



EMPRESAS PÚBLICAS DE GARZÓN EMPUGAR E.S.P
NIT. 891.180.074-9

**“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL
MUNICIPIO DE GARZÓN, HUILA”**

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



DEPARTAMENTO DEL HUILA
MUNICIPIO DE GARZÓN
OCTUBRE 2020



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

TABLA DE CONTENIDO

1 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	5
1.1 INTRODUCCION	5
1.2 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	6
1.2.1 Rejillas de cribado	6
1.2.2 Desarenador	6
1.2.3 Medidor de caudal	6
1.2.4 Tratamiento biológico	7
1.3 PUESTA EN MARCHA DE LA PTAR	9
1.3.1 Sedimentación Secundaria	10
1.3.2 Problemas comunes en la Operación de los Filtros Percoladores	10
1.3.3 Carga del Sistema	13
1.4 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE GARZÓN, HUILA.	14
1.4.1 Labores de mantenimiento	14
1.5 CONTROL OPERATIVO DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO	22
1.6 MEDIDAS HIGIENICAS	24
1.7 CONTROL ANALITICO MUESTREOS Y DETERMINACIONES	25
1.7.1 Consideraciones generales	25
1.7.2 Muestreos: Metodología	26
1.7.3 Medidas de caudal	28
1.7.4 Determinaciones analíticas en la planta	29
1.8 PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO Y SOLUCIONES	37
1.8.1 Generalidades	37



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Afluente Agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales, o algún proceso de tratamiento.

Aguas residuales municipales Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos.

Aguas residuales Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

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

Ambiente aerobio Proceso que requiere o no es destruido por la presencia de oxígeno.

Ambiente anaerobio Proceso desarrollado en ausencia de oxígeno molecular.

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

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

Cámara Compartimento con paredes, empleado para un propósito específico.

Carga orgánica Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Combinado Sistema de alcantarillado que recibe aguas lluvias y aguas residuales de origen doméstico y/o industrial.

Concentración Denomínase concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

Desarenadores Cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Digestión aerobia Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

Digestión anaerobia Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en ausencia de oxígeno.

Disposición final Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.

Efluente final Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Efluente Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Emisario Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado y las lleva a una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento y las lleva hasta el punto de disposición final.

. **Filtro percolador.** Tanque circular en el cual se realiza la depuración biológica aeróbica de las aguas residuales, mediante el desarrollo de bacterias que se agrupan formando una lama biológica sobre un medio percolante y que por acción físico-química retienen la contaminación orgánica

Muestra compuesta Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

Muestra integrada Consiste en el análisis de muestras instantáneas tomadas simultáneamente en diferentes puntos o tan cerca como sea posible. La integración se hace de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra.

Muestra puntual Muestra de agua residual tomada al azar en un momento determinado para su análisis. Algunos parámetros deben determinarse in situ y otros en el laboratorio.

Muestreo manual El que no se realiza con equipos. Puede ser muy costoso y demorado para muestreos a gran escala.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Paso directo (By Pass) Conjunto de tuberías, canales, válvulas y compuertas que permiten desvío del agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia o de mantenimiento correctivo.

Planta de tratamiento (de agua residual) Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

Pretratamiento Procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario.

Rejilla media Artefacto de barras paralelas de separación uniforme (2 a 4 cm), utilizado para remover sólidos flotantes y en suspensión. Es la empleada en el tratamiento preliminar.

Tratamiento biológico Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto.

Tratamiento primario Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO.

Tratamiento secundario Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos.

Vertederos Son dispositivos que permiten determinar el caudal. Poseen una ecuación general que depende de la gravedad, de su geometría, de su espesor de pared. La variable independiente será siempre la altura de la lámina de agua sobre el nivel de referencia. De esta forma cualquier vertedero puede calibrarse mediante una curva de calibración del mismo con base en diferentes alturas de la lamina de agua de los diferentes caudales.

Volumétrico El aforo volumétrico consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se esta aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este. Es útil para el aforo de vertimientos puntuales de pequeño tamaño.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

1 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

1.1 INTRODUCCION

El sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Fosca, Cundinamarca, esta compuesto por un sistema de tratamiento preliminar seguido del sistema primario.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales corresponde a un sistema de rendimiento conocido como filtros percoladores los cuales tienen requerimiento de operación y mantenimiento mínimos que deben revisarse y cumplirse periódicamente, por el operador, con el objeto de eliminar los problemas que frecuentemente se presentan en este tipo de plantas.

La operación y el mantenimiento de la PTAR por filtros percoladores tienen por objetivo básico lo siguiente:

- ✓ Mantener limpias las estructuras de entrada, interconexión y salida.
- ✓ Realizar limpieza de rejillas de cribado
- ✓ Hacer la limpieza de cada estructura de desarenación semanalmente, retirando las arenas que allí se depositan
- ✓ los filtros percoladores necesitan de inspección semanal y se debe realizar el lavado cuando comiencen a aparecer vectores como zancudos o mosquitos; además, cuando halla presencia de lama sobre la estructura o cualquiera de sus componentes.

En atención a lo anterior, el operador, debe ser consciente de que su trabajo es muy importante para la comunidad y que es el responsable de posibles amenazas a la salud pública que se deriva de un mantenimiento incorrecto de la planta de tratamiento.

En este manual, encontrará de manera detallada y didácticas las labores que usted como operador del sistema de tratamiento de las aguas residuales debe realizar periódicamente, a nivel de mantenimiento y operación, así como la ubicación, descripción y funcionamiento de cada una de las estructuras que



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

conforman el sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Fosca, Cundinamarca.

El objetivo primordial para diseñar el sistema de tratamiento de las aguas residuales del casco urbano de Fosca, Cundinamarca fue:

- ✓ Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno
- ✓ Remoción de sólidos
- ✓ Remoción de patógenos

1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Garzón, Huila , esta compuesto por un tratamiento preliminar, filtros percoladores, sedimentador secundario, digestión de lodos,

1.2.1 Rejillas de cribado

Las rejillas tienen por objeto retener las basuras y los sólidos que vienen con las aguas residuales. A medida que estos desperdicios se van acumulando en ella, esta se va colmatando y el agua encuentra mayor dificultad en atravesarla. La limpieza de las rejillas es una operación de mantenimiento de gran importancia, ya que la pérdida de carga hidráulica aumenta a medida que crece el grado de obstrucción de las mismas.

1.2.2 Desarenador

En el desarenador se eliminan las partículas de arena u otras materias inorgánicas mas pesadas que los sólidos orgánicos, que tienden a sedimentar. Las arenas y otros materiales pesados se acumulan en el fondo del desarenador.

1.2.3 Medidor de caudal

Estructura utilizada para medir el caudal afluente de la planta de tratamiento. El aforador está localizado luego del desarenador regulando el nivel del agua en dicha estructura.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

1.2.4 Tratamiento biológico

El sistema de tratamiento biológico está compuesto por 3 tanques filtros percoladores y 3 tanques de sedimentadores secundarios. El filtro percolador es un reactor aerobio con suministro de oxígeno por medio de riego sobre un medio filtrante de material grueso, el objetivo perseguido en este tipo de tratamiento es obtener un efluente de calidad adecuada, con estabilización de la materia orgánica y reducción en el contenido en los nutrientes y bacterias coliformes.

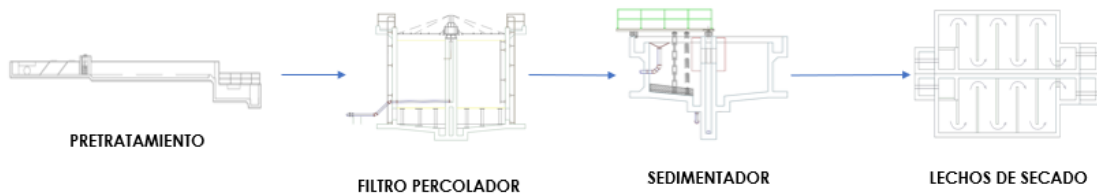


Figura 1. Esquema de procesos de la PTAR

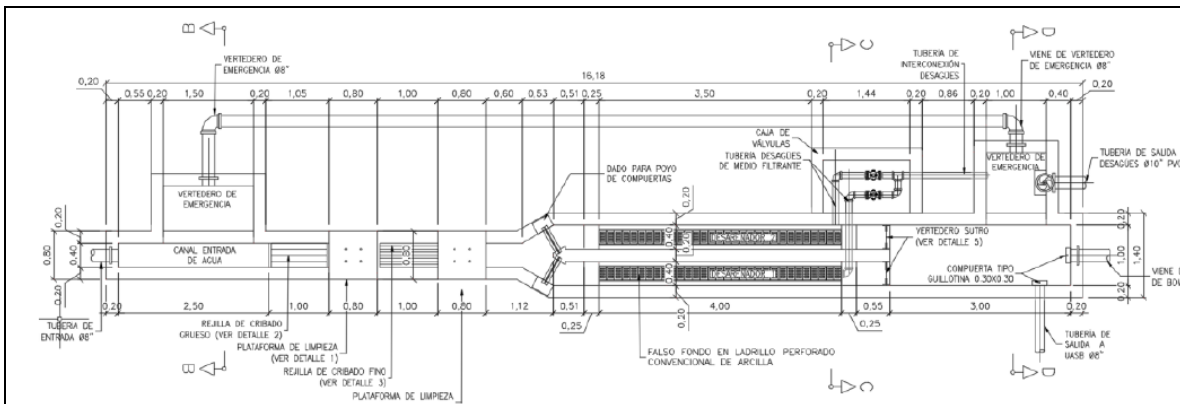


Figura 2. tratamiento preliminar



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

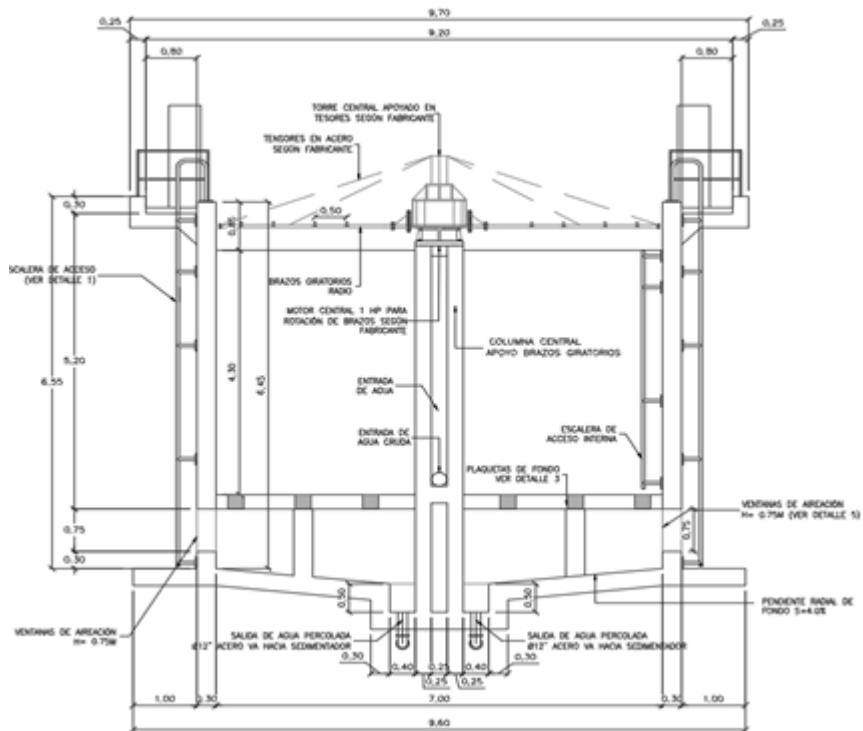


Figura 3. Filtros Percoladores

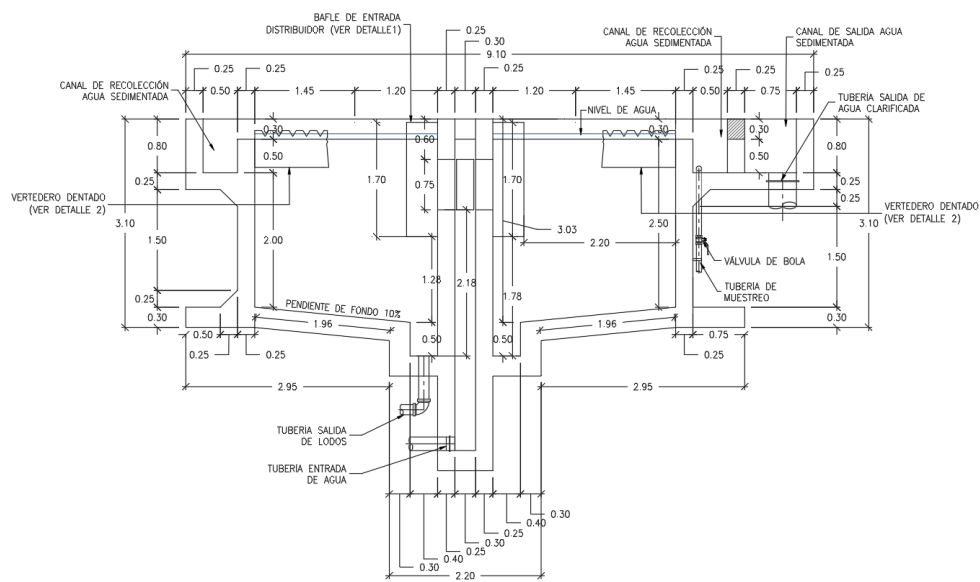


Figura 4. Sedimentación Secundario



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Principales parámetros de operación de los filtros percoladores:

1. Carga volumétrica
2. Carga hidráulica
3. Bombas de recirculación
4. Distribución de caudal

1.3 PUESTA EN MARCHA DE LA PTAR

Es importante tener en cuenta que el periodo inicial de operación sea crítico para la obtención de los tiempos correctos de retención hidráulica en cada una de las estructuras que les permita funcionar de manera correcta y satisfactoria.

Por consiguiente, es importante que las estructuras funcionen de acuerdo crezca la demanda sanitaria.

El correcto funcionamiento del sistema de tratamiento depende fundamentalmente de las medidas preventivas que se tomen para evitar obstrucciones, acumulación de sólidos indeseables, cargas hidráulicas excesivas y en general de una cuidadosa operación y mantenimiento de todas y cada una de las unidades y estructuras componentes del sistema.

Los principales requisitos para un buen rendimiento de los filtros percoladores corresponden a:

- a. Distribución uniforme de las aguas residuales sobre la superficie
- b. Adecuada ventilación

La migración del sustrato y el aire a través de la biopelícula constituyen factores limitantes del proceso de depuración. Teniendo en cuenta eso, las biopelículas gruesas no son muy deseables, ya que dificultan el contacto de las capas más internas de microorganismos con el oxígeno necesario para que realicen su actividad depuradora. Además, cuando las biopelículas adquieren mucho grosor, se favorece el atascamiento o tupición del empaque, principalmente cuando es de piedra.

El espesor de la película biológica depende, entre otros factores, de la concentración del agua que atraviesa el lecho (agua a tratar más recirculación). Aún cuando no hay un criterio definido en ese sentido, puede considerarse que para una DBO₅ de 100 mg · L⁻¹, un espesor de 1 a 2 mm en la superficie del filtro, es más que suficiente. Cuando el filtro está relleno o empacado con materiales



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

tradicionales es mejor limitar el espesor a unos 3 mm, y procurar una concentración del afluente a tratar entre 100 -150 mg·L⁻¹ de DBO₅. Los materiales plásticos pueden soportar espesores mayores, y, por consiguiente, concentraciones de DBO₅ superiores a las mencionadas.

La superficie del filtro debe mantenerse libre de vegetación en general y de acumulaciones de hojas u otras basuras. Por tal razón, se recomienda la no existencia de árboles o arbustos muy próximos al filtro. El volumen de agua residual aplicado en cualquier punto por metro cuadrado de área de superficie de filtro no debe exceder aproximadamente el 10%, del volumen calculado, cuando el filtro opera con un caudal de entrada igual al caudal medio de proyecto. Para los distribuidores rotatorios, su velocidad de giro debe mantenerse en el orden de 10 rpm, cuando tiene dos brazos perpendiculares y 20 rpm para distribuidores de un solo brazo.

1.3.1 Sedimentación Secundaria

En la sedimentación secundaria tiene lugar la separación del agua, de los sólidos desprendidos del relleno de los filtros percoladores. Parte del líquido sobrenadante puede recircularse nuevamente hacia la entrada del filtro. El resto constituye el efluente de la planta, a menos que esté prevista la cloración como tratamiento terminal. El sólido que va hacia el fondo del sedimentador constituye el lodo, que será descargado hacia los digestores anaerobios para su ulterior descomposición. En la tabla 3 se ofrece información de valores típicos de carga superficial para los sedimentadores secundarios, que pueden ser tomados como referencia.

1.3.2 Problemas comunes en la Operación de los Filtros Percoladores

En la puesta en marcha se precisan entre 10 y 15 días para formar la película biológica

Demoras mayores pueden ser ocasionadas por:

- Insuficiente carga volumétrica aplicada Para paliar el efecto, se puede reducir la recirculación
 - Vertidos industriales que modifiquen el pH e inhiban el crecimiento microbiano
- En tales circunstancias debe corregirse el pH, por ejemplo con cal, y en todo caso evitar que se sigan produciendo dicho tipo de vertidos

Desaparición de la película biológica de una forma brusca

La causa puede ser:

- Un vertido ácido o tóxico puntual El remedio a aplicar será un lavado enérgico del lecho y volver a iniciar el ciclo



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Encharcamiento de la superficie del lecho

En los filtros con empaque de piedra, en ocasiones puede presentarse acumulación de agua en la superficie. Esta agua debe eliminarse.

Las causas pueden ser:

- Mala granulometría del medio poroso Se hace inevitable su sustitución
- Excesivo crecimiento de la biomasa motivado por alta carga volumétrica. Para paliar el efecto sólo queda la alternativa de no tratar todo el caudal, o de aumentar la recirculación
- Tupición del empaque debido a pobre efectividad en la eliminación de fangos en el sedimentador primario
- Excesiva cantidad de biomasa en el interior y la superficie del lecho Para evitarla, se suele recurrir a clorar las aguas antes de la entrada, para producir la muerte de parte de la biomasa, y un lavado enérgico para su retirada. En un caso extremo se detiene la operación del filtro y se deja secar

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

1. Incrementar la carga hidráulica sobre el filtro, aumentando la recirculación. Otra acción puede consistir en disminuir la velocidad de los distribuidores, haciendo girar uno de sus brazos hasta que el chorro de agua salga contra la dirección en que gira.
2. Enjuagar la superficie del filtro con chorros de agua de alta presión, dirigiéndolo en todas direcciones pero preferentemente sobre las áreas obstruidas.
3. Aflojar el material de relleno en la superficie con un rastrillo o una herramienta similar (que no sea pesada).
4. Cargar el filtro percolador, bajo dirección técnica, con productos químicos adecuados, como puede ser el hipoclorito de sodio. Al final, enjuagar fuertemente.

Si ninguna de estas medidas tiene efecto:

1. Extraer una parte del material de relleno
2. Lavarlo con agua a presión
3. Volver a colocarlo

Antes de volver a colocarlo hay que repetir varias veces el enjuague del filtro. Si es necesario, se saca todo el material de relleno, se lava y se vuelve a colocar. En este caso deben revisarse el tamaño y la forma de las piedras o material de relleno. El material inservible debe ser reemplazado.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Malos olores

La generación de malos olores está generalmente asociada con los problemas de exceso de sobrecarga volumétrica del filtro y al crecimiento excesivo del espesor de la capa de limo sobre el medio de relleno, razón por la cuál la aireación en el filtro es insuficiente. La solución a este problema sería aumentar la aireación, pero como es imposible ya que ésta depende factores climatológicos que influyen en la temperatura del agua y del aire, se recurre a aumentar la recirculación para disminuir la carga volumétrica aplicada, o aplicar la cloración, aunque con riesgo esto último, de eliminar la biomasa

Control de olores

Se pueden controlar:

1. Incrementando la recirculación para disminuir la concentración de DBO5 del afluente al filtro y, con el aumento de la carga hidráulica, aumentar el poder abrasivo y eliminar el crecimiento biológico excesivo manteniendo las condiciones aerobias
2. Eliminando las obstrucciones en el filtro percolador
3. Eliminando depósitos en el fondo, enjuagándolos o raspándolos
4. Agregando sustancias químicas adecuadas en la entrada del filtro, bajo dirección técnica Si los canales de desagüe se inundan por alguna razón, la ventilación del filtro se torna difícil.

Moscas en los filtros

Una cantidad excesiva de moscas en los filtros suele producir molestias tanto en la propia planta de tratamiento como en áreas aledañas.

La proliferación de moscas del género *Psychoda* se debe a un excesivo crecimiento del número de sus larvas en el interior del lecho. La vida de esta mosca es de 5 a 7 días dependiendo de la temperatura. Una solución para eliminarías es inundar la superficie del lecho, disminuyendo el intervalo de pasada del distribuidor, con lo cual se evita la salida de la mosca. En última instancia se puede acudir al empleo de insecticidas para su eliminación, y solo bajo una estricta supervisión de personal calificado para ello.

Aspectos a tener en cuenta para la eliminación de las moscas:

1. Promover una distribución del agua sobre el filtro en forma más continua y, en caso necesario, aumentar la carga hidráulica
2. . Lavar la superficie con chorros de agua para disminuir la acumulación de biomasa



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

3. .. Lavar con agua las partes internas de las paredes del filtro que estén libres en su parte superior.
4. . Aplicar productos químicos adecuados, bajo dirección técnica. Eventualmente, repetir la aplicación para matar las larvas.

El uso de sustancias químicas puede producir efectos secundarios perjudiciales sobre la biomasa del filtro y del cuerpo receptor. Por tal razón, deben preferirse las primeras medidas de las mencionadas.

Al sembrar plantas en las áreas cercanas al filtro pueden reducirse las molestias causadas por las moscas. Es conveniente no plantar árboles con copas anchas, sino árboles bajos para evitar que las hojas que se desprendan de los mismos caigan sobre el filtro, y cubran su superficie con el subsecuente riesgo de formación de acumulaciones de agua u obstrucciones en la superficie.

Formación de espumas en los canales de recogida

La causa fundamental es:

- La presencia de elementos tenso-activos (detergentes) no biodegradables. Esta situación es más crítica en el caso de aguas muy alcalinas, o al combinar las aguas municipales con la entrada de aguas residuales en condiciones anaeróbicas.

Para la eliminación de espumas es aconsejable aplicar agua atomizada a presión en las zonas de acumulación, o también el empleo de productos antiespumantes vertidos antes del paso del agua por el lecho bacteriano. Esta última solución, al igual que la anterior, no elimina la causa y además introduce un producto nuevo que puede ser incrementar la micro contaminación. Los canales recolectores que se encuentran en el fondo de los filtros deben mantenerse libre de depósitos sólidos.

1.3.3 Carga del Sistema

Al arrancar el sistema no se deben aplicar cargas elevadas de agua residual, debido a que el principal interés es poner en funcionamiento el sistema; por lo tanto, la carga debe incrementarse gradualmente. Durante la primera etapa las aguas residuales deben ser diluidas hasta una relación del 10%. Para ello, se debe proceder inicialmente a llenar los tanques con agua limpia hasta que esta empieza a salir. Una vez llenas las estructuras se inoculará con un volumen de lodos anaerobios adecuado (entre 3 y 5 m³).



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

1.4 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE GARZÓN, HUILA.

El Mantener la planta de tratamiento de las aguas residuales en buenas condiciones debe ser uno de los objetivos fundamentales del operador y encargados de la planta. Al igual que ocurre con cualquier instalación, sino se cuida diariamente de que esté limpia, y se reparan los imperfectos a medida que estos se producen, en poco tiempo la planta se deteriora. Si no se realiza una adecuada operación podrían surgir también problemas de carácter higiénico que afectarían en forma directa o indirecta a la población.

El operador de la planta deberá efectuar un control diario con el objeto de detectar lo antes posible cualquier problema en el funcionamiento y poder tomar todas las medidas correctivas del caso antes de que se produzcan fallas en los procesos de tratamiento. Dicho operador a su vez, deberá ser consciente de que su trabajo es de suma importancia para la comunidad, y de que es responsable de posibles amenazas a la salud pública por problemas que puedan derivarse de un mantenimiento incorrecto de la planta.

A continuación, se realiza la descripción detallada tanto de las labores de mantenimiento como de los controles a ser realizados por el operador para mantener un adecuado funcionamiento de cada uno de los procesos unitarios del tratamiento.

1.4.1 Labores de mantenimiento

1.4.1.1 Limpieza de las estructuras de tratamiento preliminar

Reja de Cribado

A medida que los sólidos se van acumulando en la reja de cribado, esta se va colmatando y el agua encuentra mayor dificultad en atravesarla. Por lo tanto, es necesario eliminar los sólidos depositados por lo menos **tres veces al día**. El mantenimiento diario es muy sencillo y requiere de solo unos minutos, mientras que si se deja que aparezcan problemas, estos pueden necesitar atención técnica especializada y requerir semanas para volver a poner las rejillas en marcha.

Esta eliminación debe efectuarla el operador, utilizando para ello un rastrillo que encaja entre los barrotes. En estas rejillas se recogen una serie de sólidos de naturaleza diversa, que pueden dar lugar a serios problemas para la salud si no se



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

entierran lo antes posible. Por ejemplo, estos sólidos húmedos son un buen criadero de mosquitos y roedores si se dejan acumulados en montones al aire libre, por tal razón, se han de disponer zanjas en la parte posterior del lote en donde se irán enterrando los sólidos diariamente.

Desarenador

En el desarenador se elimina partículas de arena u otras materias inorgánicas más pesadas que el agua, que tienden a sedimentar.

Las arenas y otros materiales pesados se acumulan en el fondo del desarenador, de donde se van eliminando en forma manual. Esta limpieza se debe realizar mediante palas de mano y la frecuencia de limpieza se realizará por lo menos **una vez por semana**. Esta operación se facilita grandemente ya que el sistema cuenta con dos unidades para el desarenado, con lo cual se deja fuera de servicio la unidad que se va a limpiar. Aunque en el diseño de los desarenadores se ajusta la velocidad del agua residual de forma que sedimente solo la materia inorgánica, las fluctuaciones de caudal pueden dar lugar a variaciones de velocidad que resulten en la sedimentación de fracciones de materia orgánica. Por consiguiente, los sólidos acumulados en los desarenadores tendrán un carácter predominantemente inorgánico, pero con cierto contenido en materia orgánica, que será mayor si no se puede controlar en modo alguno la velocidad del agua residual a su paso por esta unidad de pretratamiento y el caudal tiende a variar mucho dentro del día como ocurre en pequeñas poblaciones.

El contenido de materia orgánica tiene mucha importancia a la hora de eliminar estos sólidos. Estas arenas se dispondrán de igual manera en las zanjas de la parte posterior del lote. En caso contrario surgirían inmediatamente riesgos para La salud, con proliferación de insectos, roedores y desarrollo de malos olores.

El operador se ocupará, igualmente, de dar una lubricación frecuente a las compuertas o válvulas existentes previniendo su corrosión y facilitando su accionamiento inmediato en el momento en que se desee.

Las válvulas de purga del desarenador deberán lubricarse frecuentemente para prevenir corrosión.

Medidor de caudal

El aforador utilizado para el tratamiento es la canaleta Parshall, esta debe mantenerse limpia de acumulaciones de residuos, ya que de lo contrario las lecturas de caudal son erróneas. Esta limpieza debe efectuarse **una vez a la**



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

semana, y los sólidos recogidos se deben disponer en la misma forma que los resultantes del mantenimiento en el desarenador y en la rejilla de cribado.

1.4.1.2 Limpieza de conducciones y estructuras de distribución, entrada y salida

Todas las conducciones como son el tanque de distribución, tuberías de reparto, estructuras de entrada y salida, tubería del aliviadero y la tubería de descarga a la fuente receptora, deben mantenerse limpias, eliminando para ello los depósitos de materia sólida que puedan ir acumulándose.

Las estructuras de entrada y salida de la planta, deben ser objeto de especiales cuidados, ya que la acumulación de sedimentos en ellas provoca que los caudales que pasan a la estación de tratamiento se vayan desviando de los valores de proyecto, con lo que finalmente se provoca el mal funcionamiento de la planta.

La inspección de las estructuras de distribución y las conducciones de entrada y salida debe llevarse a cabo diariamente, para vigilar si existen plásticos, hojas, trapos u otras materias que hayan accedido al sistema y puedan originar obstrucciones. Como regla general debe efectuarse la limpieza de estos elementos **una vez por semana**, siempre que la inspección diaria muestre la presencia de materiales acumulados y después de lluvias.

1.4.1.3 Mantenimiento de caminos, bermas y otros elementos de la planta.

La planta debe en todos los casos estar rodeada por un cerramiento. Este debe dejar libre acceso al viento. El operador debe inspeccionar el cerramiento, aproximadamente **una vez a la semana**, recorriendo todo el perímetro para detectar daños en los postes o el alambre. Los posibles deterioros deben ser arreglados inmediatamente. Es muy importante mantener el recinto bien aislado para impedir la entrada de personas, en especial niños y evitar posibles accidentes.

Los caminos de acceso a la planta deben mantenerse en buen estado. Deben vigilarse para evitar el crecimiento de malas hierbas y la formación de charcos en periodos de lluvia.

La caseta del operador, deberá ser inspeccionada por lo menos **una vez a la semana** para detectar los posibles desperfectos y repararlos en forma inmediata.

1.4.1.4 Limpieza de los lodos acumulados



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

La acumulación de lodos en el fondo se debe corregir eliminándolos periódicamente. La retirada del lodo se suele hacer paralizando el tanque a limpiar cuando se ha producido una acumulación de 20 centímetros de lodo, mediante vaciando el agua almacenada hasta dejar la capa de lodo que no se haya evacuado al descubierto y retirarlo manualmente; por otra parte, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- ✓ Eliminar diariamente las grasas, natas y sólidos flotantes del compartimiento de sedimentación.
- ✓ Raspar semanalmente los lados y fondos inclinados del compartimiento de sedimentación, con un cepillo de goma, para quitar los sólidos que se hayan adherido y que pueden descomponerse.
- ✓ Limpiar semanalmente la ranura del compartimiento de sedimentación. Esto puede hacerse con una rastra de cadena.
- ✓ Cambiar la nata en la cámara de natas, rompiéndola por medio de chorros de manguera a presión, manteniéndola húmeda con aguas negras del compartimiento de sedimentación y quitándola cuando su espesor llegue a unos 60 o 90 cm..
- ✓ Después de cada descarga de lodos, las líneas de descarga deben escurrirse y llenarse con agua o con aguas negras, para impedir que los lodos se endurezcan y obturen la tubería.
- ✓ Prevención de la formación de "espumas". Debe hacerse todo lo posible para impedir la formación de espumas debido a que a veces es muy difícil corregir la situación una vez se ha presentado. La formación de espumas va asociada generalmente con una condición de acidez en los lodos y puede prevenirse en tales casos, o corregirse mediante un tratamiento con cal, para contrarrestar la acidez de los lodos. Cuando aparezca la formación de espumas es recomendable seguir las siguientes recomendaciones:
- ✓ Algunas veces se mejoran las condiciones retirando el tanque del servicio si es posible durante algunos días y dejándolo reposar
- ✓ Semanalmente se extraerán los lodos sedimentados y se conducirán hacia los lechos de secado.



1.4.1.5 Filtros Percoladores

Los sistemas de aspersion de los lechos percoladores deben inspeccionarse diariamente y limpiarse o repararse aquellos que se encuentren dañados u obstruidos. El filtro percolador debe estar en continua operación. El sistema de distribución debe lavarse periódicamente, todos los días si es posible, para quitar cualquier material que pudiese obstruirlo. También deben lavarse ocasionalmente, con chorros de manguera, los sistemas colectores del filtro.

La superficie del filtro debe mantenerse libre de hierbas y acumulaciones de hojas u otras basuras. Deben podarse con relativa frecuencia los árboles o arbustos cercanos al filtro.

El alcantarillado puede llevar ciertas sustancias químicas, que en concentraciones apreciables son tóxicas o venenosos para la vida biológica. Cuando la eficiencia normal de un filtro sufre un descenso repentino, deben llevarse a cabo investigaciones inmediatas, para poder determinar si ha habido una descarga de material tóxico y hacer los arreglos necesarios para eliminarlo o para que la fuente de ellos sea controlada.

Para lograr una distribución uniforme de las aguas negras sobre el lecho, prácticamente todos los distribuidores rotativos necesitan un ajuste periódico de los tornillos tensores de los tirantes de los miembros. Esto es necesario para mantener los miembros a nivel adecuado, así como su distancia a la superficie del filtro. En la época de calor los tirantes se alargan y entonces deben apretarse los tornillos tensores para compensar la expansión del metal debida al calor. En época de bajas temperaturas ocurre lo contrario y los tornillos tensores deben aflojarse. Los filtros percoladores se encharcan cuando se obstruyen las ventanillas del medio filtrante, impidiendo que escurra libremente el líquido. Esto puede suceder debido a que las piezas del medio filtrante son muy pequeñas o a que se haya desintegrado el medio filtrante. La única forma de corregir permanentemente esta dificultad, consiste en reemplazar el medio filtrante por otro medio material que sea del tamaño y calidad adecuados. Si a pesar de esto, las aberturas de ventilación se llenan de proliferaciones de organismos y de lodos, el operador debe tomar medidas correctivas tan pronto como se evidencie el encharcamiento. Tales medidas son:

- ✓ Limpiar la superficie encharcada con un chorro de manguera contra incendios
- ✓ Aplicar fuertes dosis de cloro durante cortos períodos de tiempo, ya sea al



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

área encharcada o al influente de aguas negras. Esto último puede hacerse en la noche, que es cuando es menor la demanda de cloro de las aguas negras. El cloro en concentraciones de hasta 5 ppm, extermina las proliferaciones excesivas del filtro.

- ✓ Inundar completamente el filtro dejándolo así durante 24 horas
- ✓ Aislar el filtro, dejándolo fuera de servicio, sin usarlo durante varios días.
- ✓ Aumentar proporcionalmente la proporción de recirculación. Esto puede hacerse únicamente cuando el diseño del filtro permite esta variación en la operación, como es el caso de los lechos aquí diseñados.

El encharcamiento es siempre una indicación de que algo funciona mal, señalando al operador no solamente el empleo de medidas correctivas, como las mencionadas, sino que también le indica la necesidad de comprobar la operación de toda la planta de tratamiento para localizar la causa más probable. Si las unidades primarias no eliminan adecuadamente la grasa o los aceites, la película biológica del medio filtrante se recubrirá de ellos y se privará de oxígeno a los organismos, impidiéndose también que las aguas entren en contacto con los mismos. También puede suceder que por efecto de circunstancias no previsible en el diseño la instalación no corresponda a la carga de la planta, lo cual, naturalmente señala la necesidad de instalar unidades adicionales que deberán construirse lo más pronto posible.

Otra condición perturbadora que frecuentemente se produce en los filtros percoladores, es la presencia de la misma de los filtros, que es la psychoda. Estas moscas son tan pequeñas, que pueden pasar a través de las mallas que comúnmente se emplean en las ventanas y son muy molestas para el operador y los vecinos cercanos.

Las larvas de las moscas prefieren un medio de desarrollo que sea húmedo, pero no demasiado y en consecuencia prevalecen más en los filtros de caudal normal dosificados intermitentemente que en los filtros de gran caudal dosificados continuamente. Algunos de estos insectos pueden presentarse en las unidades de filtración que estén funcionando normalmente; debido a que la mosca del filtro es uno de los organismos biológicos naturales que se alimentan de los lodos y de la película que se forma en los filtros, ayudando además al proceso de descomposición de la materia orgánica. No obstante una cantidad excesiva de estas moscas indica que la vida biológica del filtro no está en equilibrio, debido probablemente a una sobrecarga orgánica. Los jardines alrededor del lecho deberán ser mantenidos cuidadosamente para impedir que se formen criaderos



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

de moscas

El control de la mosca en el filtro presenta muchas dificultades. El mantener mojadas todas las partes del filtro, especialmente las aristas, restringe su multiplicación. Se han usado diversos tipos de insecticidas, para librar de estas plagas a un filtro infestado. Ninguno ha dado resultados enteramente satisfactorios, sino solamente un alivio temporal. Parece ser que el empleo de cualquier insecticida provoca la producción de especies resistentes de este insecto. Se ha comprobado que lo mejor es emplear algunos insecticidas en rotación, pero este tratamiento es costoso y se requiere un cuidado extremo porque una dosificación demasiado fuerte puede exterminar toda la vida biológica que es necesaria y deseable en el filtro.

Con la existencia de unidades filtrantes duplicadas, se puede retirar una de ellas del servicio durante uno o dos días, inundándola o dejando que se seque, de modo que el filtro quede en condiciones desfavorables para el desarrollo de las moscas.

A pesar de que cualquiera de las medidas mencionadas puede proporcionar un alivio temporal, la única solución permanente contra la molestia de la psychoda es, como en el control del encharcado, determinar su causa y entonces llevar a cabo la acción correctiva adecuada.

Como la operación del filtro percolador depende de la vida biológica, es evidente que, cuando empieza a funcionar un filtro hace falta tiempo para que se desarrolle una población adecuada de organismos en el medio filtrante. Esto es válido no solamente para las unidades nuevas, si no también para aquellas que por haber estado ociosas durante mucho tiempo han ocasionado la muerte de los organismos por falta de sustento y agua. Por tanto debe evitarse, en lo posible, aislar o separar del servicio a una unidad durante un período de tiempo muy grande.

Cada instalación de lechos percoladores tiene sus propias características. Parece ser que no hay método alguno que pueda considerarse como el adecuado para todas las plantas. Deberán aprovecharse todas las oportunidades que se presenten para modificar o adaptar ciertas variantes y hacer pruebas con diversos métodos de operación, como el trabajo en serie o en paralelo, a fin de determinar las mejores condiciones de trabajo para una planta determinada.

1.4.1.6 Lechos de Secado

El secado de los lodos sobre los lechos, resulta de la combinación de dos



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

fenómenos o factores: drenaje y evaporación. Cuando se aplican los lodos, el desprendimiento de los gases ocluidos y los disueltos tiende a hacer que floten los sólidos, quedando abajo una capa de licor que escurre o se drena hacia abajo a través de la arena. El desprendimiento de gases puede aumentar si se agrega un kilogramo de alumbre por cada 800 a 2500 litros de lodo. El escurrimiento más importante ocurre durante las primeras 12 a 18 horas. El subsecuente secado se debe principalmente a la evaporación del agua. A medida que esta tiene lugar, las capas de lodo se enjutan y se agrietan en la superficie, dejando que también haya evaporación en las capas inferiores al profundizarse las grietas.

Los lodos que se apliquen deben ser lo más espesos posible. La experiencia es la mejor guía para determinar la profundidad del lodo que se aplique, lo cual varía generalmente de 20 a 30 cm. Son factores que deben considerarse, la condición y humedad de los lodos que se apliquen, la superficie del lecho disponible, así como la necesidad de espacio para almacenamiento en los digestores. Una capa más delgada se secará más rápidamente, permitiendo la más rápida remoción del lodo y poder usar nuevamente el lecho. Una capa de unos 25 cm se secaría en unas tres semanas, mientras que otra de 30 cm del mismo lodo, tardaría cuatro semanas, o sea que un 25% más de lodos tardaría un 33% más de tiempo. Si se usa alumbre, según se indicó antes, el tiempo de secado puede reducirse casi a la mitad, o sea de un promedio de tres semanas a diez días. Esto puede ser importante cuando se tiene que descargar más lodo de los filtros percoladores y debe haber suficiente superficie disponible en el lecho. Si esta situación es común o frecuente, deben procurarse más lechos para los lodos.

La superficie del lecho debe mantenerse limpia y libre de todos los lodos que se hallan descargando anteriormente. Nunca deben descargarse los lodos sobre otros ya secos o parcialmente secos. Una vez descargadas los lodos del reactor primario, las tuberías de los lodos deben escurrirse bien y hacer circular agua por ellas. Esto no solamente evita el taponamiento de las tuberías, sino también el desarrollo de grandes presiones dentro de las mismas, por los gases que produzcan los lodos que queden adentro. Recuérdese siempre que estos gases son muy explosivos cuando están mezclados con aire y que por lo tanto debe evitarse encender fósforos, cigarrillos o cualquier fuego, cuando se abran las válvulas de los lodos.

1.4.1.7 Limpieza de los lechos

El mejor momento para retirar los lodos de los lechos secadores, depende de ciertos factores como son: el tratamiento subsecuente, la necesidad de descargar nuevamente los filtros y obviamente el contenido de humedad. La torta de lodo con un contenido de humedad del 60 a 70%, puede retirarse con



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

palas o rastrillos, pero si se ha dejado secar hasta el 40% pasará a lo sumo a la mitad. Por otro lado, unos lodos secos que tengan el 10 por ciento de humedad, serán polvorientos.

Una de las mejores herramientas para el retiro de los lodos es un rastrillo en forma de pala, que tenga los dientes separados 2,5 cm aproximadamente como los que se utilizan para el manejo del carbón o de piedra. Con un rastrillo los lodos pueden retirarse con mucha menos pérdida de arena que con una pala. En el mejor de los casos, queda adherida algo de arena en la parte inferior de la torta de lodo y eventualmente debe reponerse esta arena.

Para el cargue se pueden emplear carretillas de mano, para lo cual se tienden tablones sobre el lecho, a modo de andén, y así poder colocar las carretillas cerca de los trabajadores para que la distancia de traslado no sea muy grande. Para el traslado se pueden emplear volquetas, con la ventaja de que su descarga es muy rápida y la mayoría de los municipios las utilizan para otro tipo de labores.

Después de retirar los lodos, el lecho debe prepararse para la siguiente carga. Puede ser necesario reponer la arena que se haya perdido por limpiezas anteriores. Cada año se pierden cerca de 2.5 cm del lecho de arena y por lo tanto, la capa de arena debe reponerse hasta su espesor adecuado, aproximadamente una vez cada tres años. Cualquier clase de arena limpia sirve para esto. Si el lecho no se ocupa durante largos períodos, debe mantenerse libre de crecimientos excesivos de hierbas. Una buena práctica consiste en usar arena lavada que tenga un coeficiente de uniformidad de 4.0 o menor y un tamaño efectivo de 0.3 a 0.5 mm.

Si los lodos producen olores puede deberse a la extracción de lodo demasiado fresco. En tal caso, deberá alargarse el período entre extracciones de lodos.

1.5 CONTROL OPERATIVO DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El operador de la planta, deberá efectuar un control diario de las incidencias de estas unidades con el objeto de detectar lo antes posible problemas de funcionamiento y poder tomar las acciones correctivas necesarias. Este control diario es muy sencillo y se limita a las observaciones que pueden reunirse durante un recorrido alrededor de la planta, el cual deberá realizarse en forma rutinaria a la misma hora del día, si no es posible hacer esta inspección diaria, por lo menos se deberá realizar dos veces por semana. Durante este recorrido el operador deberá tomar notas relativas a las siguientes incidencias:



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

En la **Tabla 2.1** se presenta el formato de los parámetros que deben ser evaluados diariamente por el operador a la planta de tratamiento y las muestras que se deben enviar al laboratorio a ser analizadas mensualmente.

Tabla No. 2.1. Parte diario del control operativo

FECHA =				HORA =
NIOMBRE DEL OPERADOR =				
Caudal (l/s)				
9 am.				
12 pm.				
3 pm				
6 pm				
INCIDENCIAS	AR	TF	EF	OBSERVACIONES
Oxígeno Disuelto (OD)				
pH				
Conductividad				
Temperatura				
DQO				
ANALISIS A REALIZAR EN LABORATORIO				
DBO				
SST				
COLIFORMES FECALES				
NITRATOS				
SULFATOS				
SULFUROS				
INSPECCIONES DIARIAS A REALIZAR POR EL OPERADOR				
Infiltraciones de agua				
Vectores (zancudos, mosquitos)				
Roedores				
Olores desagradables				
Estado del cerramiento				
Estado de los caminos				
Estado del acceso				
Reja de cribado				
Desarenador				
Medidores de caudal				



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Jardinería

Caseta

AR: Agua residual bruta, TF: Filtros percoladores, EF: Efluente final

Firma: _____

1.6 MEDIDAS HIGIENICAS

A pesar de que el operador debe saber que esta trabajando en una planta de tratamiento de aguas residuales, y que esta puede llegar a ser un foco infeccioso, es normal que con el tiempo pierda el miedo y olvide el carácter de riesgo al que esta expuesto si no toma las precauciones básicas. Precisamente cuando el operador adquiera esta confianza aumentan las probabilidades de riesgo. Para evitar esto se deberá colocar en algún lugar visible la lista de instrucciones higiénicas para que sirva de recordatorio al operador de la planta.

Medidas de seguridad recomendadas por la OMS para operadores de PTARS

- La planta de tratamiento deberá contar siempre con un depósito de agua limpia, jabón y bombones de lejía. Es aconsejable utilizar toallas de papel desechable para evitar que debido a la necesidad de transporte para la limpieza de las toallas, estas permanezcan demasiado tiempo sin lavar.
- La planta de tratamiento, deberá contar con un botiquín en el que se incluya, como mínimo, esparadrapo, algodón, alcohol, mercromina o similar (Vigencial), una disolución detergente desinfectante (Armil, Lactacyd etc.), tijeras y pinzas, también es conveniente que el operador disponga de algún líquido repelente para evitar las picaduras de mosquitos u otros insectos.
- El operador deberá disponer de guantes y botas de goma, casco de trabajo y al menos dos overoles. Todas las prendas utilizadas en la planta deberán permanecer en ella al final de la jornada laboral.
- Siempre que se vaya a comer o beber, o incluso a encender un cigarrillo, hay



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

que lavarse las manos. Si se prepara alguna comida dentro de la planta, hay que designar un área para este fin, y evitar en todo momento comer a la vez que se está efectuando alguna labor que pueda ocasionar el contacto de la comida con algún elemento que haya estado en contacto a su vez con aguas residuales o fangos.

- Todas las herramientas de trabajo deberán lavarse con agua limpia antes de ser guardadas después de su uso.

- Los cortes, arañazos y abrasiones que pueda sufrir el operador deberán desinfectarse inmediatamente después de que se haya producido.

- La entrada a la planta deberá mantenerse cerrada incluso si el operador está trabajando en el recinto, para evitar accidentes por caídas de personas curiosas, especialmente los niños. También es importante recordar a los visitantes los riesgos higiénicos.

- El operador deberá vacunarse contra el tétano y la fiebre tifoidea, así como otras posibles enfermedades que indiquen las autoridades sanitarias de la zona. También deberá someterse a un chequeo médico periódico.

- El operador deberá recibir instrucciones sobre primeros auxilios antes de empezar sus labores en la planta.

1.7 CONTROL ANALITICO MUESTREOS Y DETERMINACIONES

1.7.1 Consideraciones generales

A continuación se describe la labor de seguimiento mínima necesaria para conseguir una evaluación adecuada del comportamiento del sistema de tratamiento. Los seguimientos experimentales de las plantas de tratamiento son muy importantes por tres razones fundamentales:

- ✓ Conocer la eficiencia de la planta de tratamiento en distintas épocas del año y en los distintos aspectos relativos a la calidad del efluente para sus posibles usos.
- ✓ Determinar anomalías de funcionamiento y tomar medidas de corrección



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

adecuadas para evitarlas.

- ✓ Reunir datos representativos de la planta en la zona, que servirán a su vez para mejorar criterios de diseño y construcción de futuras instalaciones.

1.7.2 Muestreos: Metodología

Los tres tipos fundamentales de muestras que pueden tomarse en una PTAR, son los siguientes:

Muestras puntuales

Son muestra simples tomadas en un solo punto de los estanques y en un solo momento del día. Por ejemplo, para tomar una muestra puntual del efluente de la planta se tendría que llenar un recipiente con el agua de salida.

En este tipo muestras es importante registrar cuidadosamente la localización del punto de muestreo y la hora del día a la que se llevo a cabo la toma de muestras. Las muestras puntuales informan sobre el estado de la parte de la instalación muestreada en ese punto y en ese momento, por lo que solo tienen valor con respecto a aquellas variables que sufren grandes variaciones durante el transcurso del día o la posición en el estanque.

Muestras compuestas:

A diferencia de las muestras puntuales, estas muestras proporcionan información sobre la media diaria de las variables que se analicen.

Para tomar una muestra compuesta hay que combinar varias muestras puntuales tomadas a diferentes horas del día, mezclándolas en proporción directa al caudal que representan. Por ejemplo, para tomar muestras compuestas a la entrada de la planta habría que tomar muestras puntuales de agua residual a intervalos regulares de una - dos horas y medir simultáneamente con cada toma de muestras puntual el caudal a la entrada de la planta. A continuación se mezclarían estas muestras puntuales de forma que la cantidad de cada una de ellas que aparece en la muestra final sea directamente proporcional al caudal medido en el momento en que se tomo la muestra puntual correspondiente. El número de muestras simples debe ser al menos de cuatro espaciadas regularmente (9, 12, 15, 18 horas del día). Cuanto mayor sea el numero de muestras, tanto mas representativa será la muestra final obtenida.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Aunque este procedimiento de toma de muestras es mucho más tedioso que las muestras puntuales, es la única forma de conseguir información válida sobre algunos aspectos de la planta, especialmente la alimentación. Si se toman únicamente muestras puntuales se corre el riesgo de detectar máximos o mínimos que no son representativos de la marcha real de la instalación, y todas las evaluaciones basadas en ellos serán necesariamente erróneas.

En el método de toma de muestras compuestas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_m = \frac{Q_i * V_{mc}}{Q_p * N}$$

- V_m = Volumen requerido de la muestra sencilla ml.
 Q_i = Caudal instantáneo (muestra sencilla). M^3/h .
 V_{mc} = Volumen requerido de la muestra compuesta (3000 ml).
 Q_p = Caudal promedio final m^3/h .
 N = Número de muestras sencillas o simples.

En el **Cuadro 2.2** se presenta un formato tipo de Medidas de caudal y a continuación se describe el proceso de preparación de la muestra compuesta.

Cuadro No. 2.2 Medidas de caudal a distintas horas del día

Caudal en m^3/h	60	90	100	50
Horas del día	9	12	15	18

Por ejemplo Para tomar una muestra compuesta del agua que entra a la planta, se deberán tomar inicialmente unas muestras puntuales a la entrada de la planta y en cada una de las horas especificadas en el cuadro anterior, tomando siempre un volumen de muestra igual.

Para determinar en que porcentaje deben mezclarse las muestras puntuales para obtener la muestra compuesta, se elige el valor más bajo de los caudales medios. En este ejemplo sería el de 50 m^3/h , correspondiente a las 6 de la tarde. Tomando este valor como referencia, se obtiene la proporción en que deberán estar representadas las demás muestras así:

$$\begin{aligned} \text{Muestra de las 9 de la mañana} &= 60/50 &= 1.2 \\ \text{Muestra de las 12 del medio día} &= 90/50 &= 1.8 \end{aligned}$$



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Muestra de las 3 de la tarde = 100/50 = 2

Es decir, que si queremos tener aproximadamente 1 litro de muestra compuesta, podemos tomar 200 cm³ de la muestra 4 y añadirle:

Muestra 1 = 200*1.2 = 240 cm³

Muestra 2 = 200*1.8 = 360 cm³

Muestra 3 = 200*2.0 = 400 cm³

En total se obtendrían 1200 cm³ de muestra compuesta.

1.7.2.1 Frecuencia de los muestreos

Con el objeto de determinar el comportamiento de las unidades de tratamiento durante las épocas del año en las que su eficacia es máxima y mínima, se recomienda escoger dos periodos de muestreos que correspondan a los meses más fríos y cálidos.

Los muestreos deben llevarse a cabo con periodicidad semanal durante al menos cinco semanas situadas en la zona central de la época seleccionada.

Este sistema de dos campañas anuales de muestreo debe tomarse como el mínimo necesario para la evaluación del comportamiento del sistema de tratamiento. Siempre que sea posible y se cuente con los medios necesarios para un seguimiento más completo, es recomendable la toma de muestras mensual, complementada con las dos campañas anuales descritas anteriormente.

1.7.3 Medidas de caudal

La medida del caudal tiene importancia en el funcionamiento de la planta. No solo es necesario para obtener muestras compuestas, sino también para determinar el tiempo de retención del agua en la planta, así como la capacidad del tratamiento y la carga de materia orgánica removida.

La planta cuenta con un sistema de medición de caudal a la entrada tipo canaleta Parshall con una garganta de 6" .

1.7.3.1 Cálculo del caudal de entrada a la planta

Para determinar el caudal de entrada a la planta en la canaleta Parshall se debe:

- Tomar la lectura de la reglilla sobre el nivel de la lámina de agua, esta reglilla está graduada de tal modo que directamente se puede tomar la lectura del caudal, adicionalmente se debe tomar la altura en cm.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

- Diligenciar el formato propuesto para la toma de los datos de caudal de ingreso y de salida.

1.7.4 Determinaciones analíticas en la planta

1.7.4.1 Análisis de parámetros.

Las muestras para análisis del afluente se tomarán en el medidor correspondiente al sitio de máxima turbulencia del agua, donde existirá un buen grado de mezcla; excepto la muestra que se debe tomar para oxígeno disuelto (OD) que debe ser en la sección de menor turbulencia, como el desarenador. Las muestras para análisis del efluente se tomarán en la descarga del vertedero de salida.

Los análisis de OD, temperatura y pH se realizarán 'in situ', los análisis de DQO, DBO₅ sólidos suspendidos, coliformes fecales y demás se harán en un laboratorio para análisis de aguas.

Teniendo en cuenta la variabilidad del pH, OD y temperatura con la hora de muestras, el operador deberá hacer dichas determinaciones siempre a la misma hora todos los días.

Vale la pena anotar que además de las determinaciones mínimas es recomendable realizar esporádicamente muestreos intensivos, durante las 24 horas del día, que permitan determinar los ciclos de operación de la planta especialmente en lo referente a las variaciones horarias de caudal, OD, pH y temperatura. Todos los análisis de laboratorio se realizarán de conformidad con los métodos especificados en la versión más reciente de Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.

En la siguiente tabla se recogen las variables que deben analizarse en la planta de tratamiento, los puntos de la instalación donde deben tomarse muestras y los tipos de muestreos a efectuar para cada variable.

Para todas aquellas determinaciones que deban hacerse en el laboratorio. La función del operador es conseguir muestras representativas y tomar las precauciones necesarias para que lleguen al laboratorio en las mismas condiciones en las que se tomaron.

Las aguas residuales son muy inestables, ya que contienen nutrientes y



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

microorganismos en grandes cantidades, por lo que hay que tomar precauciones para evitar que su composición varíe entre el punto de toma de las muestras y el laboratorio.

En primer lugar, los análisis deben hacerse siempre que sea posible en un laboratorio que este como máximo a dos horas de la planta. En caso contrario habría que tomar precauciones especiales para la preservación de las muestras, con adición de distintos reactivos químicos para las distintas determinaciones.

El laboratorio seleccionado deberá señalar en este caso los reactivos y cantidades de estos a añadir a cada muestra, así como suministrar los aditivos correspondientes. El operador debe disponer de neveras portátiles y suficientes frascos de muestreo que deberán estar esterilizados para las determinaciones microbiológicas. Estos últimos pueden conseguirse en las farmacias. Las muestras deben ponerse en la nevera llena de hielo inmediatamente y llevarse al laboratorio. En la **Tabla 2.4** se presenta el formato de los parámetros que deben ser evaluados en la planta de tratamiento.

En cuanto a las determinaciones "in - situ" el operador debe disponer como mínimo de un medidor portátil de oxígeno disuelto, y temperatura. Es muy recomendable disponer también de un medidor de pH.

Variables a analizar, puntos de instalación y tipos de muestras en la planta

VARIABLE	PUNTO DE MUESTREO ¹			OBSERVACIONES
	TIPO DE MUESTRA ²			
	AR	TF	EF	
Caudal	X		X	
DBO5	C	P	P	
DQO	C	P	P	Muestras filtradas y no filtradas
Sólidos en Suspensión	C	P	P	
Coliformes fecales	C	P	P	
Clorofila "a"		P	P	
Amoniaco	C	P	P	
Nitratos	C	P	P	
Fósforo Total	C	P	P	
Sulfuros	C	P	P	En caso de olor o mal funcionamiento.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Sulfatos	C	P	P	En caso de olor o mal funcionamiento.
PH	C	PP	C	
Temperatura	C	X	C	Temperatura media
Oxigeno disuelto	C	PP	C	
Conductividad	C		C	
Na,Ca y Mg			C	Efluente usado en riegos
Dat. Meteorológicos				
AR: Agua residual bruta, TF: Filtros percoladores, EF: Efluente final C: Compuesta, P: Puntual, PP Promedio de profundidad				



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Resultados analíticos

FECHA				HORA
NOMBRE DEL OPERADOR				
VARIABLE	AR	TF	EF	OBSERVACIONES
Temperatura °C				
DBO ₅ mg/l				
DQO (no filtrada) mg/l				
DQO (filtrada) mg/l				
Sólidos en Suspensión mg/l				
Coliformes fecales/100 mm				
Clorofila "a", mg/l				
Amoniaco mg/l				
Nitratos mg/l				
Fósforo total mg/l				
Sulfuros mg/l				
Sulfatos mg/l				
PH				
Oxígeno disuelto mg/l				
Conductividad \square s/cm				
Sodio mg/l				
Calcio mg/l				
Magnesio mg/l				

AR: Agua residual bruta, TF: Filtros percoladores, EF: Efluente final

1.7.4.2 Técnicas y recomendaciones de toma de datos

Oxígeno Disuelto

La concentración de oxígeno disuelto se determina a menudo en los efluentes de las plantas, lo que suministra una información puntual que debe acompañarse de la hora del día en que se verificó la medida, ya que el oxígeno disuelto varía mucho en función de la intensidad de la radiación solar. Con el objeto de conocer estas variaciones durante las épocas de actividad máxima y mínima es conveniente realizar la medida de oxígeno disuelto a distintas horas del día al



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

menos en das ocasiones, durante las dos temporadas de muestreo.

Otra precaución a tomar cuando se mide la concentración de oxígeno disuelto es evitar en lo posible todas las turbulencias en el punto de muestreo. Por ejemplo en algunas plantas la salida se produce aprovechando un desnivel. Si las aguas se agitan fuertemente en su caída por el conducto de salida, tiene lugar una aireación que producirá resultados demasiado altos de oxígeno disuelto. Por lo tanto hay que medir la concentración de oxígeno antes de la turbulencia.

Caudales

El operador debe tomar registros de caudal diario cuantificando el caudal del afluente y efluente. Esta información será registrada en un hojas de control diario, la determinación del caudal servirá de base para determinaciones de carga orgánica, tiempo de retención y eficiencia de tratamiento.

Tiempo de retención.

Conocido el caudal afluente, el operador calculará y registrará en el libro de aforos el tiempo de retención para cada estructura, por la expresión siguiente

$$t = \frac{V}{Q}$$

Constantes:

V	=Volumen útil de estructuras de PTAR m ³
Q	= Caudal afluente en m ³ /d
t.	= Tiempo de detención en días

Sólidos suspendidos.

Para la determinación semanal de sólidos suspendidos, SS, se utilizarán las mismas muestras compuestas del afluente y efluente de la planta usadas para el ensayo de DBO₅.

pH

En el afluente y en el efluente el operador determinará diariamente el pH para permitir la evaluación del origen de problemas eventuales de operación de la PTAR.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

DBO₅

Se debe determinar la DBO₅ de las aguas residuales quincenalmente o por lo menos una vez por mes de afluentes y efluentes de la planta. El operador deberá tomar muestras compuestas preservadas y enviarlas al laboratorio para su análisis. Para preparar la muestra compuesta, el operador tomará muestras cada hora en el período comprendido entre las 6.00 y las 18.00 horas.

El volumen requerido de cada muestra se determina de acuerdo a metodología expuesta para la toma de muestras.

Carga Orgánica.

Conocidos los valores del caudal afluente, concentración de DBO del afluente, área y volumen de las estructuras de la planta, el operador calculará las cargas orgánicas como se indica:

$$CO = \frac{Q * C}{1000 * A}$$

Donde:

- CO = Carga superficial en Kg DBO₅/ha.d
- Q = Caudal en m³/s
- C = DBO₅ en mg/L
- A = Área superficial en ha.

$$CV = \frac{Q * C}{V}$$

Donde:

- CV = Carga volumétrica en Kg DBO₅/m³.d
- Q = Caudal en m³/s
- C = DBO₅ en mg/L
- V = Volumen en m³.

Coliformes fecales y totales.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Mensualmente se llevará a cabo esta determinación para lo cual el operador usará botellas esterilizadas previamente. El ensayo se practicará sobre muestras simples instantáneas del afluente y el efluente. El operador preservará las muestras en nevera de icopor con hielo y las enviará en el término de 3 horas al laboratorio, previa coordinación con los analistas, para que el análisis se lleve a cabo inmediatamente

Sulfatos y Sulfuros

La medida de estas dos variables puede resultar muy útil cuando se presentan problemas de mal funcionamiento y olores. Normalmente la aparición de olores esta asociada a sobrecargas. La presencia de sulfuros en el agua residual bruta indica que esta se encuentra en condiciones sépticas.

Puesto que las concentraciones elevadas de sulfuros resultan también tóxicas para las algas, es conveniente disponer de estas medidas siempre que haya medidas de olores, la DBO₅ de la salida de la planta sea anormalmente alta (superior a 100 mg/l) o la concentración de clorofila "a" sea anormalmente baja (inferior a 100 mg/l en invierno o 250 mg/l en verano)

Datos meteorológicos

Se debe tomar datos de una estación climatológica que permita obtener datos cuantitativos de las variables meteorológicas. En tal caso de no contar con una estación cercana a la planta de tratamiento, se sugiere seguir las recomendaciones de la Organización mundial de la Salud en cuanto a la descripción de los siguientes fenómenos:

- ✓ Precipitación:
 - Nula (tiempo seco)
 - Lluvia Fina (chispeando)
 - Lluvia Moderada
 - Lluvia Fuerte

En los tres últimos casos hay que consignar también la duración de la lluvia,

- ✓ Viento
 - Aire en calma
 - Brisa
 - Viento Moderado



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Viento Fuerte

✓ Radiación Solar

Luz brillante (despejado, sin nubes)

Nubes ocasionales

Parcialmente nublado

Nublado

Estas observaciones pueden servir de gran ayuda para interpretar los resultados de los controles operativo y analítico, en ausencia de datos cuantitativos. La **tabla No. 2.5** muestra el formato que se deberá diligenciar para llevar el registro de los parámetros meteorológicos de la planta.

Formato de diligenciamiento diario de las medidas meteorológicas

FECHA		HORA		
NOMBRE DEL OPERADOR				
PRECIPITACION	NULA	LLUVIA FINA	LLUVIA MODERADA	LLUVIA FUERTE
VIENTO	CALMA	BRISA	VIENTO MODERADO	VIENTO FUERTE
RAD.SOLAR	DESPEJADO	NUBLADO	PARC. NUBLADO	NUBES OCAS.

Otros parámetros.

Opcionalmente y de acuerdo a su necesidad, el municipio podrá ordenar la realización de determinaciones periódicas de parámetros relacionados con tóxicos, metales pesados, población de algas y peces, etc.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

1.8 PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO Y SOLUCIONES

1.8.1 Generalidades

Este tipo de sistemas de tratamiento, puede presentar ocasionalmente problemas operativos, manifestados por una serie de síntomas que el operador debe ser capaz de reconocer lo antes posible para tomar las medidas correctivas a tiempo.

Los siguientes cuadros, indican los procedimientos a seguir para la ocurrencia de eventos comunes y de contingencia durante la operación de la PTAR del municipio.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

REJILLAS DE CRIBADO

PROBLEMA	INDICADORES	MONITOREO, ANALISIS Y/O INSPECCION	MEDIDAS CORRECTIVAS
ACUMULACION DE MATERIAL FIBROSO PARA DISPOSICION	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gran cantidad de material fibroso y otros residuos acumulados en el lugar de la PTAR producen olores ofensivos y atraen moscas y otros insectos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efectúe una estimación del volumen de trapos y otros residuos removidos diariamente en proporción al caudal. 2. Determine el tiempo usual de exposición del material acumulado. 3. Verifique el método de disposición utilizado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recoja a diario el material y entiérrelo en el área destinada para este fin dentro de la PTAR.
EXCESO DE ARENILLA EN CAMARAS DE REJILLAS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Surgencia en la cámara debido al aumento del nivel de agua. 2. Baja remoción de arenilla por desarenadores. 3. Apelmazamiento excesivo de arena con el material retenido en las rejillas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sondee la cámara para determinar la profundidad de la arena. 2. Determine la velocidad en la cámara haciendo mediciones. 3. Revise el canal al ser desaguado durante el servicio de mantenimiento programado regularmente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la velocidad en la cámara es menor de 0.6 m/s, inyecte agua a la cámara regularmente con una manguera de presión.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

DESARENADORES

PROBLEMA	INDICADORES	MONITOREO, ANALISIS Y/O INSPECCION	MEDIDAS CORRECTIVAS
OLORES EN DESARENADORES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Olor a ácido sulfhídrico. 2. Corrosión de los elementos de metal y concreto 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coloque tabletas indicadoras de ácido sulfhídrico (acetato de plomo) en la cámara. 2. Verifique las velocidades a través del desarenador. 3. Verifique el contenido de sólidos volátiles en la arenilla. 4. Tome muestras de arena en la cámara y analice los sulfuros totales y en solución. 5. Verifique los sólidos flotantes en la cámara. 6. Mida la profundidad de la arena en la cámara. 7. Verifique la presencia de material fibroso y detritos sumergidos en las rejillas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpie la rejilla completamente para permitir la libre circulación del caudal. 2. Aumente la velocidad a 0.3 m/s. 3. Lave el desarenador completamente cada semana con una manguera de agua de alta presión para remover el lodo y los sólidos flotantes a través de las cribas. 4. Aplique una dosis de hipoclorito conforme a una programación periódica para impedir la formación de sulfuros. Evite utilizar dosis altas de este componente químico ya que puede resultar tóxico para los sistemas de tratamiento biológico y de digestión anaeróbica.



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

LECHOS PERCOLADORES

PROBLEMA	INDICADORES	MONITOREO, ANALISIS Y/O INSPECCION	MEDIDAS CORRECTIVAS
EL LECHO PRODUCE OLORES	<ol style="list-style-type: none"> Olores a ácido sulfhídrico. Sustancia negra extendida en la superficie del medio filtrante. 	<ol style="list-style-type: none"> Verifique la cantidad de sulfuros totales y en solución en los afluentes de la PTAR y el lecho. Revise los drenes del lecho para detectar obstrucciones o crecimientos. Verifique la tasa de recirculación al lecho. Revise si existe rebosamientos o salpicaduras. 	<ol style="list-style-type: none"> Si el flujo al lecho es séptico, corrija el problema en el sistema aguas arriba mediante precloración controlada. Limpie el sistema de drenes para evitar obstrucciones. Fuerce aire en el sistema de drenes del lecho para aumentar la ventilación en el medio filtrante. Mantenga limpias de películas y crecimientos las áreas alrededor de los lechos.
MOLESTIAS POR MOSCAS EN LOS ALREDEDORES DEL LECHO	<ol style="list-style-type: none"> Presencia de mosquitos diminutos que causan molestias en el área de la PTAR y sus alrededores. 	<ol style="list-style-type: none"> Inspeccione los jardines para detectar pasto crecido, maleza y otros criaderos de moscas. 	<ol style="list-style-type: none"> Aumente la tasa de recirculación al lecho para lavar las larvas de las moscas. Aplice una dosis de cloro teniendo cuidado de no esterilizar el medio percolante. Efectue un mantenimiento constante de los jardines para impedir la formación de criaderos de moscas.
OBSTRUCCION Y ENLAGUNAMIENTO DEL MEDIO PERCOLANTE.	<ol style="list-style-type: none"> Enlagunamiento en la superficie del lecho. 	<ol style="list-style-type: none"> Revise si existen fibras, crecimientos de película, desperdicios, larvas de insectos o lombrices en los vacíos del medio filtrante. Revise la carga orgánica en el lecho. Revise la carga hidráulica en el lecho. 	<ol style="list-style-type: none"> Aplice un chorro de agua en las áreas problemáticas del medio filtrante mediante un pulverizador de alta presión desde un distribuidor estacionario. Agite el medio manualmente para disminuir o remover cualquier acumulación. Aplice una dosis de cloro al medio percolante a una tasa de 5 mg/l. durante



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

PROBLEMA	INDICADORES	MONITOREO, ANALISIS Y/O INSPECCION	MEDIDAS CORRECTIVAS
			<p>varias horas al día durante los periodos de poco caudal.</p> <p>4. Seque los crecimientos desaguando el lecho durante varias horas si es posible.</p>
<p>OBSTRUCCION DE LAS BOQUILLAS DISTRIBUIDO-RAS OCASIONA DISTRIBUCION DESIGUAL DE FLUJO EN LA SUPERFICIE DEL LECHO.</p>	<p>1. Aspersión desigual de las boquillas distribuidoras.</p> <p>2. Enlagunamiento de ciertas áreas del medio y secado concurrente de otras.</p>	<p>1. Intente identificar los tipos de sólidos que causan obstrucciones en las boquillas.</p> <p>2. Rivise si en el líquido que se bombea al lecho se observan partículas de grasa.</p> <p>3. Efectúe una prueba de sólidos sedimentables en las aguas que se bombean al lecho.</p>	<p>1. Remueva y limpie todas las boquilla y haga pasar agua violentamente a través de todo el sistema distribuidor de tuberías.</p> <p>2. Mejore la pantalla del reactor primario para impedir la conducción de grasa a los lechos.</p> <p>3. Aumente el tiempo de detención en el filtro para impedir la conducción de los sólidos sedimentables y en suspensión al lecho.</p>