralelo al ingreso del sistema de pretratamiento, o bien, llegar a una caja que regule la dirección y sentido del flujo, si bien es cierto si se cuenta con dicho dispositivo, pero este es de dimensiones insuficientes, lo cual produce un desbordamiento en caso de tener volúmenes de agua de ingreso superiores a las consideradas, otro problema es inmediatamente después de la llegada del flujo, se tiene una mampara para regular la velocidad del flujo, dicha mampara cuenta con dos orificios únicamente, estos orificios son de 10 centímetros de diámetro, un orificio para cada canal desarenador. En este punto, cabe señalar que el área de conducción hidráulica en la tubería de entrada (la de diámetro de 25 cm), es de 0.049 m^2 , y que el área de conducción hidráulica de los orificios de 10 centímetros es de 0.008 m^2 cada uno por lo que el área total es de 0.016 m^2 , por lo que es totalmente insuficiente para conducir el gasto si el tubo de entrada opera a un 35%, y lo cual se traduce en un desbordamiento del pretratamiento en la mampara reguladora de flujo

En las figuras 26 y 27 se observan los detalles correspondientes a los diámetros señalados. En la figura 28 se observa la insuficiencia en la conducción hidráulica, teniendo como consecuencia el desbordamiento de las aguas residuales.



Figuras 26 y 27, revisión de los diámetros de conducción en el pretratamiento



Figura 28. Detalle del desbordamiento de las aguas residuales por insuficiencia hidráulica.

Otro aspecto importante es la longitud de desarenado, el pretratamiento tiene una longitud de desarenado de 4.5 metros, esta longitud se determina en función de la velocidad de sedimentación de una partícula tipo, del diámetro de dicha partícula, de la velocidad de sedimentación, aspectos que en definitiva indican que el desarenador es una estructura insuficiente para lograr las condiciones de eliminación de arenas producto del lavado y arrastre normal de las aguas negras en el sistema de drenaje municipal.

Al final del pretratamiento, se observa la tubería de ingreso de las aguas residuales consistente en dos tuberías de 25 cm de diámetro cada una. En este sitio se observa una zona de vertido por medio de muros de concreto. Este detalle se puede observar en la figura 29. En este punto se observa una nueva inconsistencia hidráulica, dado que se tiene un área hidráulica total de 0.098 m^2 , superior a lo que se tenía en el



ingreso al pretratamiento de 0.049 m², por lo que en este sitio se incrementa la capacidad de conducción hidráulica en un 100%.



Figura 29. Tubería de conducción del pretratamiento al tratamiento primario

2.3 Tratamiento primario

Debido a las condiciones en las que se encontraba la planta de tratamiento no se logró realizar una inspección del sistema de tratamiento primario, pero se percibe a simple vista de que se trata de un reactor biológico de biomasa en suspensión, conocido como reactor anaerobio, en su variante de lecho de lodos y flujo ascendente.

Este tipo de tratamientos son sumamente recomendados para poblaciones rurales o pequeñas poblaciones con gastos de descarga entre 1 y hasta 10 l/s debido a sus bajos niveles de consumo de energía, y su sencillez en la operación, de hecho el mantenimiento se limita a la purga de lodos al interior del reactor, actividad que se debe desarrollar en periodos de entre 6 meses y hasta 5 años, lo anterior depende de la cantidad de sólidos sedimentables presentes en el agua residual.

El Reactor Anaerobio de Lecho de Lodos y Flujo Ascendente conocido por sus iniciales como "RALLFA", según bibliografía inglesa corresponde al sistema UASB (del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket), los reactores RALLFA o UASB son un tipo de biorreactor tubular que operan en régimen continuo y en flujo ascendente, es decir, el influente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos, y que son los responsables de la degradación de la materia orgánica en compuestos orgánicos más sencillos y de fácil depósito. El proceso es completamente cerrado en ausencia de aire, de ahí el término anaerobio.

2.3.1 Características del reactor anaerobio

En los sistemas anaerobios de flujo ascendente, y bajo ciertas condiciones, se puede llegar a observar que las bacterias se llegan a agregar de forma natural formando flóculos y gránulos. Estos densos agregados poseen unas buenas cualidades de sedimentación y no son susceptibles al lavado del sistema bajo condiciones prácticas del reactor. La retención de lodo activo, ya sea en forma granular o floculenta, hace posible la realización de un buen tratamiento incluso a altas tasas de cargas



orgánicas. La turbulencia natural causada por el propio caudal del influente y de la producción de biogás provoca el buen contacto entre agua residual y lodo biológico en el sistema. En los sistemas RALLFA o UASB pueden aplicarse mayores cargas orgánicas que en los procesos aerobios. Además, se requiere un menor volumen de reacción y de espacio, y al mismo tiempo, se produce una gran cantidad de biogás, y por tanto de energía.

El reactor RALLFA podría reemplazar al sedimentador primario, al digestor anaerobio de lodos, al paso de tratamiento aerobio y al sedimentador secundario de una planta convencional de tratamiento aerobio de aguas residuales. Sin embargo, el efluente de reactores RALLFA normalmente necesitan un tratamiento posterior, para lograr degradar la materia orgánica remanente, nutrientes y patógenos. Este postratamiento puede referirse a sistemas convencionales aerobios como lagunas de estabilización, plantas de lodos activados y otros como el caso de humedales.

2.3.2 Antecedentes históricos del reactor anaerobio RALLFA

El proceso UASB o RALLFA se inventó a mediados de los años 70's en la Universidad de Wageningen (Holanda), por un equipo dirigido por el Doctor Gazte Lettinga y se aplicó por primera vez a escala industrial en una industria azucarera alemana. Durante varios años, fue continuamente mejorado para el tratamiento de grandes caudales de aguas residuales, y cargas con importantes fluctuaciones diarias.

Algunos datos y recomendaciones resultantes de la experiencia que poco a poco fue apareciendo, ayudó a que este tipo de sistemas se use para el tratamiento en diferentes condiciones. El RALLFA, es un sistema trifásico de alta carga, que opera como un sistema de crecimiento bacteriano en suspensión. La elevada concentración de biomasa en el RALLFA lo hace más tolerante a la presencia de tóxicos.

Consiste esencialmente en una columna abierta, a través de la cual el líquido residual se pasa a una baja velocidad ascensional. El manto de lodos se compone de gránulos o partículas además del agua residual. El fenómeno de granulación que rige la formación de los gránulos constituye la parte fundamental del proceso. El tratamiento del agua se da cuando se pone en contacto el agua con los gránulos. Los gases producidos bajo condiciones anaerobias provoca la recirculación interna, lo que ayuda en la formación y mantenimiento de las partículas biológicas, sobre las cuales algunas partículas de gas se adhieren. El gas libre y el gas adherido a gránulos se retienen en el colector de gas en la parte alta del reactor. El líquido que ha pasado a través del manto contiene algunos sólidos residuales y gránulos biológicos que pasan a través del sedimentador donde los sólidos se separan del futuro efluente. Los sólidos retornan por tanto al caer a través del sistema de bafle en la parte alta del manto de lodos.

Para lograr una operación correcta del sistema se requiere la formación de biomasa floculenta, y la puesta en marcha suele requerir la inoculación previa del reactor con grandes cantidades de lodos de algún otro sistema en operación.

El proceso UASB se puede aplicar a una amplia variedad de aguas residuales. Al igual que en otros tipos de tratamiento de aguas residuales, en los UASB también son necesarias unas etapas previas de adecuación del influente antes de ingresarlas al reactor, como por ejemplo: desarenado, corrección de pH, tras este tipo de pretratamientos, el UASB puede convertir del 60 al 85% de la materia orgánica biodegradable en una corriente de biogás valorizable. De ahí que sean posibles mayores eficiencias mediante el acople de pre y/o pos tratamientos adecuados que



aumente el tiempo medio de residencia celular, la composición y la resistencia frente a tóxicos del lodo.

La tecnología de alta carga se basa en el crecimiento del fango granular y en el separador de tres fases (biogás-líquido-sólido), ha tenido un gran éxito comercial con un gran número de instalaciones en el mundo.

2.3.2.1 Proceso de granulación

El lodo granular constituye el corazón de la tecnología UASB. Un lodo granular es un agregado de microorganismos formados durante el tratamiento de agua residual en un medio en el que exista un régimen hidráulico constante de flujo ascendente. En ausencia de algún tipo de soporte, las condiciones del tipo de flujo crean un ambiente selectivo en el cual sólo esos organismos capaces de anclarse a los otros, sobreviven y proliferan. La configuración de los agregados dentro de la biopelícula densa y compacta es a lo que se denomina gránulo. Debido a su gran tamaño de partícula (generalmente en el rango de 0.5 a 2 mm de diámetro), los gránulos resisten el lavado del sistema de reacción, permitiendo cargas hidráulicas elevadas. Además, las biopelículas son compactas, permitiendo elevadas concentraciones de microorganismos activos y de este modo poder tratar elevadas cargas volumétricas en los reactores UASB. Un gramo de lodo granular (peso seco) puede catalizar la conversión de 0.5 a 1 g de DQO al día. La composición del gránulo está estratificada. En el centro se localizan los agregados de *Methanosaeta* (principalmente), y otros organismos metanógenos, como *Methanothrix* y *Methanosarcina*. En la siguiente capa están localizados organismos productores y consumidores de hidrógeno, en una asociación simbiótica. En la capa superficial se localizan los organismos que realizan las primeras etapas de degradación anaerobia, como los acidógenos y otros organismos consumidores de hidrógeno. Esta estructura está condicionada por la presión parcial de hidrógeno, en un delicado equilibrio que sólo es posible bajo condiciones determinadas.

De la inspección física realizada, se pudo determinar que el reactor biológico tipo "RALLFA" está conformado por una estructura circular de 12.50 metros de diámetro exterior y una profundidad de 5.5 metros al interior del reactor.

Con los datos generados y con la información recopilada se advierte la insuficiencia de retención hidráulica y celular del reactor, dado que este se construyó para un gasto medio de operación de 7 l/s, situación que es rebasada por haberse aforado hasta 8 l/s, esta medida nos refiere a la necesidad de una futura ampliación de la planta en un módulo complementario en el cual se bifurque el caudal en el pretratamiento y se conduzca el 50% del gasto a otro reactor alterno.

2.4 Tratamiento secundario

En la parte superior del reactor se encuentra una serie de mamparas de oxidación como etapa de pulimento y remoción de los remanentes de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, estas mamparas están constituidas por una pequeña sección rectangular con vegetación acuática en su superficie, actuando como un filtro biológico de vegetación acuática superficial.

La vegetación en este dispositivo de tratamiento es del tipo de "lirio acuático" (*Eichhornia crassipes*), es una especie invasora de planta acuática, de la familia de las Pontederiaceae. Debido a sus características, es una especie adecuada para los fines



de remoción, por lo que se recomienda su uso tal cual se consideró desde su proyecto.



Figura 30. Zona de mamparas de donde se ubica el lirio acuático

2.4.1 Características del lirio acuático

Es de tallo vegetativo sumamente corto; hojas en rosetas, ascendentes a extendidas; pecíolos cortos, hinchados (bulbosos), con tejido aerenquimatoso; con dimorfismo foliar al crecer agrupadas: hojas puramente ascendentes y pecíolos elongados y menos hinchados; láminas de 2 a 16 cm. Inflorescencia: espiga; flores azules a celestes, y una mancha amarilla en el lóbulo superior del perianto; fruto: cápsula de 1,5 cm, es única especie del género estrictamente flotante.



Figura 31. Ejemplo de lirio acuático que debe estar en las mamparas de salida del reactor biológico.

- Nombre científico o latino: *Eichhornia crassipes*
- Nombre común o vulgar: Lirio acuático, Jacinto de agua, Camalote, Camalotes, Lampazo, Violeta de agua, Buchón, Taruya
- Familia: Pontederiaceae (Pontederiáceas).
- Origen: cursos de agua de la cuenca del Amazonas, en América de Sur.



Se han distribuido prácticamente por todo el mundo, ya que su aspecto ornamental originó su exportación a estanques y láminas acuáticas de jardines en climas templados y cálidos.

Son consideradas malas hierbas, que pueden "taponar" en poco tiempo una vía fluvial o lacustre.

Carece de tallo aparente, provista de un rizoma, muy particular, emergente, del que se abre un rosetón de hojas que tienen una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo que forma una vejiga llena de aire, mediante la que el vegetal puede mantenerse sobre la superficie acuática.

Hojas sumergidas lineares, y las emergidas, entre obovadas y redondeadas, provistas de pequeñas hinchazones que facilitan la flotación.

En verano produce espigas de flores lilas y azuladas que recuerda vagamente a la del jacinto.

Las raíces son muy características, negras con las extremidades bancas cuando son jóvenes, negro violáceas cuando son adultas.

Usos: para adornar pequeños lagos, embalses, pero sobre todo para estanques y también acuarios.

Ofrece un excelente refugio para los peces protegiéndolos del sol excesivo, de las heladas y a los alevines del embate de los benteveos (*Pitangus sulphuratus*).

Las raíces constituyen un excelente soporte para el desove de las especies ovíparas (carasísis, carpas, etc.), incluso aquellos aficionados que críen a sus peces en acuario, en época de fresa les sería muy útil hacerse de algún ejemplar joven de esta planta para el acuario de cría donde desovaran sus peces.

Las raíces del camalote no sólo le servirán de soporte para los huevos, si no que son un refugio para los alevines, e incluso en ellas se desarrolla una microflora que sirve como alimento inicial para los mismos.

- Luz: sol o semisombra. Requiere iluminación intensa, que, si es artificial, deberá ser proporcionada por una rampa luminosa completa.
- Temperaturas: en invierno la planta debe ser protegida en invernadero frío en climas con heladas, manteniéndola siempre en agua.

Se cultiva a una temperatura entre 20-30°C. No resiste los inviernos fríos (hay que mantenerla entre 15-18°C en contenedores con una profundidad de al menos 20cm. y una capa delgada de turba en el fondo). Puede rebrotar en primavera si se hiela.

Necesita aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación.

- Multiplicación: mediante división de los rizomas.

Durante el verano se reproduce fácilmente por medio de estolones que produce la planta madre, llegan formarse verdaderas "islas" de gran porte.



- Advertencia: Esta especie está considerada entre las 100 especies más invasoras del mundo. Como consecuencia de su proliferación está creando en ríos y lagos importantes problemas en canales de riego agrícolas y afectaciones a los ecosistemas ribereños, ya que cubre como una manta toda la superficie del río, por su fácil reproducción.

Como es invasora, es posible que al retirar el exceso de un sitio en particular, vaya a ser transportada a entornos naturales y cause daños ecológicos, por lo que se recomienda precaución al manejar este tipo de vegetación en particular.

2.4.2 Tratamiento secundario de refuerzo

Posterior a las mamparas de lirio acuático, se realiza el vertido de las aguas en proceso de tratamiento hacia la zona de humedales, esta zona de humedales está conformada por una serie de mamparas, un medio de soporte para la vegetación acuática y la propia vegetación compuesta por “tule” especie “Typha”, este tratamiento secundario de refuerzo, actúa como biofiltro para al igual que las mamparas remover los remanentes de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. En la figura 32 se observa el detalle de la vegetación acuática tipo “tule” ubicada en la zona de humedales.



Figura 32. Vista del “tular” que compone la vegetación acuática del humedal.

2.3.2.1 Características del tule (Typha)

Typha (en español, tule, espadaña, anea o enea) es el nombre de un grupo de plantas asignado a la categoría taxonómica de género. Es el único género de la familia Typhaceae. El género posee unas 8-13 especies de plantas herbáceas acuáticas emergentes robustas, perennes, rizomatosas, con hojas muy erectas, dísticas y bifaciales, y una espiga cilíndrica de numerosas flores diminutas polinizadas por viento. Están distribuidas en pantanos y humedales de buena parte del mundo, formando densas colonias a veces impenetrables.

Cabe señalar que la técnica de tratamiento por medio de vegetación acuática tanto de lirio acuático como de humedales no ha tenido un soporte sólido científico y suficiente para determinar las cinéticas de degradación, dado que es un sistema que se tiene en fase experimental y que se ha perfeccionado a prueba y error, siendo factores fundamentales las características biológicas de la vegetación, las temperaturas de



operación, por lo que en estas etapas la revisión se limitó a las recomendaciones generales para el diseño de sistemas de “lecho de hidrófitas” o “humedales”, recomendado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). En inglés se conoce como “wetlands”.

Estos sistemas de tratamiento basados en la utilización de vegetación acuática, han sido ampliamente recomendados para pequeñas poblaciones, debido a su gran facilidad de operación y su bajo nivel de mantenimiento. Por lo que resulta adecuada la propuesta en la instalación del sistema de humedal como etapa de pulimento del efluente del reactor biológico.

El sistema en cuestión, es el conocido como humedal de flujo subterráneo horizontal, con vegetación emergente. Al respecto se observó una gran saturación del medio de soporte. Esta saturación del medio de soporte se infiere que ha sido producto del derrame de las aguas residuales y el transporte de sedimentos hasta el interior de este dispositivo, por lo que al respecto se advierte la necesidad de la sustitución y/o limpieza del medio de soporte. Dadas las condiciones en las que se encuentra esta actividad deberá realizarse de forma manual, ya que el utilizar maquinaria podría dañar la estructura de concreto de mamparas a tal grado de llegar a fracturas y demolición de tal dispositivo.

De la revisión hidráulica se advierte que el diseño se realizó para un caudal de 7 l/s, por lo que se advierte la necesidad de otro dispositivo que cubra las demandas superiores a este caudal.

El sistema de humedal está conformado por cuatro módulos independientes, correspondientes a uno por cada modulo de las mamparas de lirio acuático anteriores a este proceso. Perimetralmente se tiene un canal de colección de los vertidos de cada humedal para concentrar la descarga en un solo efluente, el cual es descargado al cuerpo receptor, en este caso el río Áporo.



2.5 Conclusiones del diagnóstico

Es indispensable para la rehabilitación del sistema de tratamiento realizar una adecuada interconexión hidráulica entre las diversas unidades. Por lo que se advierte la necesidad de corregir los errores de interconexión cometidos en la construcción del sistema.

Otra acción importante es contar con un pretratamiento eficiente que permita ingresar aguas residuales sin materiales gruesos que obturen tuberías y que ocasione posteriormente un mal funcionamiento del sistema.

Dadas las condiciones actuales del pretratamiento, y las carencias expuestas, es necesario realizar la demolición del pretratamiento existente y construir un nuevo pretratamiento que garantice la operación adecuada del sistema.

Una parte fundamental en el tratamiento de aguas residuales es el aforo volumétrico que ingresa al sistema esta acción se traduce en el inventario y registro de volumen de agua tratada. La planta no cuenta con ningún dispositivo de aforo.

El cribado es una acción indispensable en el tratamiento de las aguas residuales, y la planta de tratamiento no cuenta con sistema de cribado, por lo que se advierte la necesidad de un sistema de cribado que capture los sólidos gruesos.

En lo que al reactor biológico se refiere únicamente se deberá realizar acciones de limpieza y rehabilitación, consistentes en desazolve, limpieza, impermeabilización e inspección de posibles grietas y/o fisuras en el reactor con la finalidad de impedir la infiltración de aguas residuales al subsuelo. Dentro de las actividades de rehabilitación se deberá realizar una limpieza de las tuberías de conducción con el objeto de retirar cualquier materia extraña que obture la tubería y reduzca la eficiencia de conducción hidráulica.

Otra actividad importante es el mantenimiento en las cámaras de ventilación de fibra de vidrio, ubicadas en la parte superior del reactor biológico, las cuales requieren una limpieza y pintura, así como la colocación de las tuberías de emisión de biogás.

En la etapa de tratamiento con vegetación acuática superficial, se deberá realizar una limpieza y desazolve, así como el repintado de las estructuras para la identificación del proceso. Posteriormente se deberá sembrar vegetación de la misma especie que sustituya la existente.

Para el caso del sistema de humedales es necesario realizar una limpieza profunda del humedal, para tal caso es necesario remover el filtro biológico completamente, ya que en la inspección realizada se observó completamente azolvado y saturado, situación que impide la conductividad hidráulica al interior del humedal.

De igual manera se observa que es necesario contar con un sistema de desinfección con que la planta no cuenta, por lo que se realizará la propuesta de un tanque de contacto de cloro para garantizar un efluente libre de elementos patógenos.



3 REINGENIERÍA DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Para el caso de la planta de tratamiento, se realizará el diseño de las estructuras necesarias para la correcta operación del sistema de tratamiento, bajo las condiciones de diseño prevalecientes y las consideraciones básicas y conceptuales del diseño original. Para el caso de las estructuras de tratamiento que no se pueda realizar modificación alguna, solamente se limitará a la parte técnica de revisión hidráulica

3.1 Memoria técnica

Para la rehabilitación de la planta de tratamiento es necesario primeramente realizar un diseño coherente de la interconexión del influente con el pretratamiento por lo que a continuación se realizará una descripción de los elementos considerados en el diseño.

DATOS DE DISEÑO:

Lugar:	Áporo, Mich.		
Población actual:	2,112	Habitantes.	(2010)
Población proyecto:	2,717	Habitantes.	(2030)
Coef. de armon =	3.48		
Qmed =	8.02	lts/seg.	= 693 m3/d
Qmin =	4.01	lts/seg	= 346 m3/d
Qmax inst =	27.89	lts/seg	= 2410 m3/d
Qmax ext =	41.84	lts/seg	= 3615 m3/d
Diam int =	0.76	m	(30"
Diam ext =	0.80	m	

Para la correcta operación de la planta de tratamiento se requiere primeramente que la planta cuente con un dispositivo de interconexión con el influente y regule además el gasto de aguas residuales a la entrada a la planta de tratamiento. Este dispositivo es importante en caso de que sea necesario realizar algún mantenimiento mayor en la planta y que obligue a desviar el total del gasto de aguas residuales, o bien en caso de alguna avenida superior al gasto posible a tratar se pueda derivar el excedente sin que ocurra daño al sistema de tratamiento.

Calculo de la caja de desvío y demasías:		
Tiempo de Retención Hidráulico (TRH)=	0.446	min
Qmax ext= V/TRH		
Por lo que el volumen resulta:		
V=Qmax ext*TRH=	1.1	m3
Tomando la profundidad máxima, resulta un área superficial de:		
Prof. max.=	0.5	m
Área superficial =	2.24	m2
Considerando una superficie cuadrada:		
lcaja=	1.50	m

Para la correcta operación del sistema de pretratamiento es necesario regular la velocidad de ingreso de las aguas residuales al pretratamiento, por lo que es necesario contar con un canal de aproximación.



Diseño del canal de aproximación:

Se diseñará con base en la velocidad mínima recomendada (de 0.3 a 0.6 m/s)

Vmin rec =	0.30	m/s	
Ancho (b) =	0.30	m	
Ancho de muros =	0.15	m	
A = Qmed/vmin rec	0.0267	m ²	=b*ymin
ymin =	0.089	m	
rh = A/Pm =	0.056	m	
n(coef de fricc) =	0.013	(concreto)	
Smin =((Vrec*n)/(rh^(2/3)))^2=		0.00071167	
Smin =	0.71	milésimas	

Ecuación a resolver:

$$(y_{max} * ((b * y_{max}) / (2 * y_{max} + b))^{2/3}) - 0.045311$$

$$y_{max} = 0.225 \text{ m}$$

Altura total:

BL(Bordo libre) =	25	cm	(20 a 50 cm)
H =	47.50	cm	
H(redondeada) =	0.50	m	

Al interior del canal de aproximación, se está proponiendo se ubique un sistema de cribado grueso y medio, tal que permita remover cualquier sólido grueso que pretenda ingresar al sistema de tratamiento.

Diseño de rejillas gruesas:

e (espesor de la barra (cm))=	1.27	cm	(6.35, 7.93, 9.52, 11.12 y 12.7 mm)
E (separación entre barras (cm))=	6.55	cm	(5 a 10 cm)
N (num de barras) =	3	barras	
Num de espacios =	4	espacios	b = 30.00 cm

Longitud de la rejilla (inclinada a 45°):

$$IR(\text{Redondeada}) = 0.71 \text{ m}$$

Diseño de rejillas medianas:

e (espesor de la barra (cm))=	0.635	cm	(6.35, 7.93, 9.52, 11.12 y 12.7 mm)
E (separación entre barras (cm))=	3.19	cm	(2, 4 y 6 cm)
N (num de barras) =	7	barras	
Num de espacios =	8	espacios	b = 30.00 cm

Longitud de la rejilla (inclinada a 45°):

$$IR(\text{Redondeada}) = 0.71 \text{ m}$$

Posterior al canal de aproximación se propone la ubicación de un sistema de desarenado, el cual este operado por dos canales, que para cuestiones de mantenimiento permita operar uno u otro canal para las acciones de remoción de sedimentos. Para tal caso se requiere de una transición del canal de aproximación al sistema de canales desarenadores, para posteriormente ingresar el agua residual al sistema de desarenado.



Calculo de la transición al desarenador:

con la velocidad recomendada se calcula el ancho del desarenador (b'):

$$b' = (Q_{max\ inst} / v_{rec} * y_{max}) = 0.41 \text{ m}$$

Calculo de la transición del canal desarenador, con el ángulo de:

$$30^\circ$$

$$\text{Ancho } f = 0.34 \text{ m}$$

Longitud del desarenador:

$$l_d = 0.58 \text{ m}$$

Calculo del desarenador:

v_p = velocidad de sedimentacion de las partículas de arena, para 0.15 mm

$$= 0.0127 \text{ m/s}$$

$$L = v_{rec} * y_{max} / v_p = 5.31 \text{ m}$$

long. adicional por aumento en turbulencia a la entrada y salida 50 % (Crites-Tchobanoglous, 2000):

$$L_{real} = 8.0 \text{ m}$$

Superficie necesaria para ambos canales:

$$\text{Scanales} = 6.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Solidos sedimentables} = 4.5 \text{ ml/l} \quad 0.0045 \quad \text{m}^3/\text{m}^3$$

$$\text{Porcentaje de arena} = 10\% \text{ resulta} \quad 0.00045 \quad \text{m}^3/\text{m}^3$$

Considerando que 1m³ de agua residual llevará 0.00045 m³ de arena; por lo que en 7 días se tendrá:

$$V_{arena} = 1.09 \text{ m}^3 / 7 \text{ días}$$

Por lo que la altura del nivel de arena resultante para los 7 días será:

$$h_{arena} = 0.33 \text{ m} = 33 \text{ cm} / 7 \text{ días}$$

En esta etapa del pretratamiento, se está considerando además se ubique un sistema de cribado fino manual, que permita remover partículas pequeñas presentes en el agua residual. Por lo que a continuación se presenta el diseño de las rejillas finas.

Diseño de rejillas finas:

$$e \text{ (espesor de la barra (cm))} = 0.635 \text{ cm} \quad (6.35, 7.93, 9.52, 11.12 \text{ y } 12.7 \text{ mm})$$

$$E \text{ (separación entre barras (cm))} = 1.03 \text{ cm} \quad (0.2 \text{ a } 2 \text{ cm})$$

$$N \text{ (num de barras)} = 24 \text{ barras}$$

$$\text{Num de espacios} = 25 \text{ espacios} \quad b = 41.00 \text{ cm}$$

Longitud de la rejilla (inclinada a 45°):

$$l_R(\text{Redondeada}) = 1.179 \text{ m}$$

Otra parte importante es la cuantificación del gasto de aguas residuales que se esté ingresando al sistema de tratamiento, por lo que se propone la instalación de un dispositivo de aforo volumétrico del tipo vertedor, en este tipo de pretratamiento es recomendable la utilización del vertedor tipo “proporcional sutro”, dado que regula las características de velocidad al interior del canal desarenador.



Diseño del vertedor "Proporcional Sutro":

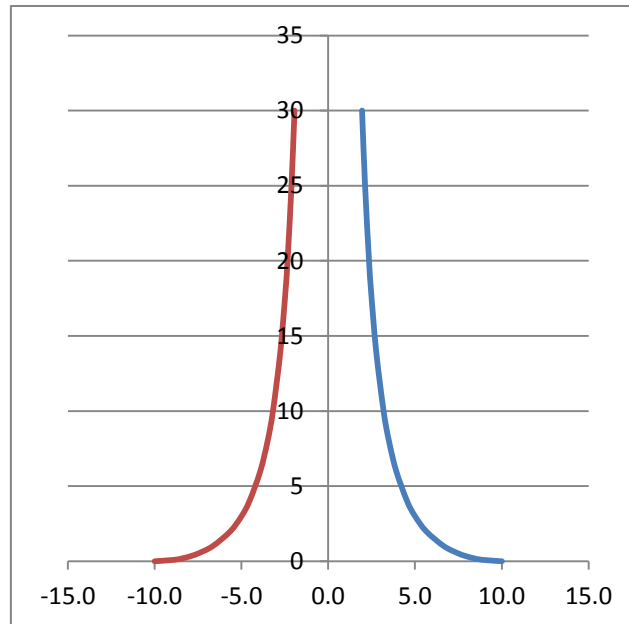
a= 0.03 m
b= 0.10 m

x(cm)	y(cm)	x	y
10.0	0	-10.0	0
8.9	0.1	-8.9	0.1
8.4	0.2	-8.4	0.2
8.1	0.3	-8.1	0.3
7.8	0.4	-7.8	0.4
7.5	0.5	-7.5	0.5
6.7	1	-6.7	1
5.6	2	-5.6	2
5.0	3	-5.0	3
4.5	4	-4.5	4
3.9	6	-3.9	6
3.5	8	-3.5	8
3.2	10	-3.2	10
2.8	14	-2.8	14
2.5	18	-2.5	18
2.4	20	-2.4	20
2.1	25	-2.1	25
1.9	30	-1.9	30

Para poder conocer el gasto que pasara se calculará con:

h (cm)	Q (l/s)
0	3.07
0.5	3.84
1	4.60
2	6.14
3	7.67
4	9.21
5	10.74
6	12.28
8	15.34
10	18.41
14	24.55
18	30.69
20	33.76
25	41.43
30	49.10

La forma del vertedor proporcional sutro será para la parte parabólica según el gráfico siguiente:



La parte rectangular correspondiente a la parte baja del vertedor será de 20 centímetros en sentido horizontal y 3 centímetros en sentido vertical. Mayor detalle se puede observar en el plano correspondiente al vertedor proporcional.

Otra de las etapas consideradas como necesaria es el sistema de desinfección para tal caso se está proponiendo la construcción de una nueva estructura que actualmente no cuenta la planta, que es un tanque de contacto de cloro, en el cual se realizará un proceso de eliminación de bacterias del tipo coliforme fecal, por medio de la aplicación de hipoclorito de calcio.

El hipoclorito de calcio es un compuesto derivado del cloro, muy seguro para su manejo y garantiza el efecto desinfectante de las aguas residuales.

Para garantizar el efecto bactericida del cloro, es necesario proveer de una estructura capaz de almacenar el agua por un tiempo determinado por lo que el volumen de almacenamiento estará determinado por el tiempo de retención hidráulico. Por lo que el tanque resultante sería:

Cálculo del tanque de contacto de cloro:		
Datos:		
Qmax inst =	27.89	lts/seg
Qmed =	8.02	lts/seg
Tiempo de residencia =	20	min
Profundidad =	1.2	m
El volumen del tanque será de:		
V =	9.62	m ³
El área superficial de la estructura es:		
	8.0	m ²
Bordo libre =	0.3	m
Separacion entre mamparas =	1	m
Espesor de mamparas =	0.1	m



X (lado largo del tanque)=	6.5	m	A hid. calc. =	9.0
Y (lado corto del tanque)=	1.5	m		
Cálculo de las mamparas:				
Num de mamparas=	5	mamparas		
Num de espacios =	6	espacios		
Vertedor triangular a la salida del clorador				
Qmax inst=	27.89	lts/seg	0.0279	
ángulo A=	60	°		
C =	0.599	para A de 60°		
h=	0.30	m (propuesta)		
Q=	0.040	m3/seg		
Cantidad de cloro requerido:				
Se considerará una dosificación de Cl ₂ de 8 mg/l para garantizar un cloro residual de 0.3 mg/l.				

Con la propuesta de rehabilitación, y con las estructuras propuestas trabajando al 100% se espera que la planta de tratamiento tenga una eficiencia en la remoción de carga orgánica y nutrientes de alrededor del 80%.

Cabe señalar que esta propuesta solo se refiere a la rehabilitación de la infraestructura de la planta de tratamiento existente, se advierte la necesidad de otro reactor biológico de las mismas dimensiones, así como sus sistemas de pos tratamiento a base de lirio acuático y humedales, que sería tema de una ampliación de la planta de tratamiento.

3.2 Diseño conceptual del sistema

Para el diseño conceptual del sistema se plantea el preservar las estructuras cuya finalidad y eficiencia de tratamiento se justifica, por lo que las modificaciones se centran en la parte correspondiente al pretratamiento y al sistema de desinfección únicamente. Por lo tanto, el diseño conceptual del sistema mantiene su esencia tal cual fue concebido desde su proyecto inicial, solamente se realizará una adecuación y mejora a las estructuras existentes y se le incrementará el sistema de desinfección.

Para tal caso, el tren de tratamiento resultante conserva las características del tren inicial, con las variantes señaladas incluidas, con un sistema de inventario de gastos en la entrada y en la salida de la planta y su sistema de cloración. En la figura 33 se muestra el nuevo arreglo del tren de tratamiento. Este tren de tratamiento puede compararse con el mostrado en la figura

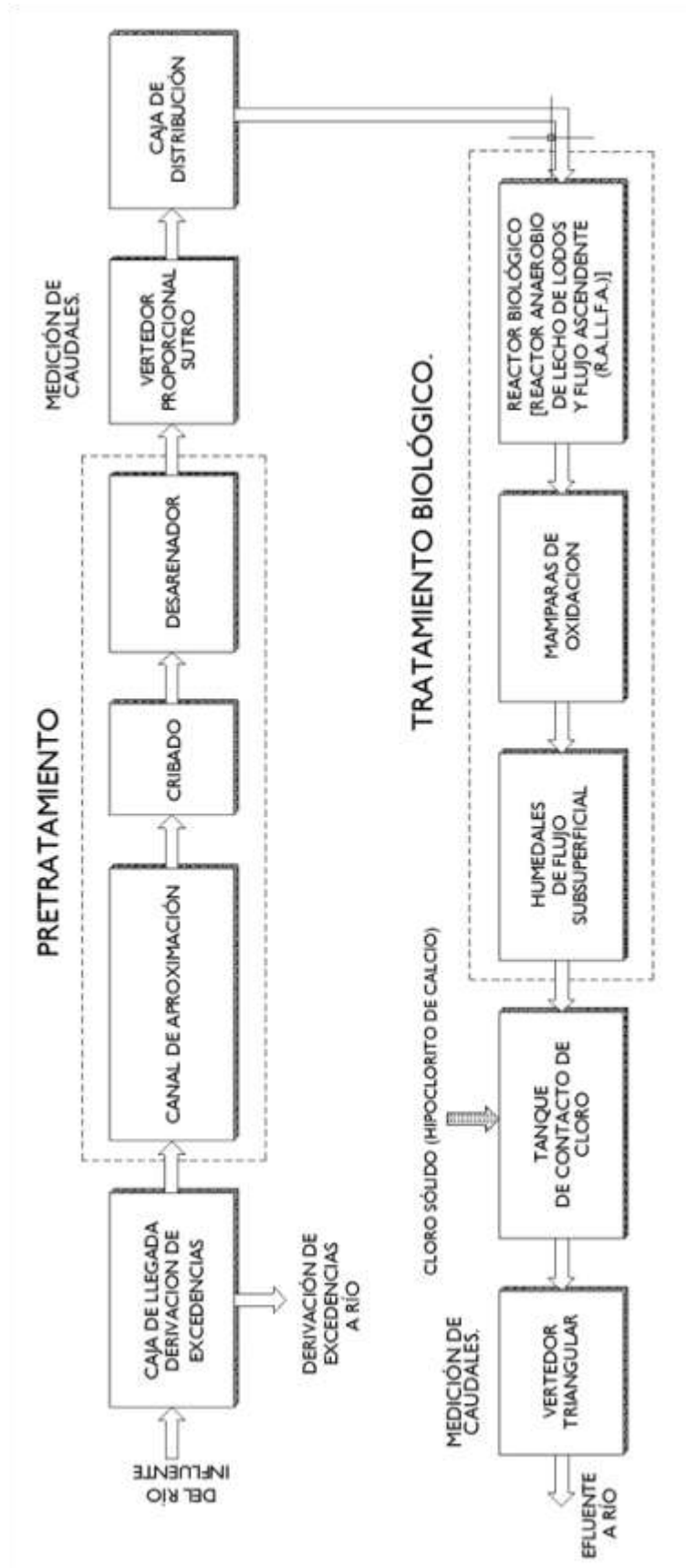


Figura 33. Nuevo tren de tratamiento, resultante de los trabajos de rehabilitación



3.3 Arreglos generales y de conjunto para la operación adecuada de la planta de tratamiento

El arreglo general mantiene la ubicación de las estructuras existentes, tales como el reactor biológico y sus humedales. Para el caso del pretratamiento se pretende sea construido el nuevo pretratamiento en el mismo sitio donde se ubicaba el anterior, con la variante de que este pretratamiento requiere mayor espacio debido a las nuevas condiciones de diseño.

El estado actual de la planta es el que se muestra en la figura 34 y el de proyecto es el que se muestra en la figura 35.

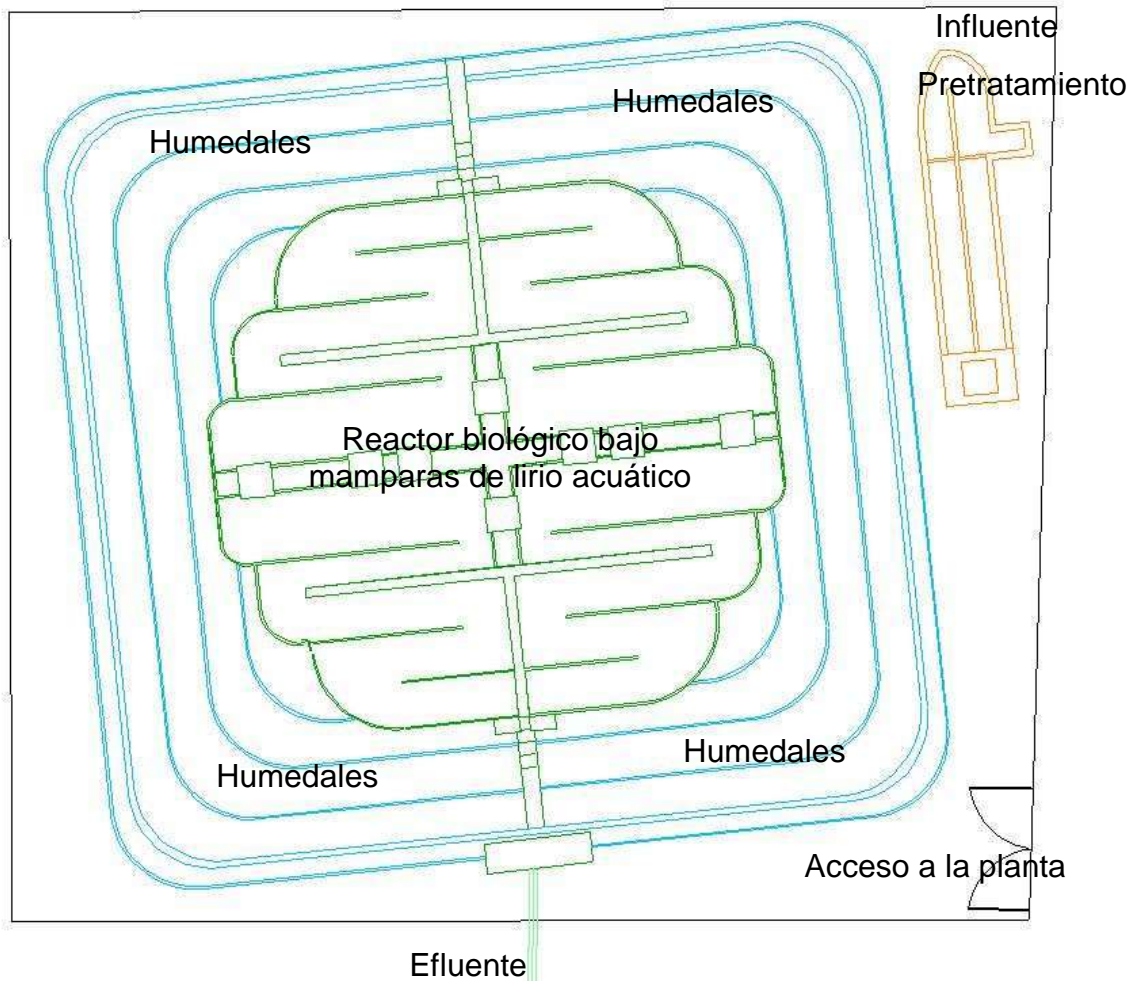


Figura 35. Estado actual de la planta de tratamiento

Uno de los trabajos necesarios es la construcción de una cuneta perimetral que conduzca las aguas pluviales al exterior del sistema de tratamiento, para evitar el azolvamiento de los humedales y demás estructuras de tratamiento.

Otra de las estructuras civiles complementarias es una banquetta perimetral en todo el pretratamiento, la cual permita hacer las maniobras de limpieza en la zona de cribado y sedimentación, así como la operación de compuertas y lecturas de gasto en el pretratamiento

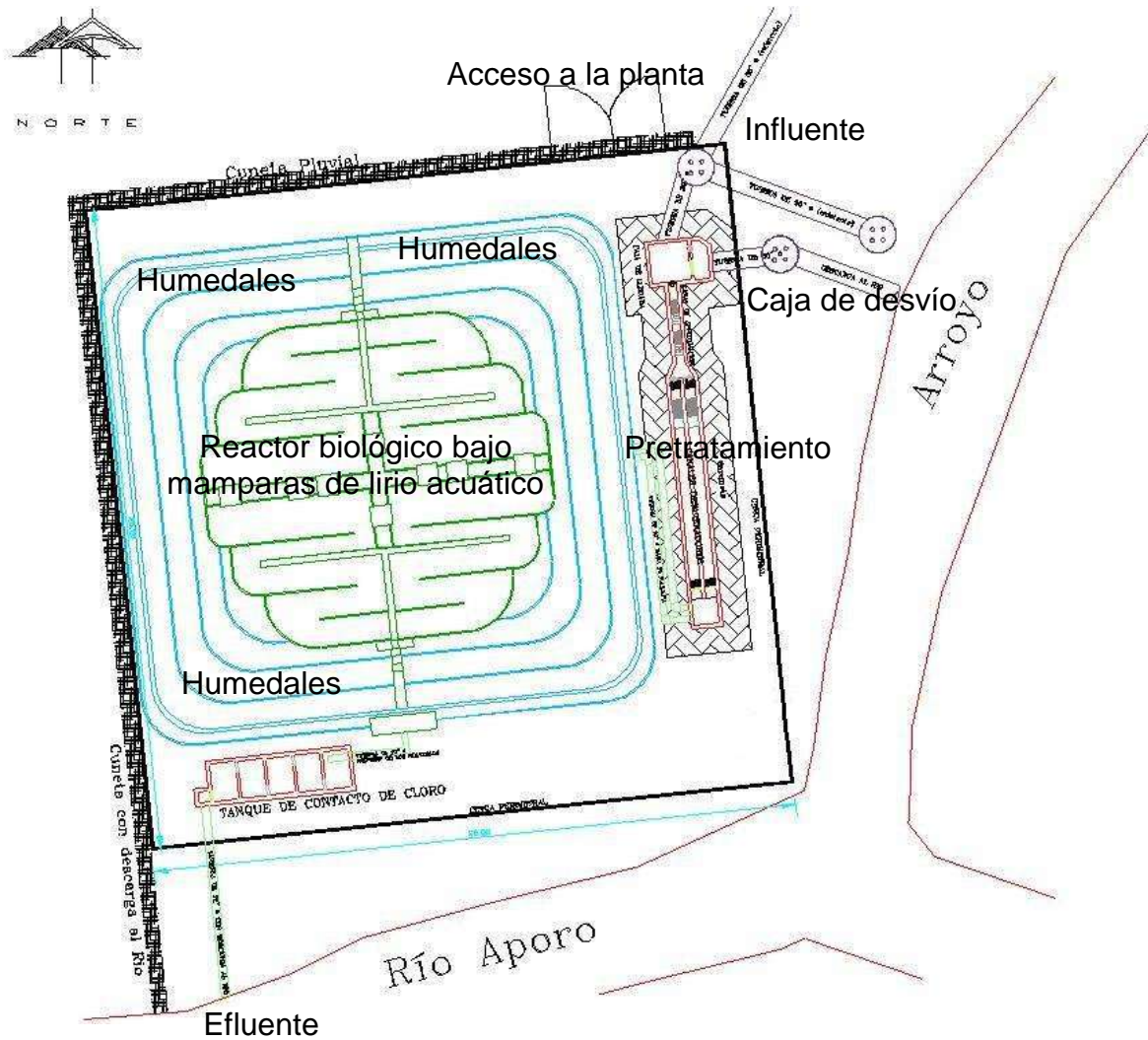


Figura 36. Planta de arreglo de conjunto de proyecto, con las estructuras de rehabilitación y el tanque de contacto de cloro.

3.4 Propuesta de ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Áporo, Michoacán.

Se advierte, en función de los resultados de campo referentes al aforo, que el gasto de diseño está excediendo la capacidad de tratamiento del reactor biológico, por lo que es importante considerar una ampliación de la planta de tratamiento.

De igual manera, cabe señalar que una posibilidad es la intrusión de agua de manantial a alguna zona del sistema de alcantarillado, por lo que también es necesario realizar una inspección minuciosa para descartar la posibilidad de que exista aportación de agua de manantial al sistema de alcantarillado, o bien alguna fuga del sistema de agua potable que este aportando mayor volumen al drenaje. Esta actividad deberá realizarse en un corto plazo para descartar la posibilidad aquí planteada.



Esta ampliación, deberá consistir en la elaboración de un proyecto ejecutivo para la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de incrementar el gasto a tratar, toda vez que el reactor biológico tiene una capacidad de tratamiento de 7 l/s y según aforos, la descarga oscila entre 8 l/s.

Es necesario que estos trabajos de ampliación sean considerados para su ejecución en un corto plazo, no más de 5 años, ya que el gasto de descarga actual ya está rebasando la capacidad de tratamiento instalada.

Uno de los factores clave para llevar a cabo los trabajos de ampliación, es la gestión administrativa del terreno contiguo a la planta de tratamiento, para esto se deberá considerar la donación, compra-venta, cesión de derechos o bien el procedimiento administrativo más viable, para contar con un espacio de cuando menos las mismas dimensiones al terreno actual (25x25m), en este terreno se deberá considerar construir cuando menos el mismo sistema de tratamiento primario y secundario para que el gasto a tratar sea dividido en dos uno que entre a la planta actual y otro que sea tratado en el nuevo módulo de tratamiento, esta acción de bifurcación del gasto puede llevarse a cabo en el pretratamiento de esta rehabilitación, ya que ha sido diseñado para un gasto superior al medio.

Posterior a que el Organismo operador cuente con el terreno contiguo, se deberá llevar a cabo el proyecto de ampliación. Dicho proyecto deberá contar con trabajos de mecánica de suelos, topografía, cálculo estructural, cálculo hidráulico, arreglo funcional, diseño de ingeniería básica, presupuesto base, especificaciones de construcción, manual de operación, memoria descriptiva, memoria de cálculo de los procesos.

Posterior al proyecto ejecutivo, deberá considerarse la construcción de la ampliación, la cual deberá consistir en un segundo módulo para tratar un caudal similar al actual, por lo que el dimensionamiento de las estructuras de tratamiento deberá ser muy parecido al existente, salvo que deberá revisarse los tiempos de retención tanto hidráulicos como celulares para garantizar su tratamiento

De lo anterior es importante que el H. Ayuntamiento de Áporo, el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Áporo, así como y considere los trabajos de rehabilitación actuales como indispensables para la puesta en marcha del sistema de tratamiento, y así actúe de manera responsable con el medio ambiente, resolviendo además, los problemas de salud originados por el vertido de aguas residuales sin tratar al río Áporo. Pero de manera paralela considere la ampliación como una obra de ejecución a corto plazo, ya que la capacidad instalada de tratamiento ya es rebasada



4 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

INDICE.

1.- INTRODUCCION

- 1.1.- Digestión anaerobia principio fundamental
- 1.2.- Propósito del Manual
- 1.3.- Sistema convencional.
- 1.4.- Descripción de la planta
- 1.5.- Datos de diseño

2.- OPERACION NORMAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

- 2.1.- Actividades de la puesta en marcha
- 2.2.- Actividades rutinarias en la plan operando
- 2.3.- Problemas operacionales
- 2.4.- Secuencia de operación

3.- OPERACION DE EMERGENCIA

- 3.1.- Interrupción por fallas mecánicas
- 3.2.- Secuencia de paro de la operación de la planta
- 3.3.- Fallas de los equipos de proceso

4.- REQUERIMIENTOS DE PERSONAL

5.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

- 5.1.- Mantenimiento preventivo
- 5.2.- Secuela de reparación
- 5.3.- Mantenimiento del equipo mecánico
- 5.4.- Instalaciones accesorias

6.- NECESIDADES DE RECURSOS

- 6.1.- Recursos humanos
- 6.2.- Recursos materiales
- 6.3.- Equipo especializado
- 6.4.- Suministros

7.- COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

- 7.1.- Inversión inicial al arranque
- 7.2.- Personal
- 7.3.- Herramientas
- 7.4.- Reactivos
- 7.5.- Equipo de seguridad



7.6.- Contratación de servicios, asesorías e imprevistos

8.- RECOMENDACIONES ESPECIALES

8.1.- Proceso de tratamiento

8.2.- Requerimientos mecánicos

8.3.- Análisis de laboratorio

9.- SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

9.1.- Seguridad en las plantas de tratamiento



1. INTRODUCCION

Los procesos biológicos anaerobios tienen como principal objetivo, remover las sustancias coloidales y estabilizar la materia orgánica presente en las aguas residuales. Estos procesos pueden usarse conjuntamente con tratamientos físicos y químicos, dependiendo del nivel de tratamiento, de la calidad deseada del agua residual, del uso o disposición que se le pretende dar a las aguas residuales tratadas y de la disponibilidad de terreno para desplantar la obra.

La digestión mediante reactores biológicos anaerobios es muy flexible y se puede adaptar fácilmente para volúmenes de tratamiento relativamente bajos. De este proceso se ha desarrollado una amplia gama de variantes que comprenden las formas más simples en cuanto al arreglo de las estructuras y equipo; además también se han desarrollado técnicas y procesos de remoción mediante compuestos químicos que aceleran y eficientizan los procesos de tratamiento, llegando inclusive a instrumentar los procesos para después controlarlos mediante sistemas automatizados.

En el tratamiento de las aguas residuales, se presenta cierta complejidad debido a la diversidad de productos químicos provenientes de cremas, jabones, detergentes, etc. por ello se optó por un sistema de tratamiento a base de un reactor biológico de lecho de lodos de flujo ascendente con adsorción integrada, que tiene como principal ventaja la estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales, que por su baja carga orgánica, se elimina la necesidad del sedimentador secundario y permite que los lodos que se generan sean fácilmente estabilizados mediante un lecho de secado de lodos, antes de su disposición final. Cabe hacer mención que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Áporo, no cuenta con un lecho de secado de lodos y por ser una estructura complementaria de grandes dimensiones no se consideró como parte de la rehabilitación sino como parte de una futura ampliación de la PTAR.

A continuación, se describe brevemente este proceso.

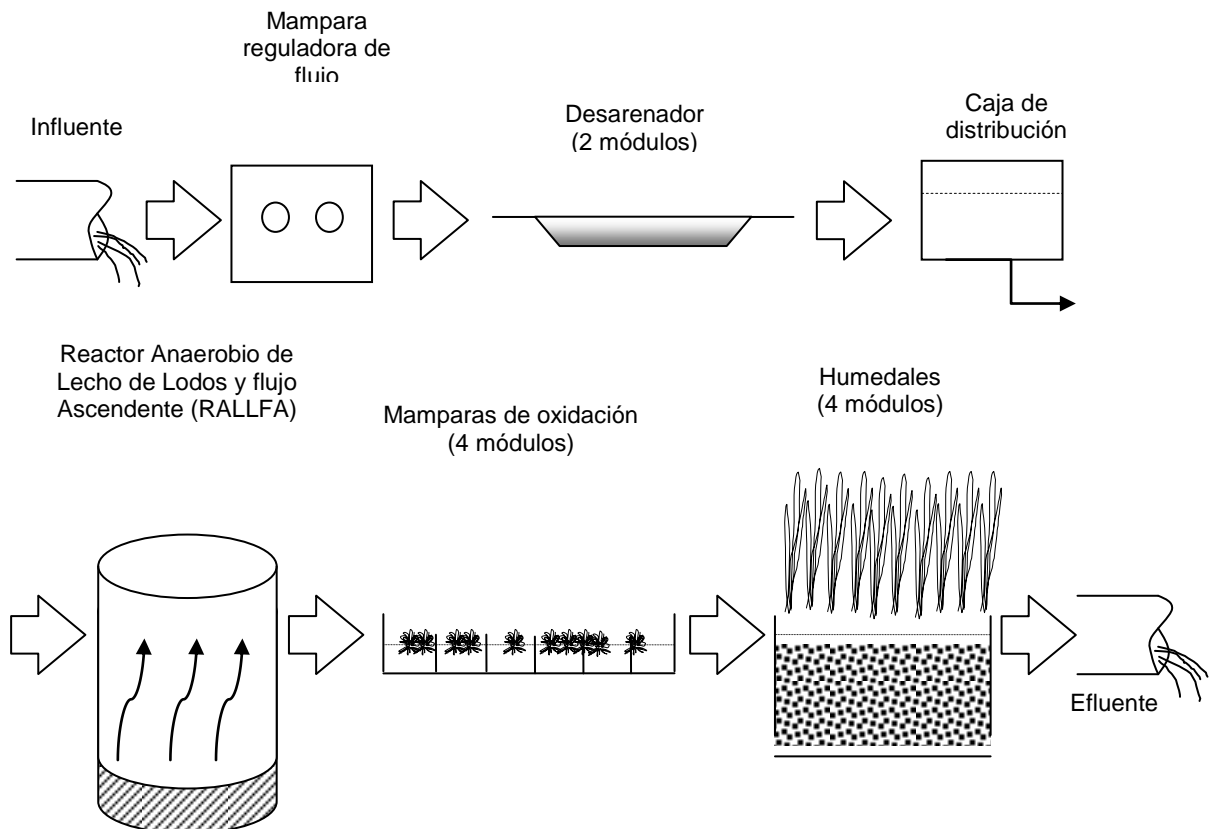


1.1 Digestión anaerobia principio fundamental.

En el proceso de digestión anaerobia, los organismos vivos anaerobios y los sólidos orgánicos coloidales presentes en las aguas negras, se mezclan en un medio favorable para su descomposición, siendo este medio las propias aguas residuales. Durante este proceso la materia orgánica con gran cantidad de bacterias, tienen la propiedad de absorber la materia coloidal y disuelta, para que los microorganismos se puedan alimentar de ella para convertirla en biomasa, CO₂ y CH₄.

Para llevar a cabo este proceso son necesarias varias etapas auxiliares que coadyuvan a una rápida y eficaz digestión tales como el cribado, desarenado, remoción de grasas y aceites, adsorción y desinfección.

Cada una de las etapas anteriores genera una estructura donde se verifica parte del proceso y en la figura siguiente se presenta un diagrama del proceso de tratamiento de las aguas residuales.





1.1.1 Unidades de Tratamiento.

El tratamiento, tradicionalmente se lleva a cabo en las siguientes estructuras: Pretratamiento, (sistema de rejillas y desarenador), Tratamiento primario (Reactor biológico anaerobio y lecho filtrante con flujo ascendente), Tratamiento secundario, (sistemas de mamparas de oxidación y biofiltros a base de humedales artificiales de flujo subsuperficial) y finalmente un Tratamiento Terciario (tanque de contacto de cloro).

Los lodos generados en exceso, se deberán tratar básicamente en un lecho de secado de lodos.

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad se encuentra rebasada la capacidad de la PTAR de Áporo. Así, con el propósito de cubrir el 100% de la aportación de aguas residuales, será conveniente ampliar la planta considerando inclusive la construcción de un lecho de secado de lodos, donde se deshidraten y completen la estabilización dichos lodos.

Como producto de la rehabilitación, el sistema de tratamiento quedó conformado de las siguientes unidades:

Caja de llegada

Caja de desvío y de excedencias

Pretratamiento.

Rejas (gruesa y mediana) y rejillas (finas):

Desarenador

Caja ingreso de flujo a tratar.

Tratamiento Primario

Reactor biológico de digestión anaerobia.

Sistema de sedimentación para purga de lodos.

Lecho filtrante de flujo ascendente mediante adsorción.

Tratamiento secundario

Zanjas de oxidación.

Humedales.

Tratamiento terciario

Tanque de contacto de cloro.



1.1.2 Tratamiento de lodos.

Los lodos son una mezcla de aguas y sólidos biológicos que se deben tratar para facilitar su disposición final, ya que no son productos terminados debido a su origen, contenido de agua, putrescibilidad, etc.

Para dar el tratamiento a los lodos se emplean lechos de secado de lodos, los cuales realizarán un proceso de deshidratado y eliminación de los excedentes de humedad para poder manejar dichos lodos para su posterior disposición. Su disposición deberá realizarse conforme a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, la cual establece las condiciones de los lodos producto del tratamiento para su manejo y disposición final.

Cabe señalar que estos lodos dadas sus características físico químicas y bacteriológicas, presentan altas concentraciones de nutrientes, por lo que resultan ser un mejorador de suelo con altas cargas de nutrientes en forma de Nitrógeno y Fósforo. De no dársele una aplicación a estos lodos también conocidos como biosólidos, deberán llevarse a un relleno sanitario para su depósito y disposición final.

Es importante señalar, que en el proceso de tratamiento que se tiene, es básicamente un sistema anaerobio de lecho de lodos y flujo ascendente, se recomienda realizar una purga de lodos para eliminar excesos en un plazo entre 6 y 3 años, por lo que el sistema de lechos de secado de lodos, es una estructura complementaria que deberá considerarse en un futuro posterior, es decir en un proceso de ampliación de la planta de tratamiento actual.

Deshidratación de lodos (lechos de secado).- Es una operación unitaria que permite el desaguado de los lodos al ser expuestos a los rayos solares donde los rayos ultravioleta, al mismo tiempo que se realiza una desinfección y por ende una estabilización de lodos, para de esta manera previa verificación de su calidad ser utilizados como material de abono para áreas jardinadas, este lodo se expone en un sitio que evite infiltraciones al subsuelo y deberá estar provisto de un arreglo granular de gravas y arenas para favorecer la infiltración del exceso de humedad y facilitar el proceso de deshidratado por exposición a los rayos solares.



1.2 Propósito del Manual.

Sin lugar a dudas el propósito del manual es la adecuada capacitación del personal para que opere la planta de manera que se puedan garantizar los resultados deseados.

El presente manual tiene como finalidad presentar de forma general los aspectos más relevantes que se involucran en el proceso de digestión anaerobia, además sugerir guías para el mantenimiento de los equipos, capacitación del personal y solución de problemas que se pueden presentar durante el desarrollo del proceso de tratamiento; sin embargo, será la propia experiencia que se adquiera durante la operación de esta planta la que indique la mejor forma de controlar el proceso y solucionar los problemas que se presenten. En consecuencia sus objetivos son:

- a).- Proporcionar información teórica del proceso de digestión anaerobia y los detalles del proyecto de la planta, que permitan el arranque de las actividades de su operación.

- b)- Proporcionar guías y lineamientos para apoyar la operación y mantenimiento de la planta.



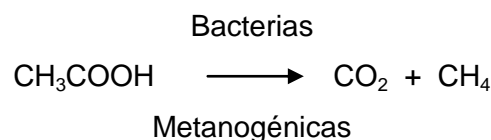
1.3 Sistema convencional.

El tratamiento biológico anaerobio de aguas residuales no se concibe y practica como una sola operación, sino una combinación de operaciones interrelacionadas que pueden diferir en distribución espacial, proceder a diferentes velocidades en el tiempo.

En la digestión anaerobia los productos finales son principalmente metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno (H_2S), mercaptano (RSH), e hidrógeno (H_2). El proceso comprende tres etapas (1) etapa de fermentación ácida, (2) etapa de fermentación metanogénica y (3) etapa de hidrólisis.

En la etapa de fermentación ácida, los compuestos orgánicos complejos del agua residual (proteínas, grasas e hidratos de carbono) se hidrolizan en primer lugar para producir unidades moleculares menores, las cuales a su vez son sometidas a bio-oxidación, convirtiéndose principalmente en ácidos orgánicos de cadena corta, tales como acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), propiónico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$) y butílico ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{COOH}$). Una población heterogénea de bacterias facultativas y anaerobias es responsable de estas reacciones de hidrólisis y oxidación. En la etapa de fermentación ácida no se produce una reducción importante de la DQO, ya que principalmente lo que ocurre es la conversión de las moléculas orgánicas complejas en ácidos orgánicos de cadena corta que ejercen también una demanda de oxígeno.

En la etapa de fermentación metánica, “microorganismos metanogénicos” que son estrictamente anaerobios, convierten los ácidos de cadenas más largas a metano, dióxido de carbono y ácidos orgánicos de cadenas más cortas. Las moléculas ácidas se rompen en cadenas repetidamente dando lugar finalmente a ácido acético que se convierte en CO_2 y CH_4 :



El grupo de bacterias facultativas y anaerobias responsable de la etapa de fermentación ácida tiene una velocidad de crecimiento más elevada que las bacterias metanogénicas responsables de la etapa de fermentación metánica. Como resultado, la etapa de fermentación ácida es relativamente rápida por lo que la etapa de fermentación metánica es la que controla la velocidad de los procesos anaerobios.



Como la fermentación metánica controla la velocidad del proceso, es importante mantener las condiciones de una fermentación metánica eficaz. El tiempo de residencia para los microorganismos metánicos debe ser el adecuado o si no son eliminados del sistema.

El tratamiento biológico comparte su efecto con la autopurificación biológica de las aguas receptoras, en las que los sólidos suspendidos se depositan en el fondo de las corrientes para descomponerse lentamente en el medio béntico, mientras que las sustancias disueltas son oxidadas rápidamente en el agua sobrenadante.



1.4 Descripción de la planta

La planta de tratamiento en cuestión se proyectó con la finalidad de prevenir el deterioro del agua que fluye por el Río Áporo, para de esta manera mejorar el entorno ecológico de la microregión, evitar que se continúe degradando la calidad de vida de la fauna y flora acuática y disminuir el riesgo que para la salud representan las descargas de aguas residuales a ras de suelo.

UNIDAD	Número de Unidades	Capacidad máxima de diseño l/s
Emisor de aguas residuales	1	41.84
Caja de llegada y desvío de excedencias (mampara reguladora de flujo)	1	41.84
Emisor de excedencias	1	41.84
Canal de rejillas	2	27.89
Rejillas y charolas	6	27.89
Canal desarenador	2	27.89
Dispositivo de medición de flujo	2	27.89
Caja de ingreso de flujo a tratar	1	27.89
Reactores biológico anaerobio (existente)	1	7
Lecho filtrante de flujo ascendente (existente)	1	7
Mamparas de oxidación (existente)	4	7
Humedales (existente)	4	7
Tanque de contacto cloro	1	27.89
Dispositivo de medición	1	27.89

En la tabla anterior se muestran las unidades de tratamiento de que consta la PTAR, el número de unidades y sus correspondientes capacidades de flujo.

Se construirán: la caja receptora y de excedencias, la caja de desvío, el sistema de pretratamiento (rejillas y canal desarenador), caja de ingreso de flujo a tratar, el tanque de contacto de cloro.



Estructuras existentes diseñadas y construidas por “Desarrollo Integral con Tecnología Adecuada Casa Xochicalli A.C.”: reactor biológico anaerobio, lecho filtrante de flujo ascendente, seguridad mediante una cerca perimetral, alrededor de la planta.

1.4.1 Pretratamiento.

Con el pretratamiento se evitarán posibles interferencias en el proceso, y al mismo tiempo se protegerán de la abrasión y obstrucción los equipos mecánicos y tuberías; el gasto de diseño para el sistema de pretratamiento es el gasto máximo instantáneo.

El emisor de 30 pulgadas de diámetro; que descargará en la caja receptora de donde se eliminarán las aguas excedentes a la capacidad de tratamiento de la planta mediante una tubería de excedencias de 30 pulgadas que después descarga en el río Áporo. Las principales características de esta estructura se señalan a continuación:

Caja derivadora de excedencias		
PARAMETROS Y DIMENSIONES	Valor	Unidad
Caudal máximo extraordinario	41.84	L/s
Caudal de diseño de la PTAR	27.89	L/s
Caudal máximo de excedencias	41.84	L/s
Diámetro de la tubería de llegada	30	Pulg
Velocidad en la tubería	3	m/s
Longitud de la caja	1.5	m
Ancho de la caja	1.5	m
Tirante máximo de agua	0.70	m
Bordo libre	0.3	m
Altura total	1	m
Diámetro de la tubería de desvío	30	Pulg

El agua a tratamiento pasará a través de rejillas metálicas y posteriormente al canal de desarenación. El módulo de cribado cuenta un canal, diseñado para conducir el gasto de diseño. El flujo, se controla por medio de una compuerta deslizante de operación manual. Las cribas serán limpiadas diariamente, en forma manual con herramienta. A continuación se muestran las características más importantes del sistema.



PARAMETROS Y DIMENSIONES	Criba # 1	Criba # 2	Criba # 3	Unidad
	Valor	Valor	Valor	
Limpieza manual	SI	SI	SI	
Tipo de cribado	grueso	medio	fino	
Número de barras	3	7	24	
Espesor de las barras	12.7	6.35	6.35	mm
Ancho de las barras	38.1	25.4	19	mm
Espacio libre entre barras	65.5	31.9	10.3	mm
Ángulo respecto a la horizontal	45	45	45	grados
Tirante máximo	22.50	22.50	22.50	cm
Ancho del canal de cribado	30	30	41	cm
Número de barras	3	7	24	
Velocidad aguas arriba	0.50	0.50	0.50	m/s
Longitud de las barras	0.71	0.71	1.18	m
Longitud de los canales	3.00	3.00	8.00	m
Profundidad media del canal (Q = 27.89 L/s)	0.225	0.225	0.555	m
Bordo libre	27.5	27.5	27.5	cm
Altura total	0.50	0.50	0.83	m



Medición de flujo a tratar

El flujo se controla mediante un vertedor proporcional tipo sutro ubicado al final de los canales desarenadores y cuya función principal es la de medir el flujo de agua que pasa a través del sistema de tratamiento. Las características principales de este dispositivo de tratamiento se muestran a continuación.

Vertedor proporcional tipo sutro		
PARAMETROS Y DIMENSIONES	Valor	Unidad
Gasto máximo	41.84	l/s
Tirante máximo	33	cm
Gasto de diseño	27.89	l/s
Tirante de diseño	18	cm
Bordo libre	12	cm
Ancho del vertedor	20	cm
Longitud (vertical) de parte superior a inicio de vertido	33	cm

1.4.2 Tratamiento Primario.

Reactor biológico de digestión anaerobia. Diseñado y construido por la empresa Xochicalli (ver detalles en anexo 1 pág. 112-114).

1.4.3 Tratamiento Secundario.

Mamparas de oxidación.

Humedales artificiales de flujo subsuperficial.

Diseñados y construidos por la empresa Xochicalli.



1.4.4 *Tanque de contacto de cloro*

El tanque de contacto de cloro recibe el agua proveniente de los humedales para someterse a un proceso de desinfección, donde el agua es transportada a través de un sistema de mamparas, y sus principales características son:

Tanque de contacto de cloro		
PARAMETROS Y DIMENSIONES	Valor	Unidad
Gastos de operación		
Máximo	27.89	l/s
Mínimo	8.02	l/s
Flujo	En mamparas	
Tiempo de retención (a gasto máximo)	20	min
Dosis de cloro	4.8	mg/l
Volumen del tanque	9.62	m ³
Ancho del canal	1.00	m
Longitud del flujo	7.5	m
Largo del tanque	5.0	m
Número de secciones del tanque	5	
Ancho del tanque sin considerar mamparas	1.5	m
Tirante de agua	1.30	m
Bordo libre	0.20	m
Altura total	1.80	m
Consumo de cloro	3	kg /día
Reducción de coliformes	99.8	%



Medición de flujo tratado a la salida de la planta:

Vertedor triangular		
PARAMETROS Y DIMENSIONES	Valor	Unidad
Gasto de diseño	27.89	lps
Tirante de diseño	30	cm
Angulo	60	grados
Bordo libre	10	cm
Ancho del vertedor	35	cm
Longitud (vertical) de hombros a partir del vértice	30	cm

Para el caso del lecho de secado de lodos, no fue considerado por “Desarrollo Integral con Tecnología Adecuada Casa Xochicalli A.C.”, sin embargo se describe brevemente su importancia.

El lecho de secado de lodos tiene como principales funciones la deshidratación de lodos mediante la exposición directa de los rayos solares, de esta manera una vez deshidratados se transportan mediante camiones de volteo fuera de planta de tratamiento para su disposición en el relleno municipal o para emplearse en la ayuda en la formación de suelos agrícolas. Otra de sus funciones es recircular los lixiviados al sistema de pretratamiento.

1.5 Datos de diseño.

En el diseño de la planta de tratamiento se consideraron básicamente los siguientes datos:

a).- Tipo de sistema: Reactor Anaerobio de Lecho de Lodos y Flujo Ascendente conocido por sus iniciales como “RALLFA”, según bibliografía inglesa corresponde al sistema UASB (del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

b).- Total de servicios del sistema sanitario incluyendo posibles crecimientos a futuro a tratar

Servicios actuales = 2112 habitantes



Servicios totales a futuro = 2717 habitantes

c).- Gastos generados, en l/s.

Gastos	L / s
Medio	8.02
Máximo instantáneo	27.89
Máximo extraordinario	41.84
Mínimo	4.01

d).- Características de las aguas residuales

Estas características fueron las consideradas por “Desarrollo Integral con Tecnología Adecuada Casa Xochicalli A.C.”.



2 OPERACION NORMAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

Para conseguir y mantener el nivel de tratamiento apropiado, conjugando los diferentes componentes y factores que involucró el sistema, será necesario efectuar una operación y mantenimiento adecuados. La operación eficiente se logrará en la medida que el operador conozca perfectamente lo que está haciendo y por qué lo está haciendo.

Por lo anterior, se requiere proporcionar a los operadores toda la información necesaria antes de poner en marcha la planta, y además, de manera continua mantener el cuidado de que el personal realice sus labores tal cual como se le especificaron; de igual manera, será imprescindible disponer de los recursos materiales básicos para que efectúe una labor de manera eficiente y segura.

2.1.- Actividades en la puesta en marcha

Las etapas básicas de carácter general, que se requieren para poner en marcha una planta de tratamiento de aguas residuales de reciente construcción, varían de un sistema a otro, dependiendo de las características particulares de cada uno de los procesos.

2.1.1.- Actividades previas al arranque

Antes de la puesta en marcha se deberá verificar, que la planta tenga todas las unidades y equipos que se señalan en el proyecto ejecutivo, preferentemente, es recomendable que se levante un inventario donde se incluyan todas las partes constitutivas del sistema, con sus características particulares, que coincidan con las señaladas en el proyecto ejecutivo, con la finalidad de tener la información condensada de la planta, contar con información base, elaborar formas de registro y solicitar con la mayor prontitud los equipos y accesorios que se vayan requiriendo de las mismas marcas, si éstas han proporcionado buen servicio. Esto se efectúa en virtud de que los equipos sufren deterioros, se desprenden las placas con los datos y se pierde el control de los equipos y accesorios.

Una vez realizado el inventario, se procederá a verificar que las unidades funcionen hidráulicamente y que no haya fugas. Se recomienda alimentar y llenar las unidades



con agua natural, para que, de existir problemas, se pueda proceder a su solución sin contratiempo para los operadores responsables de estas funciones. Con esta actividad se pueden ahorrar muchas horas de trabajo y problemas innecesarios; en virtud de lo complicado que resultaría la detección de fugas o problemas por reparar.

Se deberá comprobar los mecanismos de levante de las compuertas ubicadas al inicio del tratamiento, con la finalidad de verificar el adecuado funcionamiento de estos dispositivos.

El agua alimentada se deja fluir a través de las fases de tratamiento, se revisan válvulas y tuberías para detectar fugas. Finalmente se arranca el equipo, para en el caso de existir fallas se proceda de inmediato a su corrección.

Una vez que se haya comprobado que el agua fluye libremente, es decir que no existan fugas y que el equipo está debidamente instalado de acuerdo a lo señalado en el proyecto, se procederá a alimentar con las aguas residuales para poner en marcha al sistema de tratamiento.

2.1.2 Pretratamiento

2.1.2.1 Cribado

Se deberá verificar la inclinación de la rejilla con la horizontal de acuerdo con el dato de diseño y se observará el flujo del agua a través de las barras.

También se deberá verificar que las rejas estén bien apoyadas y que el material de éstas sea el especificado por el proyecto, en cuanto a espesores de las barras, ancho cédula del acero, y los que puedan afectar la resistencia y que hayan recibido el tratamiento especificado para su protección, y evitar el daño en virtud de las características propias del agua residual.

La compuerta de aguja, para el desvío del flujo, deberá estar correctamente instalada, lo que se deberá verificar con el accionar repetido de apertura y cierre en diferentes condiciones, (rápido, lento, por pausas y otros), de tal manera que no existan fugas de agua y que su maniobrabilidad sea correcta. En caso de existir fugas es recomendable revisar el espesor de la aguja, verificar los asientos o empaques de éstas, así como la rigidez del apoyo del vástago y en caso necesario hacer los cambios o ajustes que correspondan.



2.1.2.2 Desarenado

Para que exista una separación apropiada de arenas, es importante asegurar una velocidad uniforme y controlada en el desarenador, para tener una adecuada distribución del material.

Es necesario que se realicen revisiones constantes para determinar la cantidad real de arena depositada y confirmar o ajustar los periodos de remoción de arena o limpieza de las cámaras. Se deberán anotar periódicamente en la bitácora de operación los datos observados, el gasto que está circulando, la cantidad de arena depositada y cualquier eventualidad.

2.1.2.3 Medidor de flujo a la entrada

Para conocer plenamente el gasto a tratar es necesario conocer el tirante antes del vertedor proporcional tipo sutro deberá existir una escala graduada que permita determinar el mencionado tirante para así conocer el gasto de entrada al sistema de tratamiento. Lo anterior se realizará por medio de la curva de calibración del vertedor o la tabla de calibración correspondiente en la que se mostrarán valores de tirante y gasto.

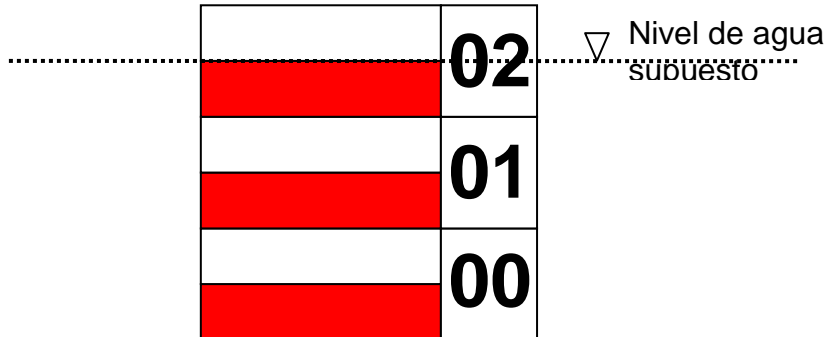
Características del vertedor:

Vertedor proporcional tipo sutro	
h=	0.30 m
Q _{max} =	$2b(2ag)^{3/2}(h+(2a/3)) = 49.10 \text{ l/s}$
B.L =	0.10 m
B=	0.20 m

A continuación se presenta la tabla de determinación del gasto según la altura medida a partir de la base de vertido del vertedor proporcional tipo sutro, ésta altura deberá hacerse mediante una escala graduada rotulada en la pared del vertedor en su cara posterior a la descarga de agua residual. Esta regla partirá del nivel o base de la altura del vertido ubicada en la zona rectangular del vertedor y deberá prolongarse a la zona superior conformado por la zona curva. El trazado de la regla deberá hacerse con rectángulos grandes y claros de colores blanco y rojo alternado de 0.5 cm. cada uno



por 5 cm. de ancho y graduaciones a cada centímetro, tal como se indica a continuación:



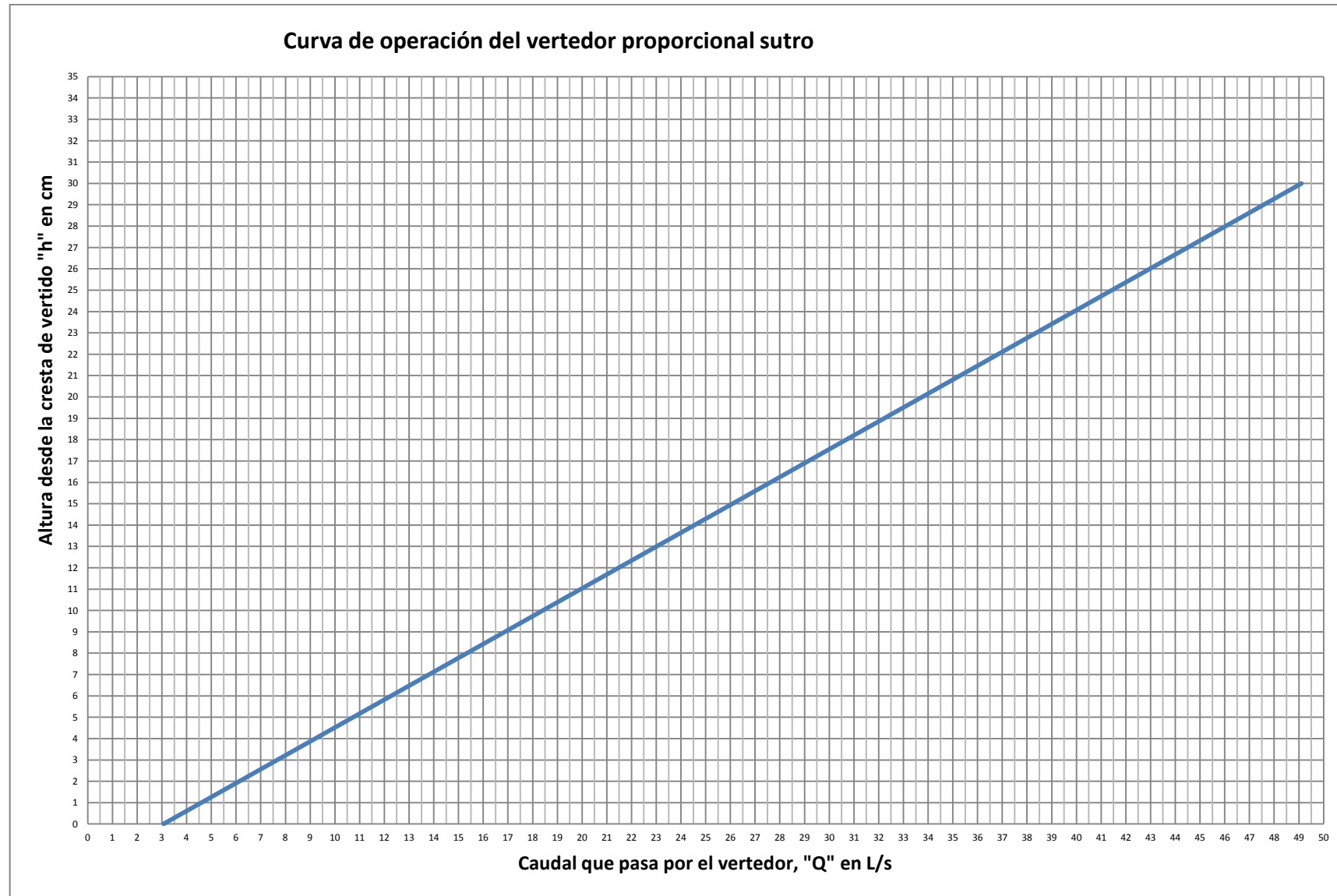
De tal manera, que si existiera en un supuesto caso un nivel y deseáramos leer su tirante sería para el caso de la figura anterior, bajo la consideración de que cada color representa medio centímetro de altura, entonces se tendría que está en el número 2 y cubre todo el cuadro rojo, por tanto la lectura es 2.5 centímetros (cm.), con ésta lectura tomada recurrimos a la tabla de operación del vertedor mostrada a continuación, y obtenemos el gasto ya sea en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o bien en litros por segundo (l/s); otra opción puede ser utilizar la curva de operación que se encuentra anexa en este manual, para esto entramos con la altura tomada en la regla graduada y determinamos el gasto según la intersección de ordenadas y abscisas.

Es recomendable contar con una hoja de la de operación del vertedor y de la gráfica de operación enmicada y colocada cerca de la planta y a la mano del operador, con la finalidad de determinar el gasto de manera inmediata en caso de ser necesario (Se recomiendan hasta tres juegos de estas graficas y tablas por el caso de que se llegara a extraviar alguna).



**TABLA DE OPERACIÓN DEL VERTEDOR PROPORCIONAL SUTRO
(zona curva del vertedor)**

h (cm)	Q (l/s)	Q (m³/s)
0	3.07	0.00307
0.5	3.84	0.00384
1	4.60	0.00460
2	6.14	0.00614
3	7.67	0.00767
4	9.21	0.00921
5	10.74	0.01074
6	12.28	0.01228
8	15.34	0.01534
9	16.88	0.01688
10	18.41	0.01841
11	19.95	0.01995
12	21.48	0.02148
13	23.02	0.02302
14	24.55	0.02455
15	26.08	0.02608
16	27.62	0.02762
17	29.15	0.02915
18	30.69	0.03069
19	32.22	0.03222
20	33.76	0.03376
21	35.29	0.03529
22	36.83	0.03683
23	38.36	0.03836
24	39.89	0.03989
25	41.43	0.04143
26	42.96	0.04296
27	44.50	0.04450
28	46.03	0.04603
29	47.57	0.04757
30	49.10	0.04910



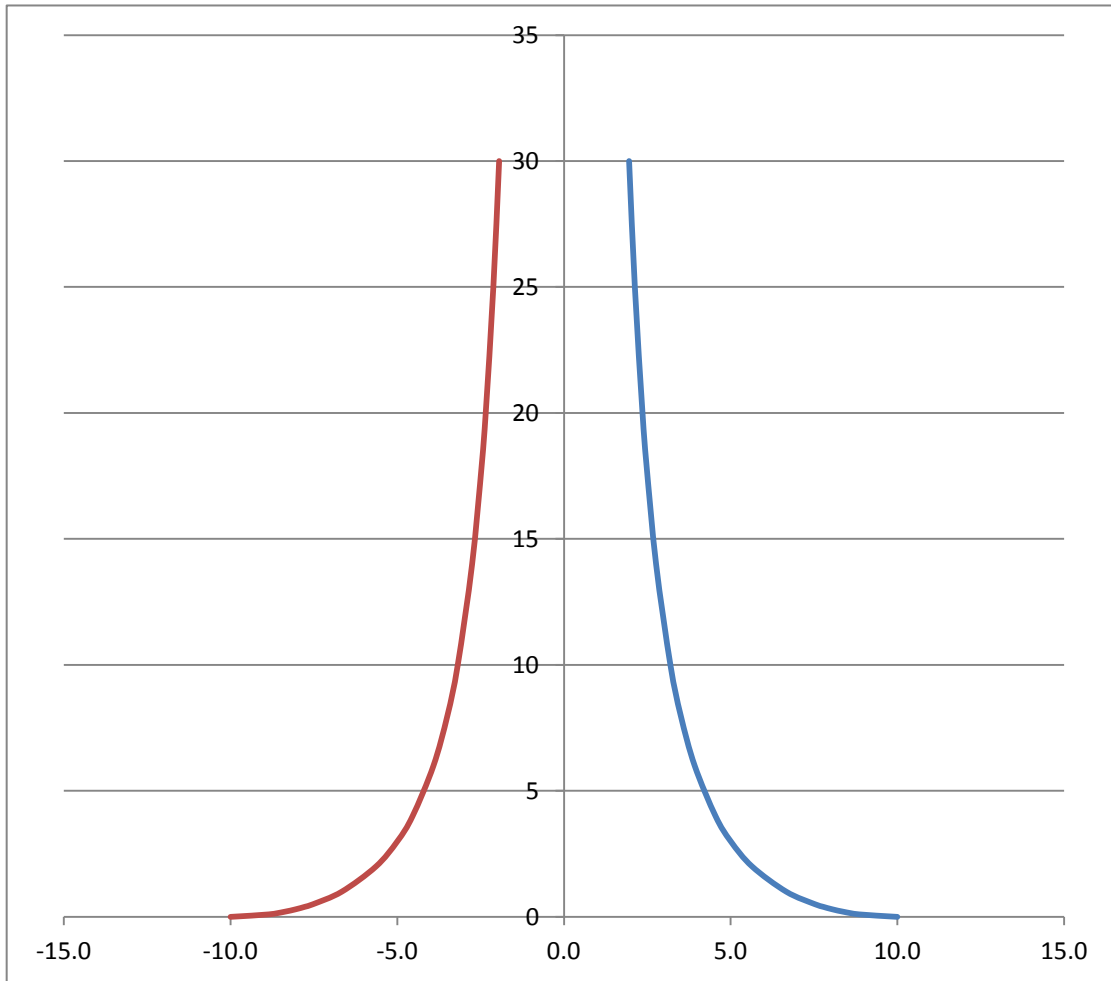


Figura de la zona curva del vertedor con la escala graduada en sentido vertical

Se recomienda que una vez instalados los vertedores, se realice calibración de dichos vertedores, con la finalidad de ajustar la tabla y curva de calibración, para de esta manera tener un mejor control en la operación de dichos dispositivos de medición.



2.1.3. Tratamiento primario (reactor anaerobio)

Previamente a la puesta en marcha, se deberán revisar todos los elementos hidráulicos y de operación, como las tuberías de interconexión, registros, tuberías de gases, etc., prestando atención a la presencia de dificultades de paso hidráulico entre reactores, ruidos extraños y vibraciones, entre otros. Al efectuar esta actividad, es conveniente que esté presente el personal que operará el sistema, el cual deberá estar seguro de lo que va a hacer y cómo dar el servicio correcto a los diferentes dispositivos de la planta.

Se deberá verificar que los tanques estén limpios y no permitir la entrada de materiales ajenos a éstos, para prever esto y donde existan dudas de desprendimiento de material, se podrán emplear cepillos de alambre o espátulas, cucharones, cepillos y recogedores con mango.

Con el fin de evitar taponamientos en las tuberías de conducción, se verificarán que los reactores estén completamente limpios y libres de toda materia extraña que pueda obturar las tuberías de interconexión o de descarga de gases.

Una vez efectuadas todas las consideraciones anteriores, se deberán llenar paulatinamente los reactores con aguas residuales para sustituir las aguas naturales existentes.

El reactor anaerobio es la parte más importante de la planta de tratamiento, que funciona además como sedimentador y separador de grasas, aceites y natas con densidad inferior a la del agua, en este se mantiene un nivel de microorganismos capaces de degradar la materia orgánica y hacer un nivel de tratamiento mucho muy aceptable, y que en conjunto con otros dispositivos logra una remoción de contaminantes muy aceptable que permite alcanzar niveles por debajo de los normados.

2.1.4. Mamparas de oxidación, (tratamiento secundario a base de lirio acuático)

En esta etapa del tratamiento se deberá revisar se cuente con la vegetación recomendada para su tratamiento, en este caso es la de "lirio acuático", el cual debe tener aspecto sano y frondoso. Deberá contar con agua natural como medio de soporte para su sustentación temporal previo al arranque e ingreso del agua residual.

Se deberá cuidar que tanto las tuberías de salida del agua residual tratada en el



reactor biológico, así como los vertedores de descarga a los humedales se encuentren totalmente libres de materiales extraños que obstruyan el buen funcionamiento hidráulico.

2.1.5. Humedales artificiales, (tratamiento secundario a base de tule)

En esta etapa del tratamiento de las aguas residuales se realizará un pulimento al efluente tratado en el reactor biológico, utilizando vegetación tipo tule para la remoción de compuestos nitrogenado y fosforados.

En esta etapa se deberá verificar que se cuente con la vegetación recomendada, la correspondiente al tipo “tule”, esta debe estar sembrada y bien colocada en el medio de sustentación.

El medio de sustentación deberá ser material grueso con diámetro medio de 10 cm, para favorecer el crecimiento de raíces de las plantas ahí colocadas.

El medio de sustentación no deberá contener materiales finos, dado que estos reducen considerablemente la conductividad hidráulica del sistema.

En esta parte los operadores deberán cuidar que se introduzca material fino al interior del humedal.

El operador deberá cuidar que el bulbo del tallo del tule quede totalmente inmerso en la superficie de agua a tratar, para evitar que la vegetación muera.

Se deberá cuidar que los orificios de vertido en el efluente de esta unidad de tratamiento estén libres de cualquier material extraño que pueda obstruir y propiciar un derrame de agua en el sistema de humedales artificiales.

2.1.6 Tanque de contacto con cloro

En esta unidad, además de la estructura, se requiere revisar minuciosamente que el equipo de dosificación de cloro sea el adecuado para hacer una desinfección; se sugiere el uso pastillas de hipoclorito de calcio, por su fácil manejo y no representar problemas al operar.

La dosificación de cloro podrá variar de acuerdo con la concentración del cloro residual en el efluente; más aun sin embargo se recomienda que la dosificación sea de 4.8 miligramos por litro de agua tratada, para garantizar un cloro residual de 0.3 mg/l. De tal manera que el operador deberá cuidar los primeros días de operación el consumo de cloro, para este caso bastará con colocar las pastillas correspondientes a los 3 kilogramos requeridos por día, y se cuidara que en 24 horas consuma al menos la cantidad dosificada, lo anterior garantiza una concentración de cloro efectivo de 4.8 mg/l, el cual generará el cloro residual necesario para eliminar todo organismo



coliforme procedente de la planta.

Una vez que el operador determinó la dosis correcta con el dispositivo portapastillas, deberá adaptarse la cantidad de pastillas en función de su peso propio. El operador deberá estar al pendiente de su consumo, para prever el suministro de pastillas. El almacenamiento de pastillas estará a cargo del operador y cuidará que estén en un lugar seco y ventilado, siguiendo cuidadosamente las recomendaciones del fabricante.

La manipulación de las pastillas de hipoclorito de calcio deberá hacerse con todas las medidas de seguridad especificadas por el fabricante del hipoclorito de sodio. Por lo que en caso de algún accidente será responsabilidad del operador el no usar los dispositivos de seguridad apropiados por medio de las medidas establecidas por el fabricante, que son el uso de lentes tipo google, guantes, ropa adecuada (overol) y cubre bocas.

2.1.6.1 Medidor de flujo a la salida

Para el caso del vertedor que se encuentra en el tanque de contacto de cloro deberá procederse de igual manera que el ubicado en el pretratamiento, es decir, rotular su escala de medición graduada, sobre el muro de la mampara a 1m del vertedor, donde se establece que se tiene estabilizado el tirante hidráulico.

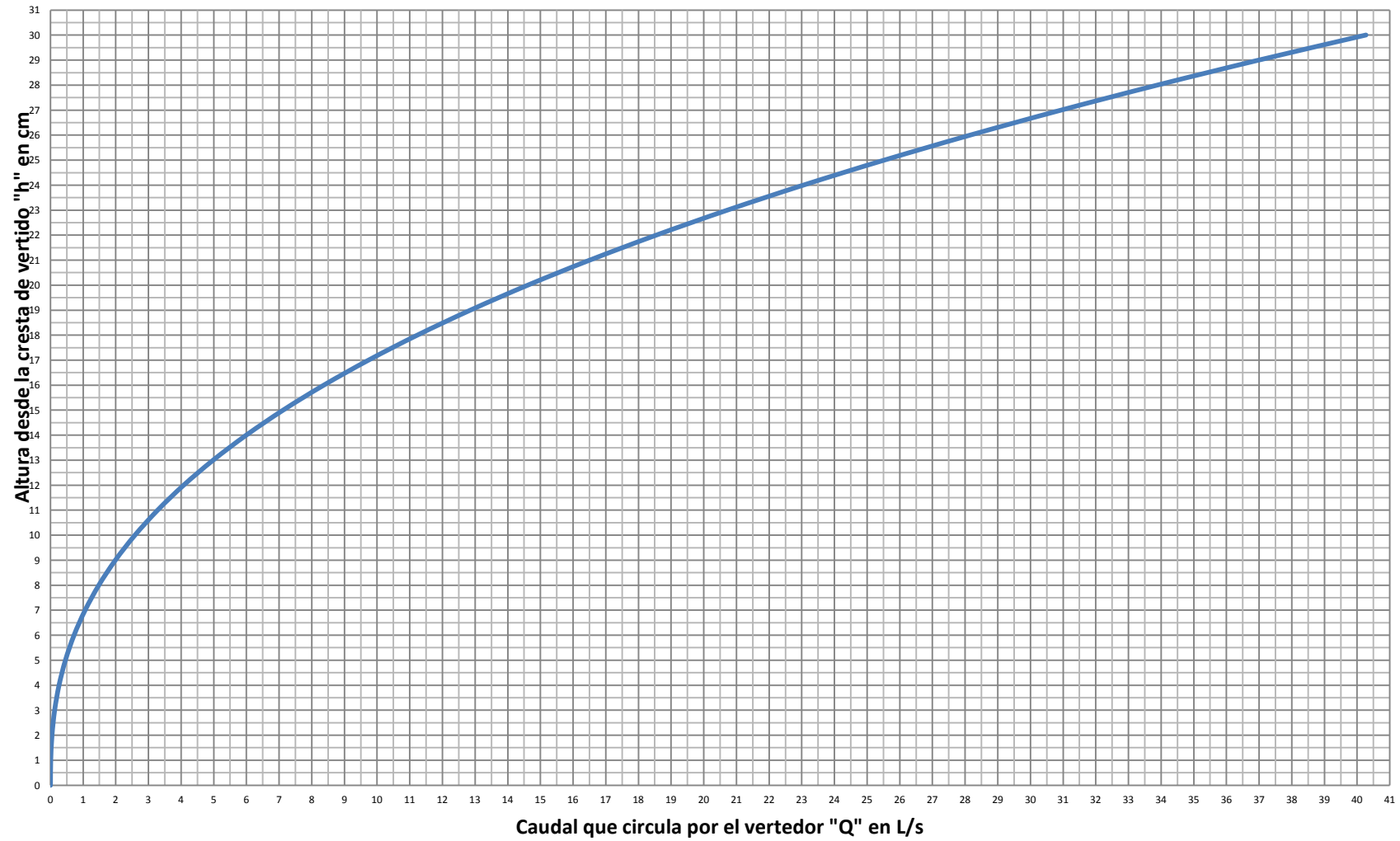


TABLA DE OPERACIÓN DEL VERTEDOR TRIANGULAR

h (cm)	Q (l/s)	Q (m³/s)
0	0.00	0.00000
1	0.01	0.00001
2	0.05	0.00005
3	0.13	0.00013
4	0.26	0.00026
5	0.46	0.00046
6	0.72	0.00072
7	1.06	0.00106
8	1.48	0.00148
9	1.99	0.00199
10	2.58	0.00258
11	3.28	0.00328
12	4.08	0.00408
13	4.98	0.00498
14	5.99	0.00599
15	7.12	0.00712
16	8.37	0.00837
17	9.74	0.00974
18	11.23	0.01123
19	12.86	0.01286
20	14.61	0.01461
21	16.51	0.01651
22	18.55	0.01855
23	20.73	0.02073
24	23.05	0.02305
25	25.53	0.02553
26	28.16	0.02816
27	30.95	0.03095
28	33.89	0.03389
29	37.00	0.03700
30	40.27	0.04027



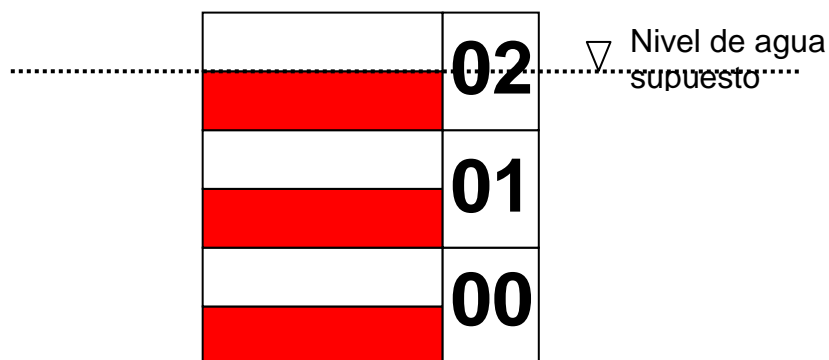
Curva de operación del vertedor triangular





A continuación se presenta la forma en la que se determinará la altura de vertido a través del vertedor triangular cuya determinación del gasto se realizará según la altura medida a partir del vértice del vertedor triangular, ésta altura deberá hacerse mediante una escala graduada rotulada en la pared del canal y deberá ubicarse a 1.0 metro del sitio donde se ubica el vertedor antes del vertido en la pared este.

Esta regla partirá del nivel o altura del vértice del vertedor por lo que deberá hacerse un nivelado con manguera para ubicar el nivel cero del vertedor. El trazado de la regla deberá hacerse con rectángulos grandes y claros de colores blanco y rojo alternado de 0.5 cm. cada uno por 5 cm. de ancho y graduaciones a cada centímetro, tal como se indica a continuación:



De tal manera, que si existiera en un supuesto caso un nivel y deseáramos leer su tirante sería para el caso de la figura anterior, bajo la consideración de que cada color representa medio centímetro de altura, entonces se tendría que está en el número 2 y cubre todo el cuadro rojo, por tanto la lectura es 2.5 centímetros (cm.), con ésta lectura tomada recurrimos a la tabla de operación del vertedor mostrada a continuación, y obtenemos el gasto ya sea en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o bien en litros por segundo (l/s); otra opción puede ser utilizar la curva de operación que se encuentra anexa en este manual, para esto entramos con la altura tomada en la regla graduada y determinamos el gasto según la intersección de ordenadas y abscisas.

Es recomendable contar con una hoja de la de operación del vertedor y de la gráfica de operación enmicada y colocada cerca de la planta y a la mano del operador, con la finalidad de determinar el gasto de manera inmediata en caso de ser necesario (Se



recomiendan hasta tres juegos de estas graficas y tablas por el caso de que se llegara a extravíar alguna).

Se recomienda que una vez instalados los vertedores, se realice calibración de dichos vertedores, con la finalidad de ajustar la tabla y curva de calibración, para de esta manera tener un mejor control en la operación de dichos dispositivos de medición.

2.2.- Actividades rutinarias en la planta operando

Una vez puesto en marcha el sistema de tratamiento, aclimatados los microorganismos anaerobios, así como la vegetación acuática provista para el tratamiento secundario de las aguas residuales, y trabajando establemente, esto es, sin que existan cambios significativos en las condiciones de operación, se procede a efectuar actividades operativas rutinarias para mantener la eficiencia de tratamiento deseada.

2.2.1 Pretratamiento

2.2.1.1 Cribas

Se utilizan para retener sólidos gruesos, para evitar posibles daños a las estructuras, proteger las bombas y válvulas así como evitar que se obturen, por trapos, plásticos, maderas u objetos de gran tamaño.

a).- Operación de las rejas.

La operación de limpieza se realiza en forma manual y requiere de atención frecuente.

La acumulación de basura en las barras, puede bloquear el libre paso del flujo, causando que se regrese el agua.

Para evitar la acumulación de residuos en las rejillas se recomienda hacerles una inspección rutinaria semanal y en caso de ser necesario hacer la limpieza, dependiendo del material retenido, en caso de existir demasiado material retenido deberá



inspeccionarse más seguido.

El área de limpieza deberá estar libre de objetos, para que el operador pueda pararse sin dificultad. Se deberá remover la basura, grasas, y otros materiales que puedan causar accidentes al personal encargado de la operación y mantenimiento.

La posición correcta de limpieza, es parado entre el canal con los pies abiertos, de frente a la rejilla se procede a retirar con un rastrillo de agricultor los objetos retenidos; una vez removidos se deberán dejar para que se escurran sobre la charola de escurrimiento; y posteriormente retirados en contenedores especiales provistos de tapa, para su envío al relleno sanitario.

Cuando se estén limpiando las barras se deberá hacer uso de guantes y ropa especial para evitar raspones en las manos e infecciones en el cuerpo.

Se deberá contar con un aditamento específico para colgar el rastrillo, y no dejarlo tirado en el piso ya que puede ocasionar accidentes.

- Problemas operacionales y soluciones

El problema que frecuentemente se presenta en las barras es debido a la gran acumulación de trapos y/o desechos por lo que ocasionan baja velocidad del agua. Los desechos pueden generar olores ofensivos, atracción de moscas u otros insectos y otros. Para darle solución a todo esto se deberá efectuar la remoción de residuos con la frecuencia que la operación requiera sin que se presenten los problemas mencionados.

Otro de los problemas que suelen presentarse, es la cantidad excesiva de arena acumulada en el fondo del canal desarenador, lo que se presenta cuando la concentración de arena fue mayor a lo considerado en el proyecto, o debido a la falta de limpieza oportuna del canal que está fuera de operación. Para la solución al primer problema, se deberán hacer pruebas para determinar la periodicidad de extracción de las arenas, para el segundo caso se deberá extraer la arena en periodos de tiempo más cortos al anterior puntualmente.



Para dar solución a esto se deberá verificar la velocidad de circulación y se compara con la de proyecto ($v = 0.30$ m/s) para la cámara desarenadora, para lo cual se recomienda el método “Distancia-Tiempo”. Se deberán remover todos los residuos adheridos al fondo de la entrada, para no alterar la velocidad. Si la velocidad en el canal es menor de 0.6 m/s se deberá limpiar el canal regularmente, si esto sucede frecuentemente, se recurrirá a la limpieza con chorro de agua a presión y barrer el fondo.

Cuando se presenten olores desagradables generados por la descomposición de residuos orgánicos, es porque se está produciendo ácido sulfhídrico, que ocasiona corrosión al metal de la estructura, puede ser debido a taponamientos prolongados. Para evitar esto, se deberán limpiar las barras de la criba para no obstruir el flujo según la periodicidad establecida, así como lavar el canal periódicamente con agua a presión, para remover el lodo adherido y los sólidos flotantes.

2.2.1.2 Desarenador

El desarenador tiene como función, separar arenas que forman parte del flujo, o cualquier objeto que por su peso específico, tenga velocidad de sedimentación superior al de los sólidos orgánicos en el agua.

El desarenador proyectado para esta planta es de flujo horizontal de limpieza manual, se controla la sedimentación de las arenas por medio de velocidad.

Operación de la cámara desarenadora:

Para la operación del sistema de desarenado, es necesario que se opere de manera alternada cada desarenador, por lo que siempre deberá existir un canal de reserva para las actividades de limpieza, esto es por medio del alternado de una cámara y otra entre las maniobras de limpieza y remoción de arenas.

La operación de las cámaras desarenadoras esta será mediante la apertura y cierre de compuertas verticales a la entrada del desarenador.



Los desarenadores de limpieza manual deben limpiarse cuando las arenas depositadas alcancen el nivel de colmatación del compartimiento específico para acumulación de las arenas. Esto es cada mes o antes si los ajustes durante la operación así lo requieren.

La acumulación de arenas deberá vigilarse, en los primeros 60 días de operación por períodos de dos a diez días; además se debe tener cuidado con los gases producto de la oxidación en condiciones anaerobias de la materia orgánica depositada en el fondo junto con la arena, ya que un olor marcadamente desagradable de las arenas, significa que se está depositando demasiada materia orgánica en el desarenador. En este caso denotará que la velocidad de circulación es demasiado baja; para la solución a este problema, se procurará incrementar la velocidad utilizando algún sistema eventual mientras se corrige la irregularidad, (pudieran ser costales de arena para reducir la sección transversal); en caso de que se presente nuevamente dicho problema al momento de retirar los costales, se deberá pensar en una adaptación definitiva.

El método establecido para remover las arenas sedimentadas, es el siguiente: se operarán las compuertas de la caja de desvío en horas de baja aportación con el fin de asegurar que no existirá riesgo de verter al río excesos de agua sin tratar, mientras permanece cerrado el paso al flujo deberá extraerse la arena mediante paleo; posteriormente se recomienda “raspar” con cepillo de raíz y agua clara o potable (lo que resulte más fácil) las paredes del canal.

2.2.2 Tratamiento primario

2.2.2.1 Reactor anaerobio

El proceso de tratamiento anaerobio, es un proceso biológico de flujo ascendente, el cual se caracteriza por tener en sedimentación toda la materia orgánica y formar una biomasa de microorganismos anaeróbicos.

Los microorganismos se utilizan para “reducir” los compuestos orgánicos, solubles y coloidales, presentes en el agua residual, a CO_2 y CH_4 , principalmente, en ausencia de oxígeno molecular.



A la mezcla de microorganismos y aguas residuales formada en el reactor anaerobio se le llama biomasa o lodo anaerobio, éste a su vez permite por gravedad la separación sólidos - líquido.

- En condiciones favorables, el operador hará las maniobras requeridas para la remoción del exceso de microorganismos (lodos de desecho), para mantener la concentración óptima en el reactor.

La biomasa contiene millones de microorganismos (de 10^{10} a 10^{15} por cada 100 ml en un lecho de lodo saludable) incluyendo bacterias, hongos, protozoarios, gusanos y otros. Las sustancias que no usan los microorganismos como alimento también son transferidos a la masa, con lo que mejora la calidad del agua.

El crecimiento de microorganismos así como los residuos acumulados producen sólidos para su disposición. Ciertos compuestos son convertidos y removidos del agua residual a la atmósfera en forma de gases (dióxido de carbono, metano y gases volátiles), también como agua y como sólidos.

Para mantener a los microorganismos en condiciones adecuadas en el lecho de lodo se les debe proporcionar un buen ambiente. Concentraciones intolerables de ácidos, bases y otras sustancias tóxicas son indeseables y pueden matar a los microorganismos. Fluctuaciones excesivas de cargas pueden causar sobrealimentación que provocan detrimento en el proceso de tratamiento.

Una operación eficiente de la planta de tratamiento, en general, requerirá que el operador esté atento al comportamiento de los factores que tienen influencia en el proceso, para verificarlos repetidamente y controlarlos. El control del proceso es relativamente simple y consiste básicamente en mantener una concentración apropiada de sólidos en el reactor para asimilar los residuos o comida del influente ajustando el lodo de desecho.

Dentro de los factores además de los anteriores para el control del proceso, se tienen los siguientes:



- Distribución adecuada del flujo y carga de alimentación en el reactor.
- Control efectivo de residuos sólidos, espumas, aceites y natas para evitar alteraciones en el proceso.
- Mantenimiento de un ambiente adecuado a los microorganismos para mantenerlos estabilizados.

En conclusión la calidad del efluente determina las condiciones de operación del proceso y el grado de control requerido.

2.2.3 Tratamiento secundario

2.2.3.1 Mamparas de oxidación

En las mamparas de oxidación se deberá cuidar el crecimiento del lirio acuático, por lo que es recomendable que el operador este atento al desarrollo y crecimiento de la población de lirio. Un crecimiento excesivo denota la necesidad de realizar actividades de retiro de excedentes al interior de las mamparas, en general las mamparas deberán estar completamente cubiertas de lirio acuático.

En caso de que existe disminución de la población de lirio, el operador deberá considerar diferentes aspectos dentro de esta disminución, una de las principales causas es la falta de radiación solar, otra puede ser la exposición a fuertes heladas que “quemen” la vegetación, para este caso el operador deberá considerar proteger la vegetación acuática por medio de una cubierta provisional de plástico para evitar la muerte masiva del lirio acuático.

Si la muerte de la vegetación es por variaciones de calidad del agua, se deberá realizar un análisis al influente de la planta para determinar las condiciones del agua de ingreso y determinar la causa de muerte del lirio acuático para poder tomar las medidas necesarias.

2.2.3.2 Humedal artificial de flujo subsuperficial

Una de las actividades rutinarias en el humedal de flujo subsuperficial es la poda del tule con la finalidad de favorecer el crecimiento y remoción de contaminantes en el agua residual, para tal caso es recomendable que el operador vigile el crecimiento del follaje del



tule a fin de mantener las mejores condiciones de desarrollo de la vegetación. Un follaje fuertemente denso habla de la necesidad de poda, un follaje débil y poco abundante, refiere a condiciones de desarrollo en las que no es necesario realizar poda alguna.

El tule es una especie vegetal tolerante a cambios de temperatura, por lo que no se ve tan afectada como en el caso del lirio que si es una especie más susceptible a heladas. Para el caso del tule no es necesaria la protección contra inclemencias del tiempo.



2.2.4 Tratamiento terciario

2.2.4.1 Tanque de contacto con cloro

Tanto en el tanque de contacto de cloro como en los equipos de cloración, se deberán revisar continuamente, lo siguiente:

- La concentración de cloro residual en el efluente o salida.
- El flujo de entrada por pastillas en el dispositivo dosificador.
- El volumen de cloro sólido en la alimentación.
- Las tuberías de conducción.
- El buen estado de las pastillas de hipoclorito de calcio, y su incidencia solar (debe protegerse el cloro de la luz solar, la humedad, además de estar en un lugar ventilado).

2.3 Problemas operacionales.

2.3.1 Pretratamiento

Los problemas operacionales del pretratamiento, suelen ser por causa de gastos excedentes, los cuales deben ser vertidos por medio del vertedor de demasías. Esta situación debe estar plenamente controlada con los dispositivos adecuados.

Producto del intemperismo y la falta de mantenimiento, los sistemas de levante de compuertas sufren un deterioro que a corto plazo pueden ocasionar mal funcionamiento y finalmente en un deterioro del dispositivo, ya sea que este se pegue o bien se rompa. Para tal caso es necesaria la lubricación constante del sistema móvil, así como su cubierta de pintura anticorrosiva.

Como producto de la operación, los empaques de neopreno sufren un desgaste normal reduciendo su características mecánicas, espesor, resistencia, etc. originando fugas y mal sellado de la estructuras y dispositivos tales como compuertas y vertedores. En tal caso se deberá considerar la sustitución de los empaques de neopreno por unos nuevos de la misma especificación al original.



La falta de mantenimiento de la cámara de arenas provoca una disminución de la capacidad hidráulica de los canales desarenador y por consiguiente una ineficiencia en el funcionamiento hidráulico.

2.3.2 Tratamiento primario

El tratamiento primario por ser un tipo de sistema anaerobio es sumamente sencilla su operación por lo que en esta etapa los problemas operacionales son nulos, dado que dependen del pretratamiento y de la salida del reactor.

Una de las partes del reactor biológico que requiere atención, son las tapas en las que se realiza la extracción de metano, por lo que se recomienda verificar que estas siempre estén colocadas en su lugar y cuenten con sus orificios de venteo para facilitar la emisión de gas metano. Es recomendable no fumar, ni utilizar cualquier elemento que sirva de fuente de ignición dado que una alta acumulación de gas puede producir una flama fortuita que pueda causar quemaduras.

Otra de las causas por las cuales se deberá cuidar que el reactor cuente con sus tapas, es el evitar el ingreso de objetos extraños al interior del reactor, además esta acción representa un riesgo de muerte para alguna persona que caiga accidentalmente al interior del reactor, dado a que en su interior se tiene una gran profundidad.

El inconveniente que resulta por la falta de purga de lodos, es que el reactor se sature y este traslade el lodo a las siguientes unidades de tratamiento, por lo que se recomienda que en caso de que se observe presencia de lodo en suspensión en las mamparas se advierte la necesidad de realizar una purga de lodo por medio de una bomba de lodos. Este lodo deberá deshidratarse por medio de un lecho de secado de lodos. Actualmente la planta no cuenta con esta estructura, por lo que deberá considerarse en una futura ampliación de la PTAR.

En cuanto a las medidas que pueden implementarse para corregir los problemas, son:

1. Limpiar y dar mantenimiento al reactor por medio de la purga de lodos.
2. Revisar los ductos de gases que no se encuentren tapados u obstruidos.



3. Revisar que las tapas de respiración se encuentren en su lugar y tengan sello hermético.

2.4.- Secuencia de la operación de la planta de tratamiento

El tratamiento del agua residual se realizará principalmente para una aportación en operación normal, por lo que podrán existir gastos máximos instantáneos o extraordinarios capaces de ser tratados; en el caso de la rehabilitación el pretratamiento y el tanque de contacto de cloro, la concepción del diseño se previó a futuro el crecimiento de la población por lo que tiene un sobre diseño del caudal actual a tratar para futuras ampliaciones de las instalaciones y/o en la construcción de futuros complementos.

2.4.1.- Sistema de Pretratamiento.

El emisor descargará a un canal rectangular que gobernará la operación completa del sistema ya sea por medio del desvío de excedencias a través de un vertedor de demasías o bien con la operación de compuerta de aguja para desviar el cauce de la descarga en caso de emergencias, ésta caja conducirá el agua residual al pretratamiento, esto es a las rejillas metálicas inclinadas, que por la separación entre barras retendrá sólidos gruesos de hasta 7 cm. de diámetro; posteriormente pasa por otras rejillas de cribado medio y fino que retendrá materia de diámetros entre 3.5 y 1.5 cm., después de este cribado el flujo pasa al canal desarenador, donde se separan las arenas y partículas de peso específico mayor, seguido a esta separación se cuantificará el volumen ingresado al reactor por medio de un vertedor proporcional tipo sutro, posterior a este se ingresara al reactor.

Los dispositivos se maniobrarán bajo la secuela que a continuación se describe, considerando que se cambiará de funcionamiento para realizar el mantenimiento.

1. Abrir al flujo la compuerta del canal de ingreso a la zona de rejillas y desarenador, para que esté en operación.
2. Cerrar la compuerta del canal de rejilla y desarenador, cuando se tenga la certeza de que la cámara desarenadora ya llegó al nivel máximo de acumulación de arenas, para tal caso, se deberá abrir la compuerta del canal desarenador contiguo para desviar el gasto de agua residual y poner en operación el otro canal desarenador.



3. Palear las arenas depositadas en el desarenador y lavar con agua a presión y cepillo de raíz.
4. Limpiar y raspar con cepillo de alambre las rejillas del canal.
5. Dejar el canal desarenador limpio como reserva para la siguiente limpieza del canal que se encuentre operando de manera alterna.

2.4.2.- Reactor anaerobio.

Recibirá el agua proveniente de la caja de ingreso a través de dos tuberías de 25 cm. (10") ϕ que la llevará hasta el fondo del reactor y mediante gravedad se separará los lodos del agua. El agua saldrá del reactor y será conducida hacia las zanjas de oxidación. El agua posteriormente será conducida a través de una tubería de 20 cm. (8") ϕ hasta los humedales para continuar con su tratamiento.

El reactor dispondrá de un sistema de desalojo de gases principalmente metano y monóxido de carbono.

En el interior del reactor existirán huecos en la parte inferior de los muros de carga los cuales interconectarán todo el reactor entre si. De igual manera existen otros huecos en la parte superior para permitir la transferencia de gases entre mamparas del reactor y su posterior descarga a la atmósfera.

2.4.3.- Mamparas de oxidación.

Las mamparas de oxidación operan a nivel de carga hidráulica constante, por lo que no es necesario prever operación alguna.

2.4.4.- Humedal artificial de flujo subsuperficial.

Los humedales artificiales fueron diseñados para operar a nivel de carga hidráulica constante, por lo que no es necesario prever operación alguna.



2.4.5.- Tanque de contacto de cloro

El agua ya clarificada llegará al tanque de contacto de cloro, proveniente de los humedales, por medio de la tubería de vertido de 25 cm. (10") ϕ

En virtud de que la desinfección se dará en el tanque de contacto de cloro, por medio de hipoclorito de calcio, y además de que su demanda es muy baja, se suministrará el desinfectante por medio de pastillas sólidas colocadas en canastilla de acero inoxidable en la entrada al tanque de contacto de cloro.

El agua pasará a la tubería de descarga; a través de un vertedor triangular en el que podrá nuevamente cuantificarse fácilmente el agua tratada; para posteriormente verterla en el río.



3. OPERACION DE EMERGENCIA

Las emergencias en la operación de una planta de tratamiento se pueden presentar por tres razones básicas:

- I) Aportación de elementos nocivos en las aguas residuales domésticas.
- II) Interrupción por fallas mecánicas
- III) Fallas de los equipos de proceso.

La primera razón es poco factible, debido a que las características de calidad de las aguas residuales de entrada son completamente típicas domésticas. Sin embargo, las otras razones serán causa de operación, por lo que se deberá implantar un programa de acción que permita controlar el proceso desestabilizado.

3.1 Interrupción por fallas mecánicas

En cualquier localidad y en época de lluvias es común que haya interrupciones de los sistemas mecánicos, lo que puede provocar que el proceso se altere, principalmente si estas fallas son prolongadas.

Para este tipo de emergencias es recomendable contar con lo necesario para mantener en buenas condiciones los sistemas de levante de las compuertas.

En caso de que no se adquiera de inmediato los materiales para el mantenimiento se requerirá:

- a) Evitar la entrada de agua residual, accionando la compuerta en la caja de llegada.
- b) Cuando se restablezca los sistemas, alimentar el agua residual en forma lenta y verificar la operación de las compuertas.

Por lo anterior, es recomendable que cuente con un kit de materiales para el mantenimiento de las compuertas, tales como grasa, estopas, lijas, escobas, palas y demás materiales y herramientas necesarias para el adecuado mantenimiento.



En cuanto a las fallas en el equipo de dosificación, por falta de suministro de hipoclorito de calcio, a continuación se dan las medidas a tomar.

La cloración es importante para eliminar organismos patógenos presentes en las aguas residuales, por lo que, si el dosificador de cloro se llegara a averiar o se agotara el suministro de cloro, esta operación no garantiza un efluente libre de microorganismos patógenos, pero su operación hidráulica puede continuar pero no es su permanencia si el agente desinfectante. Para este caso se recomienda tener disponible siempre hipoclorito de calcio.

3.2 *Secuencia de paro de la operación de la planta*

El sacar de operación una o todas las unidades de tratamiento, se presentará en caso de interrupción por falla mecánica.

En caso de falla deberá programarse las maniobras de limpieza del dispositivo averiado, y hacer su sustitución y mantenimiento que proceda, toda vez que se tenga disponible los materiales y herramientas necesarios para su correcta habilitación.

En caso de que fuese muy necesario parar la planta deberá cerrarse el acceso del agua sin tratar en la caja de desvío por medio de la compuerta de aguja. Posteriormente se desalojará el desarenador por medio de bomba y se hará un traspaleo de arenas, una vez terminado con el desarenador se procederá con el reactor biológico por medio de una bomba sumergible. Concluido el vaciado de esta unidad se pasará al tanque de contacto de cloro y hacer la misma maniobra de desalojo de agua contenida en el tanque.

Ésta maniobra de desalojo será justificable únicamente si se tiene la sospecha y la necesidad de hacer una inspección visual al interior del reactor, o de los diversos módulos de tratamiento, ya sea para revisar posibles fisuras, grietas que requieran impermeabilización o mantenimiento a las tuberías de interconexión. De tal manera que se realice las operaciones necesarias de manera rápida. De igual manera, en caso de requerir el ingreso al reactor deberán destaparse todos los registros para ventilar el gas metano al interior del reactor, deberá ingresarse al reactor obligadamente con suministro



de oxígeno y protecciones adecuadas (botas impermeables, guantes, overol, máscara con suministro de oxígeno) evitar cualquier fuente de ignición, chispa o fuego. De ser necesario esperar un tiempo prudente para la dispersión de gases tóxicos. Al ingresar al reactor deberá entrar con una lámpara sellada a prueba de agua para evitar chispazos al interior del reactor

En el caso de las mamparas de oxidación y el humedal esta actividad no es posible de realizar, toda vez que un vaciado y ausencia de agua al interior de estas etapas originaría la muerte de las plantas acuáticas.

3.3 Fallas de los equipos de proceso

3.3.1 Equipo de desinfección

De presentarse fallas en el equipo de desinfección se deberá proceder a detectarlos y corregirlos. Si la falla es mayor se requerirá desmontar el dispositivo y hacer las reparaciones necesarias, dado que se sugiere que este se tenga por duplicado es de esperarse que no se tengan mayores problemas.

3.3.2 Bombas para lodos

En caso de fallas, se pueden asumir acciones similares a las recomendadas para el equipo de desinfección, el contar con una bomba para lodos inatascable para realizar con rapidez operaciones de reparación y/o mantenimiento y de este modo garantizar el funcionamiento continuo de la planta.



4 REQUERIMIENTOS DEL PERSONAL

Los requerimientos de personal para el caso específico de ésta planta de tratamiento se puede resumir en dejar la responsabilidad al servicio de mantenimiento y aseo del O.O.A.P.A.S., por lo que bastará con mínimo una persona y máximo dos personas para maniobras más complicadas, los cuales tendrán a su cargo la operación y mantenimiento de la planta.

Cabe señalar que las maniobras de operación rutinarias en horas efectivas de trabajo, se traducen en un tiempo efectivo de 3 horas al día, por lo que en el tiempo restante el personal puede avocarse a otras actividades propias del Organismo Operador de Agua Potable. Este tiempo se estima emplear en condiciones de operaciones estables y normales, por lo que en casos extraordinarios se requiere de periodos más prolongados de tiempo en la planta de tratamiento.

Para el control de calidad del agua bastará con la contratación de servicios de laboratorio especializado, tales como los ofrecidos por dependencias como la Universidad Michoacana o empresas particulares. Para la administración de gastos de la planta, recaerá en la administración central del O.O.A.P.A.S., con lo que se resolverá las necesidades de personal.

El personal de operación y mantenimiento es el encargado directo de los procesos de tratamiento.

Las funciones que realizarán son:

- Operar las unidades de pretratamiento.
- Operar las unidades de tratamiento primario y secundario.
- Proporcionar mantenimiento a compuertas y vertedores.
- Verificar y, en su caso, modificar la operación de las unidades.
- Elaborar reportes de operación.
- Tomar muestras para análisis de agua tratada y en proceso.
- Checar el funcionamiento de sus equipos.
- Mantener sus áreas limpias.
- Realizar poda y mantenimiento de la vegetación utilizada en el tratamiento
- Deshierbe de maleza al interior de la planta, así como limpieza y mantenimiento del canal pluvial para evitar azolvamiento.



El o los operadores tendrán que cubrir cuando menos los turnos de operación del sistema en horas de aportación común y realizar visitas de vigilancia de manera regular para verificar la operación del sistema.

Para la vigilancia del sistema de tratamiento se recomienda realizar rondines de inspección por parte del o de los operadores, a fin de evitar posibles actos vandálicos o bien solicitar a autoridades policiales apoyo al respecto.

Con la finalidad de poder exigir un trabajo responsable y completo, los operadores deberán reunir un perfil del puesto a desempeñar, por ello, se deberá buscar un perfil adecuado para poder desempeñar su cargo y labores encomendadas.

El sueldo de este tipo de personal variará de uno a dos salarios mínimos de acuerdo con sus aptitudes.

Es conveniente mencionar que el personal deberá estar sujeto a cursos de capacitación y entrenamiento, así como a evaluaciones continuas.

Todo el personal deberá conocer con exactitud las respuestas a los siguientes cuestionamientos:

- a) ¿Qué hace?
- b) ¿Por qué lo hace?
- c) ¿Cómo debe hacerlo?
- d) ¿Que se espera de él?
- e) ¿Para qué sirve una planta de tratamiento?
- f) ¿Cómo debe operar?
- g) ¿Qué requisitos de seguridad debe cumplir?

Lo anterior ayudará a que el personal que labora en la planta, de mayor difusión entre la población, de las ventajas del sistema y de la necesidad de su contribución para el mejoramiento de su entorno, además de hacer la publicidad de que el O.O.A.P.A.S. cuenta con el dispositivo ambiental de tratamiento de aguas residuales.



5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El operador de la planta de tratamiento tiene diversas responsabilidades, entre las más importantes, se tiene la de operar eficientemente la Planta para obtener un efluente que satisfaga las condiciones establecidas en la Normatividad que para el caso se tienen y la de tratar de mantener su planta en buen estado.

Para conservar la planta en buen estado, así como para que trabaje eficientemente, se deberá contar con un buen programa de mantenimiento, éste deberá incluir todo, desde el equipo mecánico, obra civil y estructuras especiales.

El mantenimiento mecánico es de suma importancia, debido a que con esto, el equipo se conserva en condiciones de operación apropiadas para obtener la máxima eficiencia. Es importante contar con la información que proporcionan los fabricantes de los equipos sobre el mantenimiento que se le da a éstos. Por lo cual el operador deberá leer la literatura proporcionada y entenderla para poder aplicar los conocimientos adquiridos. De existir dudas en la literatura proporcionada por el fabricante, se deberá llamar al proveedor para que las aclare. Se deben seguir las instrucciones muy cuidadosamente cuando se realice mantenimiento al equipo.

Trabajos inadecuados de mantenimiento originan afluentes de mala calidad y los costos por reparaciones deficientes del equipo, generalmente exceden el costo total de mantenimiento.

5.1 Mantenimiento preventivo

Los programas de mantenimiento preventivo ayudan al personal de conservación y mantenimiento, a conservar el equipo en condiciones satisfactorias y le permiten detectar y corregir su mal funcionamiento antes de que se generen mayores problemas.

Para el programa de mantenimiento preventivo es importante conservar un buen registro. Cualquier sistema de registro que se seleccione para su uso debe ser revisado y actualizado diariamente y no dejar información en la memoria del operador.



Tarjetas de servicio al equipo.

Una tarjeta de servicio del equipo deberá llenarse por cada equipo de la planta. Cada tarjeta contendrá el nombre del equipo, ubicación, denominación; como por ejemplo, compuerta de desvío de flujo, vertedor tipo sutro, rejilla fina etc., posteriormente, se deberá:

- a) Listar cada servicio de mantenimiento requerido con un número para cada elemento.
- b) Listar los servicios de mantenimiento en orden a su frecuencia de ejecución.

Por ejemplo marcar sobre la tarjeta los servicios diarios para cada elemento con 1, 2 y 3; semanales con 4 y 5; mensualmente con 6, 7, 8 y 9 y así sucesivamente.

- c) Describir cada tipo de servicio en la columna de trabajo a realizar. Es importante listar la frecuencia del servicio, como se muestra en la columna correspondiente. En la columna de la fecha se indica el día o el mes cuando se realizó el servicio.

Una tarjeta de registro de servicio puede tener la forma siguiente:

TARJETA DE REGISTRO DE SERVICIO.		
EQUIPO: compuerta de aguja UBICACIÓN: pretratamiento		
FECHA	TRABAJO EFECTUADO (ACTIVIDAD No.)	INICIALES Y FIRMA
1 - IV – 2010	1 Y 2	R.R.R.
1 - V – 2010	1	A.R.G.
1 – VI - 2010	1 - 3 - 4 - 5	J.P.J.

La información de las tarjetas se podrá modificar en función de las necesidades de la



planta o de un equipo en particular en base a lo recomendado por el fabricante. Se debe estar seguro de que la información está completa y es correcta.

En la tarjeta de registro de servicio se debe indicar la fecha y el tipo de trabajo efectuado, listado por número de elemento y firmado por el operador que ejecutó el servicio.

Cuando las tarjetas de servicio se han llenado por completo, se deberán archivar para referencias futuras y emplear una tarjeta nueva, éstas deberán estar numeradas consecutivamente. La tarjeta del equipo dirá qué se debe hacer y cuándo, mientras que la tarjeta de registro del servicio es un registro de lo que se hizo y cuándo se efectuó. Estas tarjetas harán las veces de bitácora de mantenimiento.

5.1.1 Obra Civil

El mantenimiento de la obra civil es otro programa que debe efectuarse con regularidad. Por lo cual se le debe dar importancia a los acabados y a los materiales empleados para su conservación.

Los programas de mantenimiento en las estructuras dependerán de la edad, tipo y uso de la estructura. Estructuras nuevas requieren chequeo completo para estar seguros que trabajarán apropiadamente. Otras estructuras en uso requerirán revisiones cuidadosas para prevenir fugas, cuarteaduras, fracturas, etc.

Se debe dar atención a los requerimientos de mantenimiento de todos los elementos de las estructuras de la planta de tratamiento, tales como sistemas mecánicos, fontanería, banquetas, pasarelas, puertas, muros, etc.

Se tienen que mantener las estructuras limpias, ordenadas y en perfectas condiciones libres de cualquier tipo de obstáculos que puedan ocasionar daño a los trabajadores.

5.1.1.1 Tanques y canales

Todas las superficies de metal que están en contacto con el agua residual y expuestas a gases de la misma, deben estar debidamente protegidas con pintura de esmalte



anticorrosivo. El recubrimiento debe realizarse cuando la inspección así lo indique.

Se programarán inspecciones a tanques y canales durante períodos de mínimo flujo, se variarán los flujos para revisar los tanques.

La pintura para proteger los tanques y canales generalmente es del tipo asfáltica. Este mantenimiento debe ser periódico. En áreas no muy severas será suficiente el uso de una pintura plástica.

La inspección y reparación de tanques y canales es fundamental. Una falla producirá perturbaciones fuertes de operación. Es importante programar el tiempo de mantenimiento.

5.1.1.2 Conservación de jardines y banquetas.

Si los jardines no han sido arreglados, es responsabilidad del operador hacer lo necesario para arreglarla. El arreglo consistirá en reponer los arbustos o plantas que se hayan secado, con el fin de evitar malezas, roedores e insectos. Se colocan señales indicando el acceso y la dirección a las unidades de tratamiento, dirección del flujo en tuberías etc. Los jardines deben estar delimitados para mantenerlos en buen estado. Se debe tener bien pintada la tubería y accesorios, así como el equipo para evitar dar mala impresión; este aspecto se relaciona con el hecho de promover la necesidad de que este tipo de tratamiento se efectuó en las demás localidades y sirva éste como modelo ciudadano con el objeto de enterar a los visitantes del servicio que presta el O.O.A.P.A.S. y el nivel de conciencia ecológica de la administración y en general la contribución al entorno natural; también con la pintura se evita el deterioro de éstas. Estas visitas pueden ser del tipo educativo dirigido a nivel preescolar, primaria, secundaria y bachillerato, o bien público en general.

5.1.2 Equipo

Una parte esencial de la planta es el de contar con un programa claro y definido de mantenimiento preventivo del equipo. Este mantenimiento asegurará y prolongará la vida útil del equipo, además de favorecer la operación de la planta.



Las maniobras necesarias de mantenimiento del equipo tales como el engrasado después de ciertas horas de operación continua. Después de una operación de algunos años; puede tender a deteriorarse debido a la humedad y al calor. Se revisa y de ser necesario se repara.

Cada seis meses se debe revisar los tornillos, pernos y tuercas, de acuerdo con las recomendaciones del proyecto. Así como también deberá revisarse su nivel de corrosión y empaques de sellado de las diferentes estructuras.

Se deberá limpiar todo el equipo y estructuras regularmente, así como remover el material flotante, espuma y los sólidos para evitar olores y/o corrosión.

Es indispensable vaciar el reactor cada dos años máximo para revisar que las interconexiones estén limpias. Si hay indicio de cuarteaduras, se deberá cepillar y resanar perfectamente bien para posteriormente realizar trabajos de impermeabilización. Revisar que los mecanismos trabajen apropiadamente.

5.1.3 Vertedores

Se deben revisar los vertedores que estén nivelados y que garanticen la hermeticidad entre sus paredes.

Limpiarlos y pintarlos periódicamente para protegerlos contra la corrosión.

Revisar que la escala graduada se encuentre visible y la pintura en buenas condiciones, en caso de ser necesario repintar con pintura de esmalte anticorrosivo.

5.2. Secuela de reparación

5.2.1 Obra civil

Las estructuras de la planta de tratamiento como los canales, tanques, pozos, registros y caseta, entre otros, se tendrán que revisar cuando menos una vez al año.



5.2.1.1 Tanques y canales

Los tanques y canales, así como los pozos, tienen que desaguarse para revisarlos, limpiarlos y, de ser necesario, aplicar alguna capa protectora.

Para el metal y el concreto que están en contacto con las aguas residuales y lodos, usualmente se emplean pinturas asfálticas sobre recubrimientos primarios bituminosos o asfálticos aplicados sobre superficies limpias, en otras ocasiones, en lugares en donde no haya excesiva humedad y la apariencia tenga importancia se podrán usar resinas de alquilo.

Para efectuar el mantenimiento de la obra civil se requerirá:

- a) Desviar el flujo, evitando la entrada de agua a dichas unidades.
- b) Vaciar los tanques, canales o pozos.
- c) Limpiarlos con agua limpia a presión y de ser necesario con solución de cloro o cal y volver a limpiar con agua.
- d) Inspeccionar las estructuras
- e) Hacer las reparaciones convenientes, colados, aplicación de pinturas, sellados de grietas, etc.

Cuando en la inspección se detecten deterioros o daños en las partes constitutivas de la planta de tratamiento, se procederá a hacer las reparaciones necesarias como cambios de piezas dañadas, protección, limpieza, etc., evaluando la necesidad de parar o no la planta según del tipo de reparación que se trate.

Dependiendo del ambiente al que estén expuestos las estructuras de la planta dependerán el grado y frecuencia de mantenimiento. Se recomienda tener un stock de materiales para proporcionar un mantenimiento apropiado.



5.2.1.2 Conservación de jardines y vialidades

Tanto los jardines como las vialidades deben estar sujetos a mantenimiento constante.

Corte del césped y barrido de vialidades, es necesario que se efectúen, al menos semanalmente, procurando tener las instalaciones libres de basura y objetos ajenos a la planta de tratamiento. Esto ayudará a interesar a los visitantes, tratando de que comprendan el valor de la inversión hecha y la necesidad de mantener los cuerpos receptores en condiciones sanitarias apropiadas.

Las vialidades deberán ser barridas y señaladas convenientemente.

5.3 Mantenimiento del equipo mecánico

Como se mencionó, con la aplicación rutinaria de programas de mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo se reducirá considerablemente, es indeseable, ya que reduce la vida útil del equipo, produce muchos problemas operacionales y el costo de tratamiento se eleva por este concepto.

5.3.1 Compuertas.

Al dañarse alguna compuerta se deberá sacar de operación del módulo de tratamiento. Se procederá a inspeccionarlo inmediatamente para detectar la falla, si ésta es mayor, se desmontará y se pondrá en operación el módulo de reserva.

5.3.2. Clorador

Si el dispositivo de cloración no dosifica la concentración deseable de cloro, se debe revisar la canastilla; de ser necesario cambiarla. Si la canastilla se encuentra en buen estado, se debe revisar entonces, que las tuberías estén libres de materiales que ocasionan taponamientos en éstas, y si los hay se debe reparar inmediatamente. Se deberá tener un stock de refacciones más comunes de deterioro.



5.4. Instalaciones accesorias

5.4.1. Vertedores

Los vertedores tienen una vida prolongada, si se les proporciona mantenimiento preventivo adecuado. Cuando el vertedor se haya desgastado solicite uno nuevo y cámbielo.

5.4.3 Tuberías

Reemplazar las tuberías que estén deterioradas, ya sea por exposición directa a la luz solar, en general, las tuberías instaladas al interior de la planta de tratamiento son de material de PVC, por lo que deberán protegerse de exposición directa a la intemperie y más en específico de la luz solar.



6 NECESIDADES DE RECURSOS

Con el propósito de llevar a cabo una operación adecuada en la planta y las labores propias del mantenimiento establecidas previamente en el programa, es necesario contar con los recursos humanos y materiales suficientes, como son: personal necesario, repuestos, herramientas, instrumentos de medición y servicios de laboratorio de calidad del agua, entre otros.

6.1 Recursos humanos

6.1.1 Personal de operación y mantenimiento

Los recursos humanos son un aspecto de primordial importancia para cumplir con las labores de operación, mantenimiento y administración de la planta de tratamiento en forma eficiente, para ello, se deberá contar con la cantidad de personal necesario y la capacidad y calidad del mismo.

Como se señaló en capítulos anteriores, debido a la magnitud de sistema de tratamiento, el equipo de trabajo encargado de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento será el mismo personal técnico encargado de la operación y mantenimiento del propio O.O.A.P.A.S., cuyas funciones específicas dentro de la planta serán cuidar y mantener el equipo operando, así como mantener las instalaciones en buen estado y fomentar un ambiente serio y seguro de trabajo.

6.2 Recursos materiales

Con la finalidad de llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento y cumplir con las rutinas de operación y los programas de mantenimiento preventivo, es necesario contar con los recursos materiales mínimos necesarios. De no contar con recursos, se puede anticipar: problemas operativos, paros constantes de la planta y, en sí abandono de las instalaciones, malestar del personal y del vecindario.

Los recursos materiales mínimos requeridos se indican a continuación:



6.2.1 Herramientas

- a) Llaves de diferentes medidas, estándar y milimétricas.
- b) Desarmadores.
- c) Limas.
- d) Aceiteras.
- e) Engrasadora.
- f) Martillo.
- g) Segueta.
- h) Maneral y dados en general.

6.2.3 Artículos de aseo y jardinería

- a) Escobas.
- b) Jabón y detergente.
- c) Cepillos.
- d) Manguera.
- e) Pintura.
- f) Carretilla.
- g) Franela y Jergas.
- h) Diablo y cuerdas.
- i) Cortadora de césped.

6.2.4 Equipo

- a) Bomba de lodos.

Se deberá contar con una bodega donde puedan guardarse las herramientas y el material consumible de suministro para la planta, así como material y equipo de protección necesario, y deberá estar siempre disponible para la adecuada operación y mantenimiento de la planta.

Además, también se deberá contar con las recomendaciones del proveedor o fabricante del equipo y/o estructuras de tal forma de no exceder una existencia máxima ni mínima de



piezas.

Laboratorio

Para mantener un control apropiado del proceso y dar cumplimiento a las condiciones particulares de descarga, establecidas por el organismo rector (CONAGUA), se deberán contratar los servicios de un laboratorio de calidad del agua, que mantenga un continuo monitoreo de la calidad de las aguas tratadas y de esta manera de las recomendaciones necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Cabe señalar, que la propia CONAGUA mantiene un programa de estímulos económicos a todos aquellos municipios que traten sus descargas de aguas residuales (PROSANEAR), por lo que es sumamente recomendable tramitar su incorporación a este procedimiento administrativo y hacerse acreedores a este beneficio federal.

El Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales, (PROSANEAR) de la CONAGUA, tiene como objetivo otorgar estímulos para el tratamiento de aguas residuales, a favor de todos los contribuyentes, proyectando con esto avanzar en el saneamiento de las aguas nacionales, la reducción de la contaminación, prevenir la incidencia de enfermedades de origen hídrico y contribuir al equilibrio ecológico. Para esto se deberá acudir a las oficinas de la Comisión Nacional del Agua Correspondientes.

6.3 Equipo especializado

En el desarrollo de las actividades tanto de operación y mantenimiento, y en función de las características de la planta de tratamiento, se considera que no es necesaria la adquisición de equipo complejo o especializado, ya que de requerirse una reparación de mayor magnitud.

6.4 Suministros

Para desarrollar las labores de operación y mantenimiento, es indispensable contar con una bodega y un suministro de repuestos y materiales, rápido y seguro, aunque esta



actividad es de gran importancia, no se incluye dentro del programa de mantenimiento; por lo cual los operadores, técnicos de mantenimiento deberán proporcionar al área administrativa, la información necesaria para que la compra se efectúe de acuerdo con las especificaciones técnicas, evitando adquisiciones tardías y equivocadas.

El encargado del manejo y control de los materiales consumibles deberá reportar inmediatamente a la administración y/o autoridades correspondientes las necesidades de recursos materiales y además deberá llevar un control actualizado de los materiales que controla, se recomienda el sistema “Inventarios perpetuos”.

Dichos suministros serán básicamente el cloro sólido (hipoclorito de calcio).

7. COSTOS DE OPERACION Y EQUIPAMIENTO

En el presente capítulo se mencionaran los costos que se habrán de considerar en la inversión inicial al arranque, del personal, herramientas, equipos, reactivos y materiales así como los costos probables de equipos, materiales, estructuras y demás aditamentos.

7.1 Inversión inicial al arranque

En la puesta en marcha, la inversión inicial se calculará para un tiempo de prueba de 30 días, considerando que durante ese tiempo se llevarán a cabo las etapas de aclimatación y estabilización de los procesos de tratamiento.

Para esta etapa de prueba y arranque, el personal deberá de familiarizarse con:

- a) Objetivos del tratamiento.
- b) Cada elemento de la planta.
- c) Características de las aguas residuales crudas y tratadas.
- d) Condiciones de operación y parámetros de control.
- e) Características y operación de los equipos.
- f) Actividades rutinarias a desarrollar.

Además de lo anterior y con base en la experiencia obtenida se deberán:



- a) Localizar y corregir deficiencias.
- b) Recomendar cambios y modificaciones.
- c) Establecer programas de muestreo, análisis y prueba.
- d) Establecer programas de inspección y mantenimiento preventivo.
- e) Preparar programas de entrenamiento o capacitación.

Para el cálculo de la inversión inicial se considerara:

- a) Sueldos del personal durante un mes.
- b) Materiales.
- c) Equipo y reactivos.
- d) Refacciones y contratación de servicios por mantenimiento mayor.
- e) Imprevistos.

Los rubros anteriores son los que se deberán considerar para un arranque apropiado, sin embargo, éstos se podrán reducir sueldos, e imprevistos si el personal cuenta a con la suficiente experiencia, si se adquirieron de antemano los materiales necesarios y si los equipos mecánicos se instalaron apropiadamente.

Aunque algunos de los conceptos anteriores no representarán erogaciones mensuales, sin embargo si son necesariamente indispensables como gasto inicial para la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

A continuación se presentan los elementos a considerar dentro del cálculo de la inversión inicial a tomar en cuenta:

- **Personal.**

Este rubro pudiera utilizarse con el propio personal del O.O.A.P.A.S. y considerar el pago requerido por mes para personal mínimo.

- **Herramientas.**

Las herramientas son parte esencial de la planta de tratamiento, obviamente representan un costo. Es de considerarse que las herramientas tendrán prácticamente, la misma vida útil a la del equipo, sin embargo, se deberá considerar el deterioro y las pérdidas de las mismas.



Por lo anterior, se deberá considerar anualmente un 10% para reponer la herramienta extraviada o dañada, se deberá considerar también que la vida útil de la herramienta es de 5 años, y la planta se esta proyectando para operar 20 años, entonces será necesario hacer la erogación por concepto de herramientas en 4 ocasiones.

- **Reactivos**

El único reactivo que representa un costo continuo es el cloro sólido.

- **Equipo de seguridad.**

En este rubro se consideran diversos materiales y equipo de protección que se consideren necesarios en la operación y mantenimiento, tales como guantes, lentes de protección, mascarillas, cubrebocas, botas, etc.

- **Contratación de servicios, asesoría e imprevistos.**

En este caso se considera una cantidad de resguardo, para garantizar una reparación mayor que, en algunos otros casos puede servir para solventar gastos de infraestructura o compra de refacciones, o bien para la contratación de servicios y/o asesorías.

8 RECOMENDACIONES ESPECIALES.

Las recomendaciones especiales para mejorar la operación, prevenir y reducir mantenimientos correctivos y eficientizar el proceso de tratamiento, así como proporcionar seguridad a los trabajadores que laboren en la planta.

8.1 Proceso de tratamiento.

8.1.1 Pretratamiento

Junto al canal de rejillas se debe contar con una carretilla para facilitar la extracción de basura retenida y poderla llevar a un sitio de disposición adecuado y así extraer los



sólidos removidos. Dicha carretilla servirá además para transportar la arena del desarenador en periodos de mantenimiento. El retiro de sólidos retenidos por las rejillas se tendrá que hacer de 1 vez al día.

8.1.2 Tratamiento primario

El reactor biológico de digestión anaerobia se deberá realizar una purga (retiro) de lodos mediante bombeo para secado de lodos, hasta 2 veces por año, esto se deberá realizar en un lecho de secado de lodos en periodos de estiaje, es decir sin presencia de lluvias.

8.1.2 Tratamiento secundario

El tratamiento secundario está conformado por especies acuáticas introducidas, por lo que deberá cuidarse la proliferación de esta planta acuática, para ello se deberá observar el desarrollo y adaptación a las condiciones climatológicas de la región. En caso de no tener una adaptación adecuada se deberá buscar otra especie similar con características de adaptación superiores a las que se manejen.

8.1.3 Tratamiento terciario

Se deberá cuidar que el dosificador de cloro no sufra desgaste a la corrosión y oxidación producto del ataque químico del hipoclorito de calcio, para tal caso se deberá sustituir el elemento dañado por otro de iguales características.

Es recomendable siempre mantener con candado la dosis colocada al interior del clorador para evitar ser sustraída por personas ajenas a la planta de tratamiento.

8.2 Requerimientos de laboratorio

El O.O.A.P.A.S. dentro de sus requerimientos de equipo para el control de calidad del agua potable deberá contar con dispositivos de medición de pH, conductividad, temperatura y cloro residual, etc., mismos que servirán para eventuales monitoreos si se advirtiera la presencia de problemas en alguno de los procesos de tratamiento de la planta, estos dispositivos pueden ser adquiridos en paquetes comerciales de fácil acceso para los organismos operadores, por lo que resulta indispensable contar con suficientes para su uso eventual.

En caso de requerir un análisis completo de la calidad del agua a la entrada o salida de la



planta de tratamiento, se deberá considerar contratar los servicios profesionales de un laboratorio.

9. SEGURIDAD EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La presencia de gases altamente tóxicos dentro de los reactores requiere una atención especial y un serio cuidado con todas las medidas de seguridad que en el presente manual se recomiendan. Una planta de tratamiento que trabaja sin seguridad, no tiene razón de ser. Reconocer condiciones de inseguridad y corregirlas es de vital importancia. El operador tiene que tomar muy en serio la seguridad en su planta. Recuerde siempre lo siguiente:

En esta sección se dará una guía general sobre seguridad, pero es necesario que el Director del Organismo de manera paralela verifique las condiciones de seguridad al interior de la PTAR.

El operador tiene la responsabilidad de protegerse a sí mismo, a su personal y visitantes, estableciendo procedimientos de seguridad mediante letreros visibles, para su planta y vigilar que sean llevados a cabo.

También deberá analizar sus actividades, áreas de trabajo y procedimientos desde un punto de vista de seguridad. Con el propósito de aprender a reconocer acciones potencialmente peligrosas.

9.1 Seguridad en las plantas de tratamiento.

Debido a que se han encontrado riesgos en plantas de tratamiento, se discuten a continuación los puntos siguientes.

9.1.1 Sistema de Rejillas.



Para la limpieza manual, cerciórese que tenga un área limpia y firme para pararse y llevar a cabo la operación de limpieza de las barras. Remueva algas, grasa u otro material que le pueda causar algún resbalón. UNA BUENA LIMPIEZA EN ESTA ÁREA ES FUNDAMENTAL.

En el proceso de limpieza de las barras, asegúrese tener espacio suficiente para que pueda manejar la longitud de su rastrillo, de tal manera que usted no será desbalanceado sí el rastrillo topa contra la pared. Use guantes para evitar raspones en sus manos, esto puede ocasionarse una infección en su cuerpo.

Todo el material recolectado colóquelo con el rastrillo en un contenedor que pueda ser fácilmente removido de la estructura. No levante material muy pesada como arena, puede provocar le hernia o una dislocación de una vértebra de la columna. Debe tener a la mano un dispositivo para colgar su rastrillo, cuando no lo use, no lo deje tirado en el piso.

9.1.2 Canales desarenadores

Los canales desarenadores pueden ser de varias formas y tamaños, pero tienen una cosa en común, se ensucian bastante, manténgalos limpios, sobre todo pasillos de acceso, para evitar resbalones.

Si hay necesidad de entrar al canal de desarenación, hágalo con precaución. Si es un área muy encerrada, proporcione y mantenga ventilación adecuada para remover gases y abastecer oxígeno a los operadores. Siempre cheque si hay gases antes de entrar. NO FUME EN ESTAS ÁREAS.

Fíjese donde pisa y hágalo con cuidado, puede haber una sustancia en el escalón, (lana, aceite, grasa) que puede hacerlo caer, use las banquetas. Si es posible aplique bandas antiderrapantes a los escalones o coloque escalones rugosos. Si hay necesidad de usar herramienta o equipo al fondo del área, bájelos con una cubeta y usando una cuerda.



9.1.3 Reactores Biológicos de digestión anaerobia.

Su programa de limpieza debe incluir todas las protecciones que sean necesarias tales como mascarillas, lentes de protección, guantes, y botas que permitan proteger de posibles derrames o salpicadas producto del lodo bombeado y bien del sobrenadante (espumas y natas), y/o del agua residual al momento de dar mantenimiento al reactor. Para realizar estas operaciones de bombeo de lodos y/o mantenimiento del reactor el operador deberá ser auxiliado por otro operador. Una caída de aquí puede ocasionarle serios problemas incluso la muerte. Cuando limpie el fondo, hágalo con agua a presión y primero limpie con el chorro.

Nunca ingrese al interior del reactor biológico pues estos contienen gases y líquidos impregnados en el concreto altamente tóxicos, en caso de ser estrictamente necesario entrar a realizar algún trabajo de inspección deberá ser proveído de un tanque de oxígeno y de protección total a fin de evitar el contacto directo con los elementos contaminantes

Vigile siempre que estén colocadas las tapas superiores del reactor, que tengan un sello hermético y que la tubería para desalojo de gas metano este libre de basura y polvo. La caída accidental de alguna persona al interior del reactor puede ocasionar la muerte.

Nunca fume cerca del reactor debido a la presencia de gas metano, esto puede ocasionar un riesgo de explosión.

9.1.4 Tanque de contacto de cloro.

En la operación del tanque de contacto de cloro se deberá cuidar que no se acerque personas ajenas a la planta ya que se tiene una profundidad mayor a 1.50 metros, misma que puede ocasionar serias lesiones en alguna persona que caiga accidentalmente.

Para la colocación del cloro sólido se deberá manejar conforme a las especificaciones del fabricante observando las medidas especiales en caso de ingesta accidental, contacto directo con piel y ojos, así como los primeros auxilios referidos en la hoja de seguridad del reactivo químico.



Es obligatorio solicitarle al proveedor del reactivo químico la hoja de seguridad del producto, quien deberá entregar impreso el documento correspondiente.

En las maniobras de reposición o cambio de pastillas deberán usarse guantes, mascarillas y lentes de protección, para evitar cualquier riesgo de contacto directo.

En la operación normal de la planta se deberá mantener el cerco perimetral en buenas condiciones con la finalidad de evitar actos vandálicos al interior de la planta de tratamiento, así como accidentes y riesgos de personas ajenas al O.O.A.P.A.S.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La pronta y adecuada rehabilitación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la población de Áporo, Michoacán, tendrá un impacto ambiental positivo e importante ya que es la única planta de tratamiento con la que cuenta la población y bajo el análisis de justificar la propuesta de rehabilitación se llegaron a la siguientes conclusiones de **TRABAJOS NECESARIOS PARA LA REHABILITACIÓN INTEGRAL DE LA PTAR:**

- Demolición total del pretratamiento existente
- Cimentación del nuevo pretratamiento
- Colocación de compuertas para el control del flujo al interior de la planta de tratamiento
- Colocación de dispositivos para el aforo del gasto de entrada a la planta de tratamiento
- Colocación de sistemas de cribado (rejas gruesa y mediana, así como rejillas para cribado de sólidos finos)
- Interconexión del pretratamiento al sistema de colectores
- Construcción de banqueta perimetral
- Sustitución de tramos de tubería de los colectores dañados durante la interconexión
- Construcción de la línea de desvío del efluente y vertido de demasías
- Construcción de un canal pluvial para conducción del agua de lluvia y evitar azolvamientos al interior de la planta
- Interconexión del pretratamiento al reactor biológico por medio de tubería de PVC de 10" a tubería existente.
- Mantenimiento del reactor biológico consistente en:
 - Vaciado del reactor biológico con bomba de achique
 - Limpieza y remoción de basura acumulada en el reactor
 - Resane de grietas y fisuras con sellador acrílico
 - Impermeabilización con impermeabilizante con resistencia superior a 10 años, con aplicación de membrana de refuerzo en juntas, fisuras y/o grietas
 - Mantenimiento a tapas de fibra de vidrio
 - Limpieza de tuberías de interconexión entre pretratamiento y reactor así como reactor y mamparas de oxidación
- Mantenimiento de las mamparas de oxidación consistente en:
 - Vaciado de las mamparas con bomba de achique
 - Limpieza y remoción de basura acumulada en las mamparas
 - Mantenimiento de dispositivos de vertido a humedales
 - Impermeabilización de fondo de mamparas con pintura de esmalte
 - Pintura exterior de las mamparas
 - Replantación de lirio acuático al interior de las mamparas
- Mantenimiento de los humedales consistente en:
 - Vaciado manual de los humedales, consistente en excavación a mano de material de soporte de 10 cm de diámetro
 - Limpieza y remoción de basura acumulada en los humedales
 - Mantenimiento de dispositivos de vertido
 - Impermeabilización de fondo de humedales con impermeabilizante acrílico
 - Suministro y colocación de nuevo material filtrante para soporte de vegetación acuática con diámetro promedio de 10 cm



- Replantación de vegetación tipo “tule” acuático al interior de las mamparas de los humedales en el material filtrante.
- Despalme de 30 cm de profundidad en el perímetro del humedal para evitar nuevos azolvamientos
- Construcción de tanque de contacto de cloro para desinfección del efluente, construido con concreto reforzado con acero, $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
- Interconexión de tanque de contacto de cloro construido con descarga proveniente de los humedales
- Colocación de dispositivo de cloración, fabricado en acero inoxidable para aplicación de hipoclorito de calcio (cloro sólido).
- Colocación de vertedor para aforo del efluente.
- Construcción de línea de descarga al río
- Instalación de cerca perimetral de malla ciclónica con puerta de acceso en la parte de norte para restricción de entrada y protección de la infraestructura contra actos vandálicos, así como riesgo de accidentes al interior de la planta de tratamiento.

Con los trabajos aquí enlistados se garantiza un funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento, pero cabe señalar que estas obras requieren de una atención personal por algún empleado del Organismo Operador, esta atención consiste propiamente en las actividades de operación y mantenimiento correspondientes a cada una de las etapas del sistema de tratamiento.

De lo anterior es importante que el H. Ayuntamiento de Áporo, el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Áporo, considere los trabajos de rehabilitación mencionados como indispensables para la puesta en marcha del sistema de tratamiento, y así actúe de manera responsable con el medio ambiente, resolviendo además, los problemas de salud originados por el vertido de aguas residuales sin tratar al río Áporo. Pero de manera paralela considere la ampliación como una obra de ejecución a corto plazo, ya que la capacidad instalada de tratamiento ya es rebasada.



BIBLIOGRAFÍA

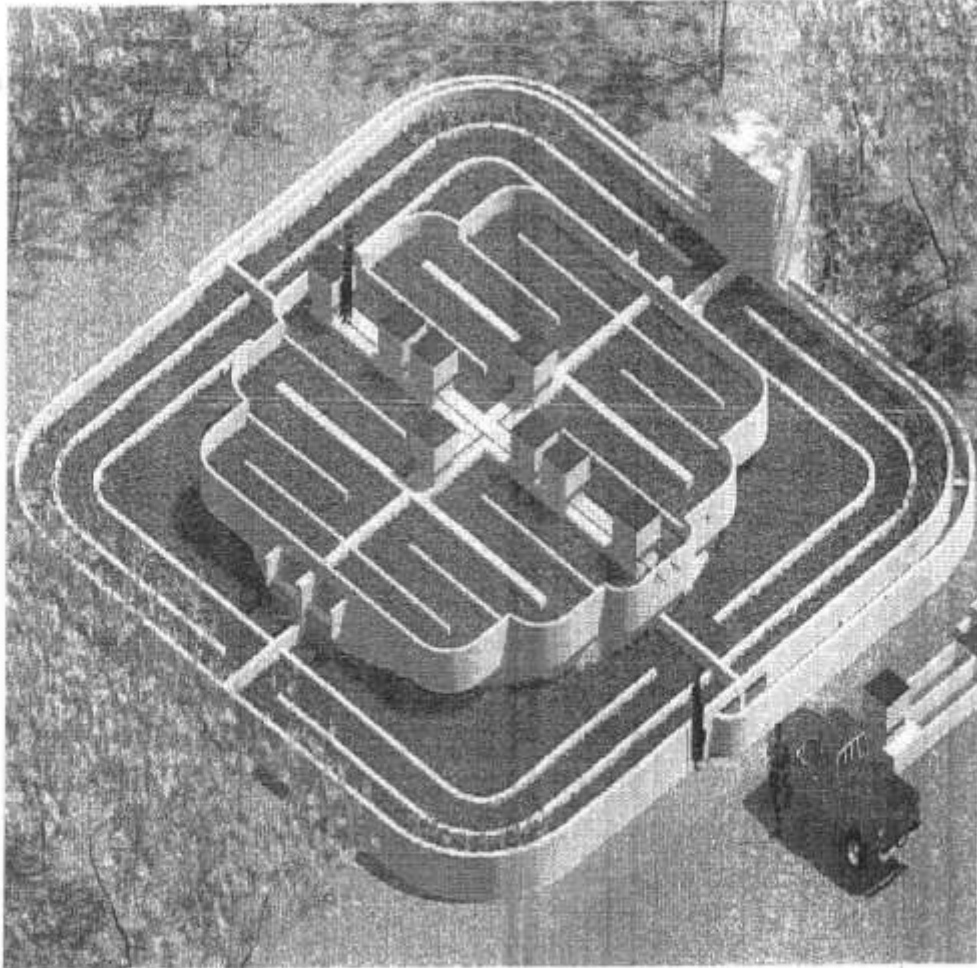
- COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MICHOACAN, A.C. “Reglamento de construcciones de estado de Michoacán de Ocampo”, Morelia Michoacán, 1999.
- ENCICLOPEDIA DE LOS 113 MUNICIPIOS MICHOACANOS. Centro Estatal de Desarrollo Municipal (CEDEMUN). Discos compactos 1/3, 2/3 y 3/3.
- ENCICLOPEDIA DE LOS MUNICIPIOS DE MICHOACÁN.
<http://www.michoacan.gob.mx/municipios>
- INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. Tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy. Ed. Mc.Graw-Hill (1998).
- LOS MUNICIPIOS DE MICHOACÁN, colección: Enciclopedia de los municipios de México. Edición: Gobierno del estado de Michoacán. 1° de Junio de 1987. Tomo1. Sin editorial.
- LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE MICHOACÁN. Enciclopedia de los municipios del estado de Michoacán. Secretaría de gobernación en coordinación con los estados y municipios del país.
- RAMALHO, R.S. Tratamiento de aguas residuales. Edit. Reverté S.A. 1991.
- Reglamento de construcciones del Distrito Federal RCDF, las normas técnicas complementarias vigentes así como El Manual de Diseño por Sismo de la CFE.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA, Normas Oficiales Mexicanas, página Web:
<http://www.economia-noms.gob.mx/>
- SOTELO ÁVILA, GILBERTO. “Hidráulica General”, Editorial Limusa, México, D.F.
- SUAREZ SALAZAR, CARLOS. “Costo y Tiempo en edificaciones”, Editorial LIMUSA, S.A. de C.V., México, D.F. 2001.



ANEXOS



ANEXO I



XOCHICALLI

SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA 7 LPS.

4,032 HABITANTES

APORO

SUPERFICIE 629.00 M²

23.00 x 23.00



Nota: El cuadro grande enmarca el invernadero que puede contener toda el sistema, eficientándolo y aislándolo del exterior, gracias al insumo de energía solar.

I.- Fase aerobia-facultativa: cataboliza compuestos complejos

II.- Fase anaerobia estricta: acidogénica e inicio metanogénica.

III.- dshX R : Fase anaeróbica final, solo metanogénica.

IV.- Sólido y V: Líquido efluentes del digestor anaerobio.

VI.- Ver listado de las plantas con efectos benéficos que usaremos.

Realizado por M.C: Jesús Arias Chávez/ Fundación de Ecodesarrollo Xochicalli A.C. 1994.



Página 1 de 1

XOCHICALLI

APORO
MICHOACAN
SISTEMA PARA 7.00 LPS

ANEXO A

**PARAMETROS PROMEDIO BASE PARA EL DE DISEÑO DE TRATAMIENTO PARA
AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS**

ORIGEN	N° USOS	VOLUMEN AGUA POR PERSONA/DIA	AGUA USADA TOTAL LTS/DIA	DBO KG/DIA	SST KG/DIA
SANITARIO	4.00	18.90	75.60	0.0236	0.030872
REGADERA	1.00	23.45	23.45	0.0088	0.005675
LAVADO ROPA	1.00	37.75	37.75	0.0096	0.007375
LAVADO TRASTES	2.00	6.60	13.20	0.0059	0.002951
		SUMA	150.00	0.0479	0.046873

	ACTUAL	A 20 AÑOS
N° DE VIVIENDAS	504.00	667.83
N° HABITANTES/VIVIENDA	6.00	6.00
TOTAL HABITANTES ACTUAL	3,024.00	4,007.00
APORTACIÓN AGUA	150.00 LT/HAB/DIA	150.00 LT/HAB/DIA
TOTAL AGUA	453,600.00 LT/DIA	601,050.00 LT/DIA
CAPACIDAD PLANTA	5.25 LPS	7.00 LPS
CAPACIDAD PLANTA DISEÑO	5.25 LPS	7.00 LPS

POR LO QUE, MULTIPLICANDO LAS APORTACIONES DE DBO Y SST, POR EL NUMERO DE HABITANTES Y DIVIDIENDO ENTRE EL TOTAL DE LITROS DE AGUA NOS DA:

DBO	144.85 KG/DIA	319 ppm
SST	141.74 KG/DIA	312 ppm
TIEMPO DE RETENCIÓN	21.00 HRS	

NOTA: TASA PROMEDIO DE CRECIMIENTO ANUAL (CONAPO)

DE 2,000 a 2,010	2.00%
DE 2,010 a 2,020	1.25%
DE 2,020 a 2,030	0.57%

Guadalajara, Jalisco a 27 de Abril de 2005

Atentamente

**Salvador Ramirez y Gómez Arq.
Dirección de Proyectos**

Desarrollo Integral con Tecnología Adecuada Casa Xochicalli A.C.
Ap. Postal, N° 8, Ozumba, Edo. de México C.P. 56900 Tel Fax 01 (597) 97 60 100 email informes@xochicalli.org.mx
Guadalajara, Jal. Tel Fax 01 (33) 36 04 03 60 email arasal40@hotmail.com
Apo-A1(Aporo7ps)Fresupuestoxochicalli27Abr05



ANEXO II



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
 Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental



Asunto: Reporte de Análisis de calidad de agua residual
Hoja 1 de 2...

Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Aporo, Mich.
 Portal Hidalgo No. 1, col. Centro, Aporo, Michoacán.

Por este conducto, presentamos a usted los resultados de los estudios de calidad del agua, practicados a la muestra tomada el día 25 de enero de 2010, por personal de este laboratorio. El muestreo se realizó en el influente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Aporo. Al respecto, se presentan los resultados de los análisis de campo y laboratorio de dichas muestras.

Muestra única:

Tipo de muestreo: simple
 Fecha de muestreo: 25 de enero de 2010
 Hora de muestreo: 11:45 hrs.
 Tipo de agua: residual doméstica

- Resultados de campo:

parámetros de campo:			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	6.82	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Oxígeno Disuelto	10.79	mg/l	NMX-AA-012-SCFI-2001
Conductividad eléctrica	417	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Salinidad	0.2	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos Disueltos Totales	207	mg/l	NMX-AA-093-SCFI-2000
Materia flotante	Presente	-----	NMX-AA-006-SCFI-2000
Color del agua	Gris claro	-----	Organoléptico
Olor	Perceptible	-----	Organoléptico
Temperatura del agua	16.4	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura ambiente	21.0	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental



Asunto: Reporte de Análisis de calidad de agua residual
Hoja 2 de 2...

- Resultados de laboratorio:

Análisis de Laboratorio: MUESTRA 1			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	6.80	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Temperatura del agua	20	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	432	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Salinidad	0.2	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos totales	328	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos totales	216	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos suspendidos totales	112	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos volátiles	60	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos disueltos fijos	156	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos suspendidos volátiles	92	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos suspendidos fijos	20	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos sedimentables	1.8	ml/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
DQO	139	mg/l	NMX-AA-030-SCFI-2001
DBO ₅	64.2	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes fecales	1.5 x10 ⁷	NMP/ml	NMX-AA-042-SCFI-1987
Grasas y aceites	147	mg/l	NMX-AA-005-SCFI-2000

Sin otro particular por el momento reciba un cordial saludo, no sin antes quedando a sus ordenes para cualquier aclaración y comentario al respecto.

Morelia Mich., a 3 de febrero de 2010

ATENTAMENTE.

Ing. Roberto García Acevedo
 Técnico Académico del laboratorio.

Ing. Ricardo Ruiz Chávez
 Jefe del laboratorio.

C.c.p Archivo

Edificio PIC
 Tel. (443) 322 3500 Ext. 4344

Ciudad Universitaria

Morelia Michoacán
 Fax: (443) 304 1002



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental



Asunto: Reporte de Análisis de calidad de agua residual
Hoja 1 de 2...

Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Aporo, Mich.
 Portal Hidalgo No. 1, col. Centro, Aporo, Michoacán.

Por este conducto, presentamos a usted los resultados de los estudios de calidad del agua, practicados a la muestra tomada el día 10 de febrero de 2010, por personal de este laboratorio. El muestreo se realizó en el influente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Aporo. Al respecto, se presentan los resultados de los análisis de campo y laboratorio de dichas muestras.

Muestra única:

Tipo de muestreo: simple
 Fecha de muestreo: 10 de febrero de 2010
 Hora de muestreo: 12:30 hrs.
 Tipo de agua: residual doméstica

- Resultados de campo:

parámetros de campo:			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	7.39	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Oxígeno Disuelto	4.59	mg/l	NMX-AA-012-SCFI-2001
Conductividad eléctrica	268	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Salinidad	0.2	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos Disueltos Totales	113.9	mg/l	NMX-AA-093-SCFI-2000
Materia flotante	Presente	-----	NMX-AA-006-SCFI-2000
Color del agua	Gris claro	-----	Organoléptico
Olor	Perceptible	-----	Organoléptico
Temperatura del agua	17.3	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura ambiente	20	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental



Asunto: Reporte de Análisis de calidad de agua residual
Hoja 2 de 2...

- Resultados de laboratorio:

Análisis de Laboratorio: MUESTRA 1			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	7.18	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Temperatura del agua	16.5	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	228	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Salinidad	0.2	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos totales	204	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos totales	113.6	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos suspendidos totales	156	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos volátiles	40	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos disueltos fijos	116	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos suspendidos volátiles	36	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos suspendidos fijos	12	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos sedimentables	4.5	ml/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
DOO	139	mg/l	NMX-AA-030-SCFI-2001
DBO ₅	61.8	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes fecales	9 x 10 ⁷	NMP/ml	NMX-AA-042-SCFI-1987
Grasas y aceites	367.4	mg/l	NMX-AA-005-SCFI-2000

Sin otro particular por el momento reciba un cordial saludo, no sin antes quedando a sus ordenes para cualquier aclaración y comentario al respecto.

Morelia Mich., a 19 de febrero de 2010

ATENTAMENTE.

Ing. Roberto García Acevedo
 Técnico Académico del laboratorio.

Ing. Ricardo Ruiz Chávez
 Jefe del laboratorio.

C.c.p Archivo

Edificio PIC
 Tel. (443) 322 3500 Ext. 4344

Ciudad Universitaria

Morelia Michoacán
 Fax (443) 304 1002



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental



Asunto: Reporte de Análisis de calidad de agua residual
Hoja 1 de 2...

Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Aporo, Mich.
 Portal Hidalgo No. 1, col. Centro, Aporo, Michoacán.

Por este conducto, presentamos a usted los resultados de los estudios de calidad del agua, practicados a la muestra tomada el día 12 de marzo de 2010, por personal de este laboratorio. El muestreo se realizó en el influente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la población de Aporo. Al respecto, se presentan los resultados de los análisis de campo y laboratorio de dichas muestras.

Muestra única:

- Tipo de muestreo: simple
- Fecha de muestreo: 12 de marzo de 2010
- Hora de muestreo: 12:30 hrs.
- Tipo de agua: residual doméstica

- Resultados de campo:

parámetros de campo:			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	7.43	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Oxígeno Disuelto	2.72	mg/l	NMX-AA-012-SCFI-2001
Conductividad eléctrica	613	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Salinidad	0.3	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos Disueltos Totales	300	mg/l	NMX-AA-093-SCFI-2000
Materia flotante	Presente	---	NMX-AA-006-SCFI-2000
Color del agua	Gris claro	---	Organoléptico
Olor	Perceptible	---	Organoléptico
Temperatura del agua	17.2	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura ambiente	24	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental



Asunto: Reporte de Análisis de calidad de agua residual
Hoja 2 de 2...

- Resultados de laboratorio:

Análisis de Laboratorio: MUESTRA 1			
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	6.98	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Temperatura del agua	17	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Conductividad eléctrica	478	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Salinidad	0.2	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos totales	620	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos totales	352	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos suspendidos totales	268	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos volátiles	160	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos disueltos fijos	192	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos suspendidos volátiles	212	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos suspendidos fijos	56	mg/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
Sólidos sedimentables	4.5	ml/l	NMX-AA-004-SCFI-2000
DQO	465	mg/l	NMX-AA-030-SCFI-2001
DBO ₅	309	mg/l	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes fecales	2.6 x10 ⁷	NMP/ml	NMX-AA-042-SCFI-1987
Grasas y aceites	185.1	mg/l	NMX-AA-005-SCFI-2000

Sin otro particular por el momento reciba un cordial saludo, no sin antes quedando a sus órdenes para cualquier aclaración y comentario al respecto.

Morelia Mich., a 22 de marzo de 2010

ATENTAMENTE.

Ing. Roberto Garcia Acevedo
 Técnico Académico del laboratorio.

Ing. Ricardo Ruiz Chávez
 Jefe del laboratorio.

C.c.p. Archivo

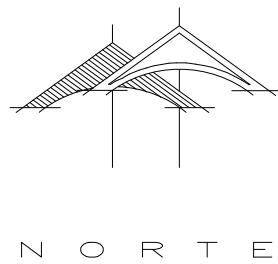
Edificio PIC
 Tel. (443) 322 3500 Ext. 4344

Ciudad Universitaria

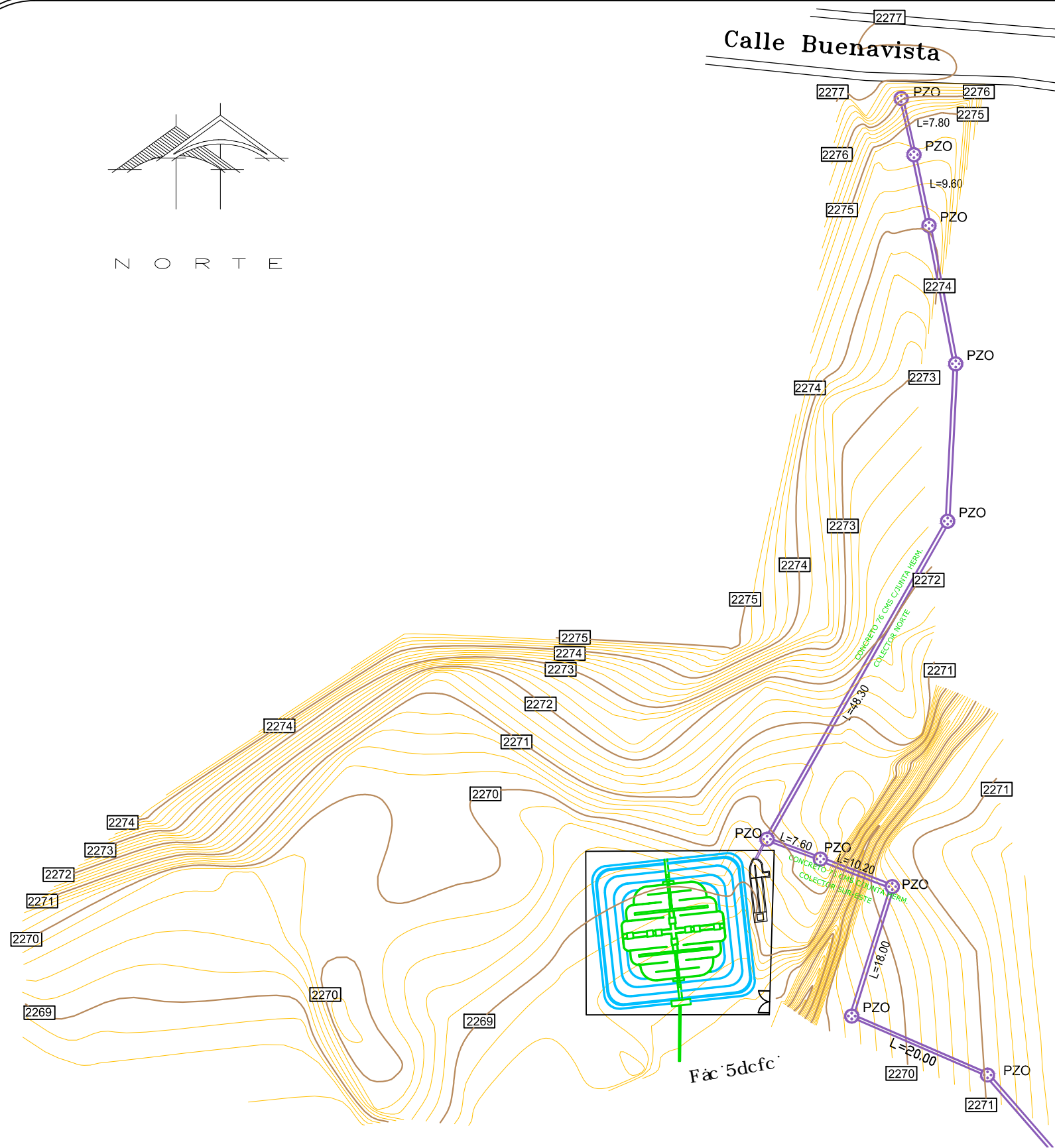
Morelia Michoacán
 Fax (443) 304 1002



ANEXO III



Calle Buenavista



NORTE

ESTADO DE MICHOACÁN

ESTADO DE MICHOACÁN

SITIO DE LA PLANTA

Simbología

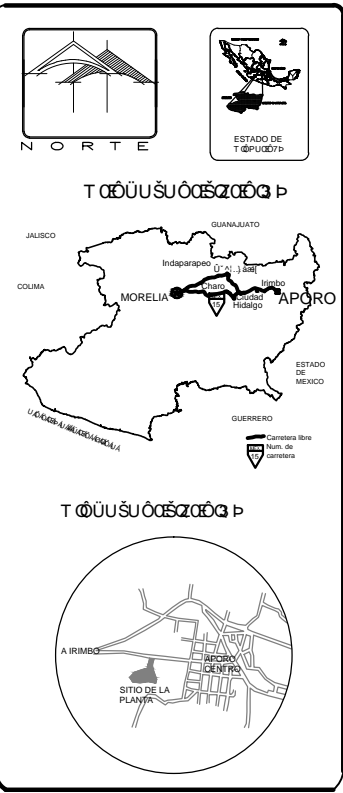
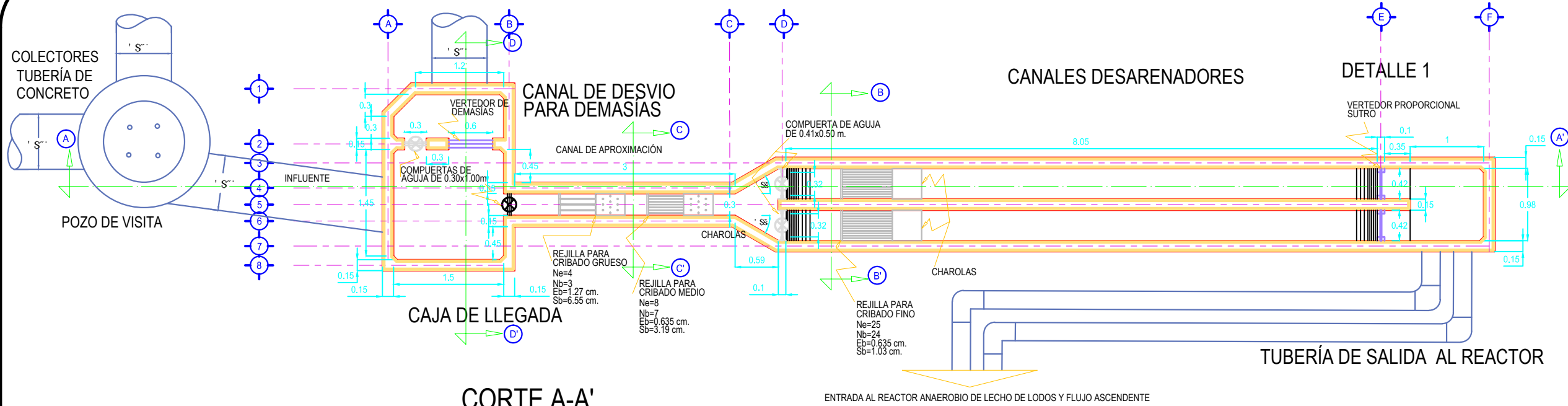
- ⊕

PZO POZO DE VISITA (existente)
- ||

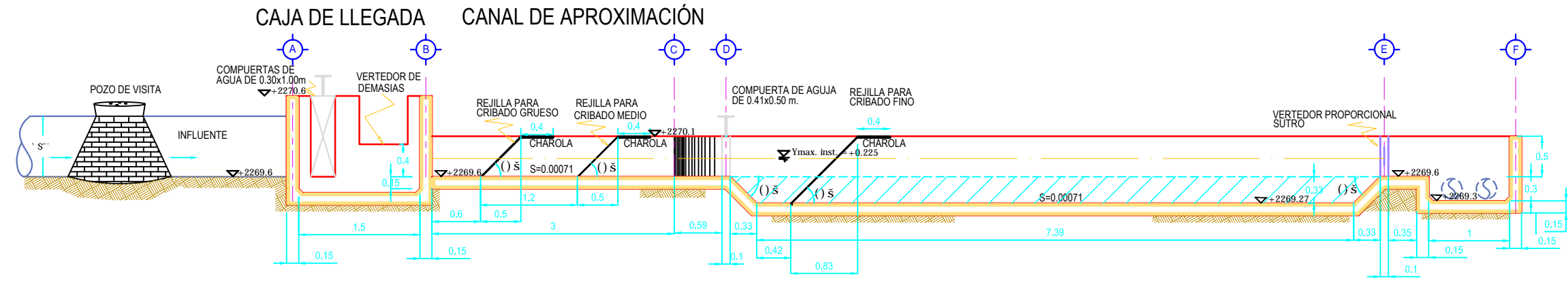
LÍNEA DE COLECTOR TUBERÍA DE CONCRETO DE 75 CM C/ JUNTA HER.
- L=104

LONGITUD DE TUBERÍA DE TRAMO

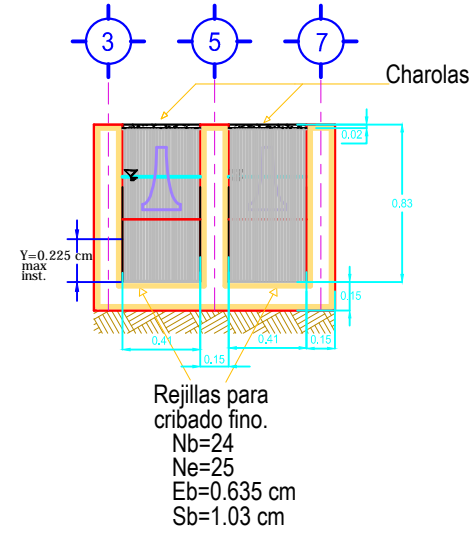
	U. M. S. N. H.	
	FAC. DE INGENIERIA CIVIL	
PLANO: TOPOGRÁFICO		
PRESENTA: P.I.C. MARCOS A. SANDOVAL BARAJAS		
UBICACION: APORO, MICHOACÁN	ACOTACIONES: MTS	
TESIS: PROYECTO PARA LA REHABILITACIÓN INTEGRAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA POBLACIÓN DE APORO, MICH.	FECHA: SEPTIEMBRE 2012	
PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL	ASESOR: M. C. ROBERTO GARCÍA ACEVEDO	



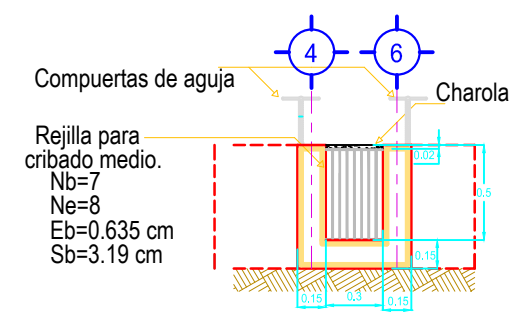
CORTE A-A'



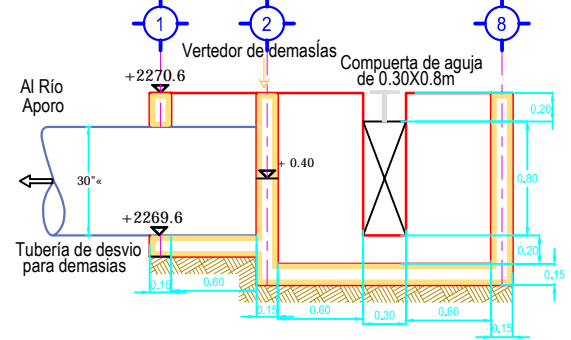
Corte B-B'



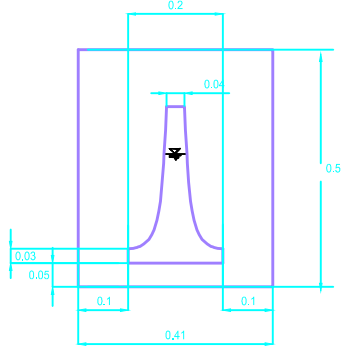
Corte C-C'



Corte D-D'



DETALLE 1



DATOS DE PROYECTO	
GASTOS	
Gastos generados para el año de proyecto (2030):	
Mínimo	4.01 l.p.a.
Medio	8.02 l.p.a.
Máximo instantáneo	27.89 l.p.a.
Máximo extraordinario	41.84 l.p.a.
CAJA DE LLEGADA	
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	0.45min
Observación a gasto máximo extraordinario	
Velocidad de aproximación	0.3 m/s
Pendiente del canal	0.00071 mil
PRETRATAMIENTO	
Gasto de diseño	27.89 l.p.a.
Velocidad de aproximación	0.3 m/s
DESARENADOR	
Número de canales	2
Pendiente de canales	0.00071 mil
Gasto unitario máximo	27.89 l.p.a.
Diámetro de partículas removidas	0.15 mm
Volumen acumulado de arena	1.09 m ³ /semana
Velocidad de sedimentación	0.0127 m/s

	U. M. S. N. H.	
	FAC. DE INGENIERIA CIVIL	
PLANO: FUNCIONAL DEL PRETRATAMIENTO		
PRESENTA: P.I.C. MARCOS A. SANDOVAL BARAJAS		
UBICACION: APORO, MICHOACÁN	ACOTACIONES: MTS	
PROYECTO PARA LA REHABILITACION INTEGRAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA POBLACION DE APORO, MICH.	FECHA: SEPTIEMBRE 2012	
PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO CIVIL	ASESOR: M. C. ROBERTO GARCÍA ACEVEDO	