REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

PROYECTO:

FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO DEL CORREGIMIENTO DE PALERMO EN EL MUNICIPIO DE PAIPA

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PTAR

Alcalde:
FABIO ALBERTO MEDRANO REYES

Jefe de Planeación:
WILLIAM GIOVANNY RODRIGUEZ AVENDAÑO

Consultor:
JUAN PABLO ACEVEDO VELA
INGEMIERO CIVIL
MP:15202-174330 BYC

2019

OCTUBRE 2023

Avenida Norte No. 47 A – 40 Local 129 – Centro Comercial Centro Norte
Tunja – Boyacá.
Celular. 310 560 22 79 – 313 316 07 01
tymingenieriam@gmail.com

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 3
1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 6
1.1 LABORES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO 7
1.2 FUNCIONES DEL OPERADOR 8
1.3 HERRAMIENTAS NECESARIAS 8
1.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO ESTRUCTURAS DE PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO 10
1.4.1 Operación y mantenimiento del tratamiento preliminar 10
1.4.2 Operación y mantenimiento de redes de conexión de estructuras 12
1.4.3 Operación y mantenimiento del sedimentador de alta tasa 13
1.4.4 Operación y mantenimiento del humedal artificial 14
1.4.5 Operación y mantenimiento de los lechos de secado 20
1.5 LABORES MANTENIMIENTO 21
1.5.1 LABORES DIARIAS 21
1.5.2 LABORES MENSUALES 21
1.5.3 LABORES ANUALES 22
1.5.4 LABORES A TRES (3) AÑOS 22
2 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR 24
2.1 ADMINISTRACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 24
2.1.1 Proceso de Control 24
2.1.2 Proceso de mantenimiento 25
2.1.3 Proceso de recurso humano e infraestructura 26
2.1.4 Procesamiento 27
2.1.5 Proceso de evaluación 28
2.2 PLAN DE CONTINGENCIA 29

INTRODUCCIÓN

Los procesos antrópicos demandan servicios ambientales como la necesidad del consumo de agua y energía pero así como se necesitan estos también se presenta la disposición de aguas residuales y residuos sólidos, desde el punto de vista de aguas residuales al que hace referencia el presente estudio, la demanda de servicios se identifica como la fuente receptora, que en este caso son pozos profundos el cual bombea hacia la planta de tratamiento del municipio, por otra parte la normatividad vigente como los decretos 1594 de 1984 y en especial el 3930 de 2010, en su artículo 41 establece, que "*toda persona natural o jurídica cuya actividad o servicio genere vertimientos a las aguas superficiales, marinas, o al suelo, deberá solicitar y tramitar ante la autoridad ambiental competente, el respectivo permiso de vertimientos"*. Así las cosas, el diseño y construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales se convierten en una necesidad tanto ambiental como normativa.

Los vertimientos de agua residual domestica generan cambios físicos, químicos y microbiológicos en el cuerpo de agua, es por esto que se requiere el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades y el cuidado del recurso hídrico, por lo que se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua residual PTAR.

El presente documento establece las condiciones el diseño del sistema de tratamiento de agua residual con el fin de alcanzar la remoción necesaria para cumplir la normatividad exigida a nivel nacional y por la entidad ambiental como es Corpoboyacá.

El diseño presenta las memorias de cálculo y planos a escala apropiada, así como sus detalles constructivos, así como el manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

Es importante mencionar que para definir los parámetros de diseño de la planta de tratamiento se revisaron los documentos previos asociados al alcantarillado como el plan maestro y el documento que planea el manejo de los vertimientos como es el Plan de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV. Por otra parte, se ha revisado

GENERALIDADES

La planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Busbanza, debe cumplir su objetivo, si se opera en forma apropiada y se efectúa un mantenimiento preventivo y correctivo. La frecuencia y la magnitud de este mantenimiento se explican en el presente manual

El operador de la planta debe llevar un diario de la operación, en el cual deben anotarse por separado los trabajos rutinarios efectuados, las medidas de mantenimiento, los resultados obtenidos del tratamiento y los sucesos específicos.

Deben existir los equipos necesarios para efectuar el mantenimiento. El objetivo del mantenimiento es garantizar la operación y la seguridad. Deben eliminarse de inmediato las obstrucciones, la formación de nudos, sedimentaciones, fugas, y repararse los daños en las construcciones o la maquinaria.

La operación y el mantenimiento deben efectuarse de modo tal, que no presenten ningún peligro o molestias para los seres humanos, ni el ambiente. Esto se aplica en especial a la extracción y la disposición final del lodo, de las natas y del material acumulado en las rejillas.

PERSONAL

Solo debe emplearse personal cuyo estado de salud previo al establecimiento de la relación laboral haya sido dictaminado por un médico autorizado. En caso necesario, se le prescribirán exámenes preventivos periódicos.

Los requerimientos de personal variarán dependiendo del nivel en que se encuentre la planta.

El empleado responsable de la planta de tratamiento (quién, según el nivel en que se encuentre la planta, será un ingeniero, técnico especialista o celador; que en lo sucesivo será denominado “responsable”, ejecuta sus tareas según las instrucciones de una jefatura de mayor jerarquía en la planta.

El responsable tendrá a su cargo la distribución de labores en la planta. En la designación de este responsable y el personal, deben tomarse en cuenta sus conocimientos técnicos y destrezas, de modo que se garantice un manejo adecuado, lo más rentable posible y que brinde seguridad laboral.

El responsable deberá contar con el equipo de protección personal: anteojos, guantes de protección y tener conocimiento de primeros auxilios.

1. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El término “mantenimiento” es el oficio de conservar el equipo de las plantas y sus estructuras en condiciones apropiadas para llevar a cabo las operaciones a que están destinadas. Con un mantenimiento correcto se prevén las emergencias o desarreglo imprevisibles, por lo tanto, se deben tener en cuenta los factores de diseño, de construcción y de operación. Con un diseño adecuado y la planta de tratamiento de agua residual se construye con el mejor material, la operación se efectúa con un mínimo de mantenimiento.

El mantenimiento se puede clasificar en mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo está constituido por los trabajos y precauciones necesarios para evitar desperfectos. El mantenimiento correctivo es aquel que realiza las reparaciones precisas una vez que el desperfecto se ha producido.

Para lograr un programa eficiente de mantenimiento, es conveniente que se observen las siguientes reglas:

- Conservar la planta perfectamente aseada y ordenada.
- Establecer un plan para la ejecución de las operaciones cotidianas.
- Hacer un programa de revisión rutinaria de inspección y lubricación de los equipos de operación.
- Llevar los datos y registros de cada una de las piezas de los equipos.
- Implementar medidas de seguridad.

El mantenimiento mecánico es de suma importancia, ya que el equipo debe estar en perfectas condiciones de operación, para que la planta se desarrolle en condiciones óptimas. Los fabricantes proporcionan información sobre el mantenimiento mecánico del equipo, siendo necesario que se lea y se comprenda perfectamente llevando al pie de la letra las instrucciones de cómo se ejecuta el mantenimiento, en caso de válvulas y otros elementos de carácter mecánico.

1.1 LABORES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento es el arte de conservar los equipos, estructuras y otros medios conexos a la planta de tratamiento en condiciones apropiadas para llevar a cabo las operaciones o maniobras a que están destinados.

Un mantenimiento adecuado requiere una pericia considerable, que solamente puede adquirirse por experiencia estudio y práctica.

Para el buen mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Busbanza, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Conservar la planta perfectamente aseada y limpia de maleza
- Inspeccionar las estructuras para verificar su buen funcionamiento.
- Llevar los datos y registros de cada estructura, verificando las condiciones de operación deficientes.

Es necesario contar con las herramientas suficientes para las labores, como: Carretillas, palas, podadora, baldes, azadón y demás elementos que sean requeridos

La correcta ejecución de las labores de operación y mantenimiento es parte esencial para el adecuado funcionamiento de la planta. Los procedimientos que se han venido desarrollando son simples y para su ejecución no se requiere de elementos sofisticados, ni personal especializado. Sin embargo, es importante subrayar que el personal a cargo del sistema requiere un mínimo de entrenamiento y un ambiente de trabajo respetuoso y en lo posible estimulante.

La operación y mantenimiento de la planta puede ser realizado por hombres y mujeres de la comunidad la cual se le llama OPERADOR y necesita para su trabajo:

- Capacitación y asesoría para el desarrollo de sus funciones.
- Herramientas y accesorios
- Motivación para realizar su trabajo
- Condiciones salariales adecuadas

1.2 FUNCIONES DEL OPERADOR

- Revisar diariamente todos los componentes de la planta y controlar su funcionamiento
- Realizar las tareas de operación y mantenimiento diarias, periódicas y
- Mantener limpias y bien presentadas las instalaciones.
- Registrar y analizar la información sobre el funcionamiento.
- Identificar, con base en los registros, los problemas de funcionamiento de la planta y buscar soluciones.
- No permitir, ni mantener animales.

1.3 HERRAMIENTAS NECESARIAS

Se debe disponer en la planta de los elementos mínimos para las labores de limpieza y mantenimiento de las instalaciones. En el manejo integral de la planta se dotará de los siguientes materiales para realización del mantenimiento:

- Rastrillo para limpieza de material acumulado en la rejilla
- Baldes aforados
- Pica, barra, azadón, machete y pala
- Máquina cortadora de césped
- Martillo, grapas y alambre para mantenimiento de cercas
- Botiquín de primeros auxilios
- Grasas y aceites para lubricación de válvulas y compuertas respectivamente
- Combustible y aceite para la máquina cortadora de césped
- Libro de notas
- Equipo para seguridad industrial y personal (guantes, casco, botas, peto, extinguidor).

También se recomienda tener un volumen de alcalinizante para cuando se requiere hacer control de olores en el sedimentador.

1.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO ESTRUCTURAS DE PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO

Un hecho que frecuentemente ocurre en un programa de mantenimiento preventivo, consiste en no registrar el trabajo que se está desarrollando, cuando esto sucede, el operador deja en su memoria de recordar cuando ejecutar cada función de mantenimiento preventivo. Pero a media que el tiempo pasa dicho programa se olvida por las operaciones cotidianas propias de la planta de tratamiento.

La única manera que un operador pueda conservar su programa de mantenimiento preventivo es por medio de registros. Cuando se ha seleccionado el sistema de registro que se llevara a cabo, debe guardarse por fechas sobre una base diaria y no dejarlo a la memoria.

Las tarjetas registradoras del servicio del equipo son fáciles de organizar y requiere poco tiempo para su organización diaria.

El sistema diseñado para tratar las aguas residuales domésticas en el municipio de Jericó es de funcionamiento hidráulico, por lo cual a continuación se presentan las normas generales y específicas para la operación y mantenimiento de cada uno de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.

1.4.1 Operación y mantenimiento del tratamiento preliminar

- El aliviadero es la estructura inicial de la planta de tratamiento de aguas residuales. Su función radica en controlar y reducir el caudal de entrada producto del caudal de lluvias. El mantenimiento encamina en la limpieza del canal de rebose y el fondo de la caja, en especial en épocas de lluvias.

- El canal de rejillas requiere limpieza manual, generalmente se hará cuando las áreas depositadas llenen un 50% del área de almacenamiento, esto deberá vigilarse cuando menos cada diez días o según la experiencia que se tenga del canal.

- Al canal se le debe proporcionar una vez al año, una revisión a las condiciones de la estructura y al estado de su recubrimiento.

- Las rejillas deben limpiarse de manera manual regularmente para prevenir el taponamiento del sistema. La limpieza de rejillas, se debe hacer a medida que las barras recolectan basuras, impiden el paso del agua a través de las barras provocando un retroceso en las aguas residuales o canal de aguas negras. Este retroceso causa condiciones de reposo en esta zona, ocasionando la sedimentación de la materia orgánica, el oxígeno disuelto es agotado desarrollándose condiciones sépticas y produciendo sulfuro de hidrógeno el cual es sumamente corrosivo al metal, concreto, y a la pintura.

  La remoción de la basura en la criba de barreras es efectuada con un rastrillo de dientes de tal manera que estas se ajusten entre las barras. La frecuencia de esta limpieza se recomienda que sea diaria o en algunos casos por turnos. Además, las barras y las partes metálicas que estén en contacto con el agua de desecho deben conservarse recubiertas con pintura anticorrosiva como pinturas de vinilo.

  Es importante conservar estas unidades perfectamente lubricadas y ajustadas, por lo que se recomienda que el equipo este en continua observación. Es necesario, no descuidar el material protector de la cámara y de las rejas de cribado por lo que cada seis meses o al menos una vez al año se recubran con pintura anticorrosiva (recubrimientos asfálticos, hule clorado).

- Las trampas de grasa deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza o desnatado debe hacerse mensualmente y máximo cuando se presente el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo, que para el caso será máximo de 20 centímetros. Los materiales producidos pueden extraerse manualmente por medio de coladores. La trampa de grasas debe cumplir las siguientes características:

- Capacidad suficiente de acumulación de grasa entre cada operación de limpieza.

- Condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material.

- Dispositivos de entrada y salida convenientemente mantenidos para permitir una circulación normal del afluente y el efluente.

- Debe evitarse el contacto con insectos, roedores, para lo cual se dispondrán tapas o cubiertas lo suficientemente amplias para un continuo y adecuado mantenimiento.

1.4.2 Operación y mantenimiento de redes de conexión de estructuras

En el caso de las tuberías de conexión de cada estructura de pretratamiento y tratamiento la frecuencia del taponamiento de una línea depende del tipo de material que circula por el tubo, del material de construcción del conducto, del tipo de bomba o sistema usado para remover el material y de la ejecución del mantenimiento rutinario de la tubería.

A continuación, se indican las principales medidas de mantenimiento preventivo para reducir los problemas del bloqueo de las líneas de la planta de tratamiento.

- Tubería con natas o espumas

La nata y la espuma causarán más problemas en las líneas que cualquier otra sustancia bombeada en la planta de tratamiento de aguas. Los problemas son más frecuentes y más severos en climas fríos cuando la grasa tiende a coagularse más rápido. El mantenimiento preventivo indica que:

- Se efectuará limpieza mensual de las líneas usando:

- Varillas equipadas con unas tenazas o algún cortador
- Unidades de limpieza mediante tubería a una presión hidráulica alta.
- Limpieza por medio de vapor (si se requiere).
- Reactivos químicos tales como hidróxidos fuertes (si se requiere).

Cuando la cabeza estática en una tubería aumenta, se debe limpiar y se realiza con un chorro de agua a presión introduciendo una manguera de un diámetro considerable por el conducto hasta que funcione normalmente.

1.4.3 Operación y mantenimiento del sedimentador de alta tasa

El objeto del tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. El uso de este tipo de operaciones es la obtención de un efluente clarificado, pero también es necesario producir un lodo cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo.

Estos sedimentadores consisten en tanques provistos de placas paralelas instaladas de forma inclinada para mejorar las características de sedimentación de los tanques. El flujo dentro del tanque sigue una trayectoria ascensional a través de las placas saliendo por la parte superior de las mismas. Los sólidos retenidos por las placas se mueven a contracorriente por acción de la fuerza de gravedad hasta depositarse en el fondo del tanque.

El sistema de placas paralelas logra una operación con eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales (SST) de 29%, de 41.46% de los sólidos suspendidos volátiles (SSV) y de 24.24% de la demanda química de oxígeno (DQO), lo cual se refleja en una disminución de la turbiedad del agua en el efluente y una mayor retención de materia orgánica por una mayor sedimentación.

Para constituir procesos de autolimpieza, los módulos de placas se inclinan un ángulo variable entre 45° y 60° con la horizontal, ya que si se sobrepasan los 60° se reduce la efectividad del proceso. Cuando la inclinación es inferior a los 45°, pueden producirse acumulaciones de lodos en las placas. Para controlar el crecimiento biológico y la presencia de olores, es necesario realizar una limpieza periódica a los módulos para eliminar los sedimentos acumulados, dicha limpieza suele llevarse a cabo con mangueras a presión o en su defecto un barrido con un cepillo de aseo, es suficiente.

Al tanque sedimentador se le debe efectuar una limpieza manual, realizando las siguientes tareas:

- Medición periódica del lecho de lodo acumulado.
- Retiro y cepillada de las placas de fibra de vidrio
- Remoción de lodo

- Transporte del material removido hacia el sitio de disposición – lechos de secado.

Las áreas donde se manejen los lodos, deben tener superficies impermeables y antideslizantes y drenajes adecuados. Se debe mantener limpio la caja de entrada y de salida del tanque sedimentador y efectuar el mantenimiento preventivo a las válvulas. El sedimentador no necesita mantenimiento adicional de importancia.

Para el mantenimiento se abre la válvula de evacuación de lodos, se dejan drenar hacia los lechos de secado. Los lodos extraídos del tanque sedimentador deben deshidratarse en lechos de secado para posteriormente ser utilizados como abono o dispuestos como desechos en el relleno sanitario o celda que el municipio utilice.

1.4.4 Operación y mantenimiento del humedal artificial

El humedal artificial o biofiltro es un filtro biológico de grava o arena, sembrado con plantas de pantano y atravesado de forma horizontal con aguas residuales pre tratadas. Las bacterias responsables para la degradación de la materia orgánica, utilizan la superficie del lecho filtrante para la formación de una película bacteriana y de esta manera existe una población bastante estable que no puede ser arrastrada hacia la salida, como sucede en las lagunas de oxidación, donde hay gran cantidad de materia orgánica y algas en el efluente que puede causar una eutroficación en el cuerpo receptor.

El tratamiento biológico dentro de este lecho filtrante es del tipo facultativo, lo que significa que en el cuerpo del filtro hay microzonas sin y con oxígeno. Las aguas residuales crudas tienen una concentración de oxígeno disuelto entre 0.8 y 1.2 mg/l, y las aguas que pasaron por un pre-tratamiento anaeróbico son completamente libres de oxígeno.

Esto conlleva a la necesidad de agregar oxígeno al agua, con el fin de establecer una población de bacterias aerobias que no solamente puedan contribuir de esta manera a la descomposición de la materia orgánica, sino también a la nitrificación del nitrógeno amoniacal al nitrato. Este oxígeno se puede suministrar dentro del biofiltro a través de las raíces de plantas de pantano. Estas plantas poseen un

sistema de suelo que permiten el paso de aire de la atmósfera al subsuelo, formándose alrededor de las raíces una población de bacterias aerobias.

Una vez instalado y operado adecuadamente, el biofiltro tiene una vida útil de más de veinte años, ya que es un ciclo de vida renovable, donde existe un equilibrio entre el crecimiento y muerte de las plantas y la reproducción de la masa bacteriana.

humedal

El material de relleno de un humedal artificial juega un rol importante en la eficiencia del tratamiento y tiene que cumplir con diferentes exigencias como son: la alta superficie de contacto para las bacterias, capacidad adecuada de filtración, así como alta resistencia física y química contra el desgaste provocado por las aguas residuales.

La vegetación desempeña un papel integral en estos sistemas, ya que transfiere oxígeno a la parte inferior de los depósitos de tratamiento a través de rizomas y raíces, y proporciona un medio adecuado, situado por debajo de la superficie libre del agua, para el soporte y desarrollo de los microorganismos responsables de gran parte del tratamiento biológico. Las plantas de uso más común son los juncos, las espadañas y las aneas.

La característica más importante en la selección de plantas para los humedales, en relación con el diseño y eficiencias de tratamiento, es la profundidad de las raíces y rizomas. Las raíces y rizomas de los juncos penetran hasta una profundidad de aproximadamente 30 cm, mientras que las raíces de las aneas penetran hasta 60 cm y las de las espadañas lo hacen hasta más de 75 cm.

Eficiencia del humedal

El tratamiento biológico en un biofiltro es conocido como un tratamiento de alta eficiencia en términos de remoción de materia orgánica. Aun operando el sistema

con una alta carga superficial diaria de 95 l/m^2, se logra en el efluente tratado una DBO por debajo de 10 mg/l y una DQO de 25 – 30 mg/l.

Un biofiltro es capaz de remover una cantidad considerable de nitrógeno orgánico por medio de las plantas de pantano y por bacterias que no requieren oxígeno. Se espera en un biofiltro con película bacteriana y plantas bien desarrolladas, una eficiencia de remoción de hasta 40%. Con respecto al fósforo, las dos maneras de lograr una buena remoción son a través de una fijación del mismo en el lecho filtrante, sobre todo cuando este tiene considerable contenido de hierro, como en el caso de las piedras volcánicas y a través de la incorporación del fósforo en las plantas.

En cuanto a la remoción bacteriana se ha podido lograr una remoción de coliformes totales y fecales de dos a tres unidades logarítmicas, obteniéndose una calidad del efluente de 104 NMP/100ml de coliformes fecales.

Para mantener la eficiencia de remoción de nutrientes es recomendable cosechar las plantas cada dos o tres meses, porque plantas en estado de crecimiento consumen mucho más nitrógeno y fósforo que plantas adultas.

Operación y mantenimiento del humedal artificial

La operación es muy importante si quieren obtenerse buenos resultados. Por tanto, debe contarse con un plan de operación y mantenimiento que debe escribirse durante la etapa de diseño final del sistema. La operación y mantenimiento debe enfocarse a los factores más importantes para el rendimiento del tratamiento:

- Proporcionar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento.

- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal.

- Mantener un ambiente saludable para los microbios, manteniendo un crecimiento vigoroso de vegetación.

- Deben verificarse el humedal para ver que no se esté desarrollando flujo en la superficie.

- Deben inspeccionarse diques, vertederos, y estructuras de control de agua de forma regular e inmediatamente después de cualquier anomalía en el flujo. Los humedales deben verificarse después de subidas importantes de caudal o después de la formación de hielo, ya que pueden afectar el substrato, particularmente a las estructuras de salida. Cualquier daño, corrosión u obstrucción, debe corregirse lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones que podrían ser costosos.

- El manejo del nivel del agua es la clave para el éxito de la vegetación. Mientras las plantas del humedal pueden tolerar cambios temporales en la profundidad del agua, debe tenerse cuidado de no exceder los límites de tolerancia de las especies usadas durante periodos largos de tiempo.

- La profundidad del agua puede aumentarse durante los meses fríos aumentando así el tiempo de retención.

- La cubierta vegetal en los diques debe mantenerse para desarrollar una capa de tierra buena con sistemas de raíz extensos que resisten a la erosión.

- La vegetación debe ser inspeccionada regularmente y deben quitarse las especies invasoras. Los herbicidas no deben usarse excepto en circunstancias extremas, y sólo entonces y con cuidado extremo, dado que pueden dañar severamente la vegetación emergente.

- Los mosquitos son comunes en los humedales naturales y pueden esperarse en humedales artificiales. La mejor manera de evitar problemas con mosquitos en los humedales artificiales es crear condiciones en el humedal que no sean atractivas a los mosquitos o que no conduzcan al desarrollo de larvas. Lugares abiertos con agua estancada son un excelente hábitat para los mosquitos, y los nutrientes del agua estancada, son ideales para el desarrollo larvas. Cuando el agua está en movimiento sub superficial, se minimiza el riesgo de desarrollo de mosquitos.

El control de mosquitos con insecticidas, aceites, y agentes bacterianos como Bti (Bacillus thuringiensis israelensis) es a menudo difícil en humedales artificiales. El uso de insecticidas en humedales artificiales con cantidades grandes de materia orgánica es ineficaz porque la materia orgánica los adsorbe y porque se diluyen rápidamente o son degradados por el agua que viaja a través del humedal. Los tratamientos químicos deben usarse con cautela porque se corre el riesgo de contaminar el humedal y el cauce receptor.

- Se debe efectuar periódicamente control de roedores.

Todo el proceso del biofiltro requiere de una serie de sencillos mantenimientos periódicos para garantizar su efectividad y durabilidad. Estos son:

- Remover diariamente los sólidos gruesos acumulados en la rejilla.
- Remover cada 15 días la nata flotante en la trampa de grasas.
- Sacar una vez por semana el material inorgánico sedimentado en el sedimentador.
- Remover los flóculos en el canal de alimentación una vez por semana.
- Remover los sedimentos del fondo del filtro una vez al año.
- Cosechar las plantas de pantano cada tres meses.
- Limpiar la superficie de los lechos filtrantes después del corte para evitar la acumulación de materia orgánica.
- Mantener el nivel del agua unos 10 cm por debajo del lecho filtrante.

El control necesita medir si el humedal está obteniendo los objetivos y para indicar su integridad biológica. Esta supervisión permite identificar los problemas tempranos, cuando la intervención es más eficaz. Las fotografías pueden ser inestimables documentando estas condiciones. Deben tomarse fotografías cada determinado tiempo en las mismas condiciones, localizaciones y con el mismo ángulo de visión.

El nivel de detalle del control dependerá del tamaño y la complejidad del sistema de humedales y puede cambiar cuando el sistema madura y se conoce mejor su comportamiento. Los sistemas ligeramente cargados que han estado operados satisfactoriamente sólo necesitarían ser verificados una vez al mes y después de cada tormenta importante. Aquellos que están muy cargados requerirán una supervisión más frecuente y detallada.

Un plan de control escrito es esencial para la continuidad del sistema a largo plazo.

- Control del rendimiento del sistema

El rendimiento del humedal es normalmente evaluado para determinar:

- Carga hidráulica
- Volúmenes de entrada y de salida
- Variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida

La efectividad en la remoción de contaminantes puede determinarse mediante la diferencia entre la carga a la entrada (volumen de entrada x concentración del contaminante) y la de salida (volumen de la descarga x concentración del contaminante). Los parámetros de interés pueden ser: DBO, Nitrógeno, Fósforo, Sólidos suspendidos totales, metales pesados, bacterias (totales o coliformes fecales)

Si el agua residual pudiera contener contaminantes tóxicos, como pesticidas o metales pesados, deben analizarse los sedimentos una o dos veces al año para supervisar el aumento potencial de estos contaminantes en los sedimentos del humedal.

El efluente debe analizarse durante las tormentas importantes para asegurar que están reteniéndose los sedimentos en el humedal. El agua subterránea también debe supervisarse una vez o dos veces al año para asegurar que el humedal no la está contaminando.

- Control de la salud del humedal

Los humedales deben controlarse periódicamente para observar las condiciones generales del sitio y para descubrir cambios importantes que puedan ser adversos, como erosión o crecimiento de vegetación indeseable. Debe supervisarse la vegetación periódicamente para evaluar su salud y abundancia. Para humedales que no reciben cargas altas, la supervisión de la vegetación no se necesita que sea cuantitativa. Normalmente bastará con observaciones cualitativas. Los sistemas grandes y aquellos que están muy cargados requerirán ser supervisados más

frecuente, y de forma cuantitativa. En general, esta supervisión debe ser más frecuente durante los primeros cinco años después de la instalación del sistema.

La composición de las especies y densidad de las plantas se determina fácilmente, inspeccionando parcelas cuadradas, normalmente de 1 m x 1 m, dentro del humedal. Los cambios a tener en cuenta incluyen un aumento en el número de especies no deseadas o agresivas, una disminución en la densidad de la capa vegetativa, o señales de enfermedad en las plantas.

La vegetación del humedal construido está sujeta a cambios graduales de año en año, así como en los humedales naturales. Puede haber tendencia a que algunas especies mueran y sean reemplazadas por otras. Dado que los cambios vegetativos son a menudo lentos, no son obvios a corto plazo y, por tanto, es esencial mantener buenos registros.

El aumento de los sedimentos acumulados, así como de la capa de residuos, disminuye la capacidad de almacenamiento de agua, afectando la profundidad de está en el humedal y posiblemente alterando los caminos de flujo. Los sedimentos, la capa de residuos, y la profundidad del agua deben verificarse de vez en cuando.

1.4.5 Operación y mantenimiento de los lechos de secado

- Los lodos retirados del sistema de tratamiento deben dejarse en el bache de los lechos de secado de 3 a 5 días, y luego se deben pasar a otro bache.

- Se recomienda colocar una hilera de tolete común o adoquín encima del filtro de gravas y arenas de los lechos de secado, para agilizar el secado y evitar la contaminación del material filtrante.

- Se debe tapar el tanque de los lechos de secado, dejando un espacio de mínimo 20 cm para que entre el aire cuando el lodo esté cuarteado.

- Los lodos no pueden ser utilizados inmediatamente como abono, pero para ello se puede mezclar convenientemente con otros residuos orgánicos como hierba

cortada, basura, etc., y solo se deben usar en cultivos cuyos productos no se ingieran crudos.

- Se recomienda agregar un kilogramo de alumbre por cada 800 a 2500 L. de lodo para aumentar el desprendimiento de gases, o una capa de cal apagada sobre los lodos.

- Debe tenerse en cuenta la 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 delgada se seca más rápidamente, y permite la más rápida remoción del lodo.

- La superficie del lecho debe mantenerse limpia y libre de todos los lodos que se hayan descargado anteriormente.

- Nunca deben descargarse los lodos sobre otros ya secos o parcialmente secos. Una vez descargados los lodos, las tuberías de lodos deben escurrirse bien y hacer circular agua por ellas. Esto no solo evita el taponamiento de las tuberías, sino también el desarrollo de grandes presiones originadas por los gases emanados de los lodos que queden dentro. Por este motivo, debe evitarse encender fósforos, cigarrillos o cualquier fuego, cuando se abran las válvulas de lodos.

1.5 LABORES MANTENIMIENTO

1.5.1 LABORES DIARIAS

limpieza del aliviadero.
Controlar caudal de entrada a las estructuras. limpieza de rejillas de entrada.

1.5.2 LABORES MENSUALES

Tomar el Caudal de entrada a la planta como aliviadero.
Controlar caudal de entrada a las estructuras y purgar el sedimentador cada dos meses.
Verificación de las plántulas consistentes al humedal artificial.

1.5.3 LABORES ANUALES

El mantenimiento de los compartimientos de cada uno de las estructuras, principalmente en la limpieza de la capa superior del lecho filtrante. Esta labor es sencida y su ejecución generalmente toma al operador un tiempo aproximado de 30 minutos.

Es importante que durante esta labor se evite la mezcla de las capas de grava.

Durante el periodo de lluvias se debe evitar que estas lleguen a la planta de tratamiento alterando los caudales y la eficiencia de la misma.

Se debe incluir el lucimiento de la planta con actividades de limpieza, particularmente en las cámaras de entrada y salida del sedimentador. En las cámaras de entrada. El no ejecutar estas actividades produce un ambiente de descuido general en la planta de tratamiento lo que a su vez puede causar una alteración en tos caudales de diseño.

1.5.4 LABORES A TRES (3) AÑOS

En algún caso que se obstruyan los filtros por sobre carga se hace necesario hacer un retro lavado de los mismo por cada unidad incorporándote agua por la parte superior de las estructuras llevándola a un proceso descendiente por los medios filtrantes y sacándola por los tubos que son graduables las alturas y de esta manera podemos lavar los medios filtrantes, realizando este proceso repetitivamente por periodos de una o dos horas, la cual funcionará hidráulicamente.

Cuando el grado de obstrucción de los lechos filtrantes de los filtros de los compartimentos sea tan grande que después del lavado rutinario no haya recuperación del caudal filtrado o de la pérdida de carga será necesario extraer el lecho filtrante para ser lavado manualmente.

En los filtros esta labor no es tan costosa ni dispendiosa ya que los volúmenes de grava que se manejan son pequeños, se debe tener especial cuidado en la

extracción y posterior restitución del material filtrante para evitar mezcla en las capas de grava, ya que esto podría reducir significativamente la capacidad de almacenamiento. Si ocurre la mezcla se debe hacer nuevamente la graduación del medio filtrante.

En casos extremos donde aún con esta reducción de caudal la calidad sigue en deterioro es recomendable reducir el caudal hasta el 10% o no continuar operando la planta y esperar que el agua residual de acuerdo a la carga hidráulica pueda mejorar el caudal y optimizarlo hasta obtener caudales de diseño. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en los filtros se presentan procesos anaerobios de tratamiento, por lo cual una interrupción corta puede generar una menor eficiencia en la remoción de microorganismos. Por esto es muy importante minimizar el tiempo de interrupción.

EN RESUMEN:

LABORES DIARIAS

- Chequear el grado de obstrucción de la estructura de cribado
- Medir calidad de agua a la entrada
- Registrar calidad de agua y toda regularidad

LABORES PERIÓDICAS

- Controlar la altura de la lámina de agua
- Abrir la válvula de control de agua en el sedimentador para poder purgar los lodos producidos en estas estructuras, y llevados posteriormente a un sistema de secado, para incorporarse en el suelo como abono orgánico.
- Remover las rejas en el canal de aproximación llevándolas para su limpieza y posterior reinstalación.

LABORES EVENTUALES

- Realizar e/ retro/avado de ¡os medios filtrantes, trimestralmente
- Purgar los lodos del sedimentador, trimestralmente

- Cerrar las válvulas de entrada y salida de agua,
- Si hay obstrucción en los lechos y el retro lavado no hizo que funcionara eficientemente se hace necesario retirarías grasas.
- Retirar las capas de grava evitando mezclarlas; si esto ocurre será necesario tamizarla grava de nuevo.
- Lavarla grava en forma separada.
- Instalarla grava en el orden en que se encontraba.
- Restablecer el flujo de agua.

2 SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR

2.1 ADMINISTRACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La gestión administrativa de una planta de tratamiento de aguas residuales implica lograr el desarrollo de todas las acciones, prácticas y decisiones que la lleven hacia el logro de sus objetivos, tratando de llegar a la mejor alternativa posible para el normal y exitoso funcionamiento, utilizando los recursos a través de la aplicación de las técnicas más adecuadas.

Las actividades que se desarrollan comúnmente se agrupan en:

a. Proceso de Control
b. Proceso de mantenimiento
c. Proceso de recurso humano e infraestructura
d. Procesamiento
e. Proceso de evaluación.

2.1.1 Proceso de Control

Estas actividades son orientadas a medir el caudal, concentración y características del afluente y efluente; la cantidad y calidad de lodo activo y seco y la disposición adecuada de lodos. Los controles se realizan mediante monitoreos diarios, semanales, quincenales, mensuales y/o semestrales.

Los parámetros comúnmente medidos para análisis de calidad del agua según el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud y según el RAS 2000, se clasifican

en físicos, químicos y bacteriológicos, los que indican la variación de la calidad del agua residual.

Físicas: Temperatura, turbidez, la gama de sólidos (totales en suspensión, disueltos, sedimentables, fijos y volátiles), olor, color, material retirado y producido.

Químicas: DBO, DQO, formas de nitrógeno (orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos), fósforo, grasas y aceites, metales, pH, alcalinidad y oxígeno disuelto (OD).

Biológicas: Número y tipo de microorganismos, generalmente coliformes, fecales y totales.

La relación mencionada es válida en términos generales, pero algunas determinaciones no serán necesarias de efectuar en una planta de tratamiento de aguas residuales de menor cobertura (Resolución 631 de 2015 Artículo 8), aunque en otras se realizan con fines específicos en función del tipo o proceso de unidades de tratamiento. Estas determinaciones analíticas serán útiles no sólo para la evaluación de la eficiencia de las Plantas de Tratamiento, sino necesarias para el control y operación.

2.1.2 Proceso de mantenimiento

Incluye todas aquellas obras requeridas no sólo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, sino que además incluye el aseo y presentación de la planta. Generalmente para las actividades que se desarrollan, debe existir un manual de operación donde contemple revisión, extracción, cambio, control, desmontaje, limpieza y reporte de cada unidad del sistema. El proceso de mantenimiento lo componen dos divisiones:

a. Mantenimiento de unidades de tratamiento

Limpieza de rejillas, rebosaderos, canales, sedimentadores, lechos de secado, retiro de vegetación acuática y terrestre cercana a las unidades de tratamiento y control, insectos y roedores.

b. Actividad Silvicultural

Mantenimiento de barreras vivas, cercas, mantenimiento de taludes, vías de acceso, césped y jardines.

2.1.3 Proceso de recurso humano e infraestructura

Este proceso está conformado por dos componentes:

- **Recurso Humano**

El personal necesario para realizar un control adecuado de una planta de tratamiento de aguas residuales depende fundamentalmente de la capacidad instalada y del número de unidades que componen el sistema.

No existe una regla absoluta para cuantificar el número de operarios necesarios para el buen funcionamiento de una PTAR, el dimensionamiento del personal de seguridad de la planta de tratamiento de aguas residuales está supeditado a la extensión de ésta, como a los equipos instalados en ella.

Para el caso específico en la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Jericó es necesario contar con un operario para la planta.

Funciones del personal requerido: Operario o Ayudante

Se requiere de mínimo un operario para realizar las labores de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual. El operario debe efectuar las labores de limpieza a las unidades de tratamiento, vertederos, dispositivos de alimentación y realizar el control de los procesos de tratamiento, para ello debe estar capacitado en técnicas mínimas de medición de parámetros de calidad de aguas residuales, cuidado del paisajismo y estructuras locativas de todas las áreas de los tratamientos. Por lo tanto, debe ofrecerse una capacitación básica según los criterios que se detallan:

- Visión general de los parámetros que se deben analizar.

- Capacitación para la toma de muestras específicas según parámetros.
- Ensayo en la matriz correspondiente, siguiendo las instrucciones de manejo para cada parámetro del procedimiento (ejecución y manejo propio).
- Indicación de los peligros que encierra el uso de productos químicos, haciendo referencia al empleo del equipo de protección personal (por ejemplo, anteojos y guantes de protección) y a los primeros auxilios.
- Evacuación de los desechos y las aguas residuales.

Deben practicarse los análisis, mediciones y lecturas prescritos por la legislación correspondiente. Esto rige también para el resto de las mediciones y análisis oficialmente prescritos. De igual forma debe procederse con los parámetros utilizados para vigilar la planta y es necesario llevar una planilla de registro de los procedimientos realizados en la planta.

Al comenzar las labores debe efectuarse primero un recorrido de control por toda la planta, para constatar el estado de las instalaciones de tratamiento y de los equipos de medición y de regulación. En caso de que se trabaje por turnos, cada cambio de turno en el respectivo lugar de trabajo, debe realizarse ordenadamente. Parte de ese cambio ordenado es informar sobre todas las irregularidades que se hayan presentado.

La organización de la planta de tratamiento dependerá de cómo se defina su operación, ya que ésta puede depender de la unidad de servicios públicos o reportar directamente al municipio.

- **Infraestructura**

Para el componente de infraestructura se limitará a las estructuras de tratamiento, una caseta para herramientas y el cerramiento de la PTAR. Cada estructura debe cumplir con las normas establecidas de seguridad industrial.

2.1.4 Procesamiento

Con el fin de almacenar y procesar la información arrojada por las actividades de control, mantenimiento, recursos humanos, e infraestructura y poder dar una

información diaria o en el momento requerido, este proceso lo componen cuatro divisiones:

a. Información diaria

Contempla la instauración de manuales de campo y formatos de control de resultados diarios.

b. Información de resultados

La información dirigida por los manuales de campo y los resultados de los formatos se presentan cada 15 días.

c. Informes técnicos mensuales

Se prepara un informe mensual de las actividades que se hayan realizado durante ese período. Se detallarán todas las medidas, acciones y resultados de las labores de operación y mantenimiento de la planta, los problemas encontrados y soluciones acordadas, igualmente se incluyen en este informe las operaciones y análisis sobre el funcionamiento de la planta, eficiencias encontradas, cumplimiento de las normas de calidad del efluente y consideraciones sobre cambios en la red de alcantarillado como conexiones industriales.

d. Informe anual de operación

El informe anual contiene todos los trabajos que el municipio haya realizado, determinando los criterios y políticas trazadas en éstos. Se incluye un análisis estadístico de todos los resultados obtenidos en el programa de monitoreo, estableciendo las variaciones de cada parámetro de desviación estándar, correlación de caudal versus calidad, etc.

2.1.5 Proceso de evaluación

La evaluación es la valoración del desempeño del comportamiento del trabajo efectivo realizado por una planta de tratamiento de aguas residuales. El objetivo de la evaluación es definir los métodos utilizados para evaluar el desempeño de la

planta de tratamiento y las unidades que la componen, incluye también el campo de aplicación de los métodos utilizados, orientar los métodos en función del tamaño de la estación o las unidades estudiadas, al igual que las causas más probables de un mal funcionamiento y posibles medidas correctivas. Las modalidades de evaluación en sistemas de tratamiento de aguas residuales más comúnmente definidas son:

a. Evaluación de rutina

El propósito de esta evaluación es realizar un número determinado de mediciones y análisis que permitan un control y manejo adecuado de los procesos de tratamiento de la planta. La interpretación de estos datos se realiza normalmente a través de correlaciones empíricas.

b. Evaluaciones intensivas para la determinación de constantes de modelos.

Las evaluaciones intensivas en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas son ejecutadas con propósitos más específicos que las evaluaciones de rutina.

En el estudio intensivo de la planta de tratamiento las variables dependientes comúnmente estudiadas son: eficiencia en remoción (DBO, DQO, bacterias, nematodos, protozoarios, nutrientes), cinéticas de reducción, producción de biomasa, factores que gobiernan el submodelo hidráulico, etc.

2.2 PLAN DE CONTINGENCIA

El plan de contingencia atiende estos aspectos:

Para contrarrestar la inundación se debe implementar de manera inmediata el procedimiento de limpieza del aliviadero, rejilla, sedimentador ya que la inundación se presenta debido a la colmatación del material de relleno con materia orgánica y presencia de cuerpos ajenos al medio de tratamiento.

Para cuando se requiere hacer control de olores en el sedimentador de alta tasa o el filtro anaerobio se debe aplicar alcalinizantes.