



República Oriental del Uruguay
**Administración
de las Obras
Sanitarias del Estado**

Manual de Conocimientos Generales para Uso de los Encargados de Estaciones de Depuración de Aguas Servidas

R/D 16/10/74

R/D 2460/84 DEL 12/9/84

El trabajo del Encargado de una Estación de Depuración de Aguas Servidas es importante; no solamente debe velar por la buena conservación y funcionamiento de las instalaciones sino que debe tener un permanente interés y preocupación por las mismas y, más especialmente, por la calidad del efluente, es decir, por el producto de la planta.

Debe ser capaz de efectuar ciertos análisis físicos y químicos que, complementados con una inteligente observación, le indican la calidad del afluente y efluente.

O.N.F.

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

Nuestros alcantarillados

Los sistemas de alcantarillado de las localidades del Litoral e Interior de nuestro país son del tipo separativo. Ello quiere decir que las aguas recolectadas y alejadas por esos sistemas no pueden estar mezcladas con aguas de lluvia, por lo que éstas últimas deben ser alejadas de manera independiente. La adopción de esas soluciones se debe a razones económico sanitarias, y como no sólo los alcantarillados sino también las estructuras de las Estaciones de Depuración están calculadas con las previsiones que de ello se desprende, surge así la importancia de mantener rígidamente la eliminación de las aguas pluviales de dichas canalizaciones.

El líquido cloacal

El llamado líquido cloacal es relativamente variable puesto que a él concurren los líquidos residuales de carácter doméstico e industrial de diversas procedencias. Es así que no sólo el caudal (volumen de líquido que llega por segundo) sino su composición media puede variar en diferentes localidades, o aún en la misma localidad, de mes a mes, de día a día o de una hora a otra.

El líquido cloacal posee materias en suspensión y materias disueltas, las que pueden ser de naturaleza orgánica (procedente de la vida animal o vegetal) o de naturaleza mineral (arenas, limos, arcillas y elementos, radicales o precipitados de sales).

También existen gases en disolución: los más importantes pueden ser oxígeno, metano, anhídrido sulfuroso, bióxido de carbono y amoníaco.

No obstante, la cantidad total de sólidos disueltos y en suspensión es sorprendentemente baja en los líquidos cloacales, sobrepasando rara vez 0,1%.

En otras palabras 99.9% del líquido cloacal es agua. Siendo la cantidad de materia mineral aproximadamente la mitad de la orgánica, se puede apreciar que esta cantidad mínima es sin embargo la responsable principal de las características ofensivas del líquido, produciendo la descomposición y fuertes olores en intervalo de pocas horas.

Los compuestos orgánicos del líquido cloacal son:

- a) proteínas y sus productos de descomposición,
- b) carbohidratos,
- c) grasas, aceites y jabones y
- d) organismos vivientes.

No existe un ensayo único para determinar las características de un líquido tan complejo. Deben efectuarse ensayos físicos, químicos y biológicos para que, interpretados correctamente, conduzcan a las soluciones que es necesario adoptar en los problemas que se presentan.

Es importante aclarar aquí que la depuración de los líquidos cloacales debe efectuarse en función del lugar donde se vierten. Si el curso de agua receptor tiene capacidad depuradora que, a juicio del proyectista, no necesite sino el mínimo de estructuras destinadas a mejorar las características del líquido, es antieconómico llevar el tratamiento más allá de lo necesario.

Por eso es que, de acuerdo a las características de los líquidos cloacales y los cursos de agua receptores se realizaron en algunos casos sólo tratamientos primarios que han sido completados con tratamiento secundario cuando ello se probó necesario.

Nociones de biología del líquido cloacal

La transformación de la materia orgánica en compuestos que no provoquen las dificultades que se han citado es llevada a cabo, en forma principal, por miembros del reino animal y vegetal bajo ciertas condiciones ambientales. Muchos de los organismos son tan pequeños que no pueden ser vistos sino con microscopio, aunque otros pueden observarse a simple vista.

Las bacterias

Son organismos de una sola célula,¹ del reino vegetal, que se encuentran distribuidos en todo medio. Son extraordinariamente pequeñas, móviles o no, siendo su tamaño generalmente menor de 1 milésima de milímetro (1 micrón). Una célula bacteriana posee una membrana relativamente rígida, el citoplasma, que viene a ser el cuerpo de esa célula y el núcleo o núcleos donde residen los caracteres transmisibles como está casi demostrado actualmente. Otras particularidades como la formación de cápsulas (que son sustancias mucilaginosas que rodean a la célula), órganos de movimiento como flagelas, etc., se presentan en ciertos tipos.

La bacteria, como todo organismo, necesita nutrirse para sus funciones vitales como crecer o reproducirse y también para adquirir la energía que le permita realizarlas.

Ello permite diferenciar unos tipos de otros, lo cual es de importancia fundamental en ciertos procesos para los cuales estos microorganismos son los verdaderos elementos de producción. El medio en el cual vive la bacteria es frecuentemente determinante para su desarrollo. El contenido de oxígeno libre efectúa ya una división importante: si lo hay puede vivir la bacteria aerobia, si no sólo la anaerobia es capaz de hacerlo. Una excepción son las bacterias llamadas facultativas. La concentración de ión hidrógeno que representa la actividad de la acidez o alcalinidad de un medio es otro factor preponderante para la vida de ciertas especies.

El líquido cloacal contiene normalmente enorme cantidad de bacterias, algunas de las cuales son patógenas, en decir, provocan enfermedades. Una de las funciones de las Estaciones de Depuración es proteger a los cursos de agua de estas bacterias y además evitar, mediante la transformación del medio, que éste sea adecuado para la multiplicación de microorganismos.

Algas, Hongos y Protozoarios

Ascendiendo en la escala de los microorganismos, encontramos otros tipos en el orden citado en el encabezamiento de este párrafo. Las algas contienen clorofila que tiene la propiedad de

(1) Normalmente, hay excepciones.

efectuar fotosíntesis, es decir, convertir en carbohidratos ciertos elementos o compuestos tan simples como bióxido de carbono y agua mediante la energía proveniente de la luz.

Los hongos, que son también microscópicos en su mayoría, necesitan en cambio el alimento preparado por otros organismos de los cuales son, por lo tanto, dependientes. Finalmente, los protozoarios son ya animales (porque tienen órganos de digestión diferenciados e ingieren bacterias por ejemplo) que a su vez, como los microorganismos anteriores, sirven de nexo de unión con las formas superiores de vida.

CAPÍTULO II

Nociones de Hidráulica de Obras de Saneamiento

Los líquidos, desde que poseen masa, están sometidos a la acción de la gravedad. Así, si un líquido tiene su superficie a un nivel determinado deberá pasar a un nivel más bajo (por efectos de esa fuerza de atracción llamada gravedad) si se establece la comunicación entre ambos niveles.

Las ecuaciones fundamentales de la hidráulica tienen en cuenta ese principio y otros que se derivan de la ley de conservación de la energía.

Por medio de ellos el Ingeniero puede determinar la clase de comunicación entre los niveles citados más arriba, que resulte adecuada y económica y proveer la solución a los problemas planteados.

Para producir los líquidos se emplean canalizaciones cuyo dimensionado esté de acuerdo con las transformaciones de energía que resulten de su caudal, velocidad, niveles y presiones.

Las pérdidas de energía producidas en una canalización son causadas por cambios de dirección, por caídas de nivel, por razones similares a la fricción con las paredes del conducto o por otras razones.

Se efectúan los cálculos de modo de asegurar una velocidad mínima, para evitar acumulaciones que se producen por sedimentación. Esto no sólo es inconveniente de por sí, sino que altera el líquido cloacal por excesiva detención y se traduce en problemas en el tratamiento. De ahí la importancia de las cámaras de limpia (cámaras que descargan automáticamente, cada cierto tiempo, un volumen de agua) ubicadas en los puntos iniciales de cada tramo de la red.

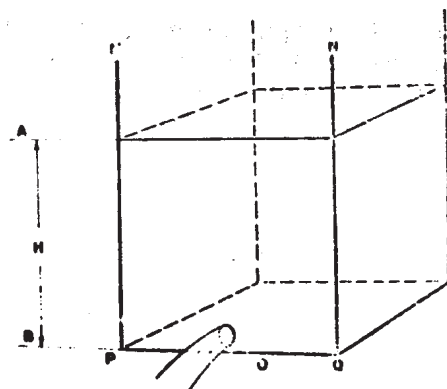
De todo lo dicho se infiere que el mayor cuidado debe ser puesto en el proyecto y la construcción para que las canalizaciones y las unidades de tratamiento sean adecuadas a lo que de ellas se espera.

En el plano N° 1540 adjunto puede verse la técnica usada generalmente para las juntas en las canalizaciones de hormigón y en algunas características de las conexiones para casas habitación.

La correcta realización de la junta es de importancia para limitar el caudal de agua de infiltración que puede entrar al colector.

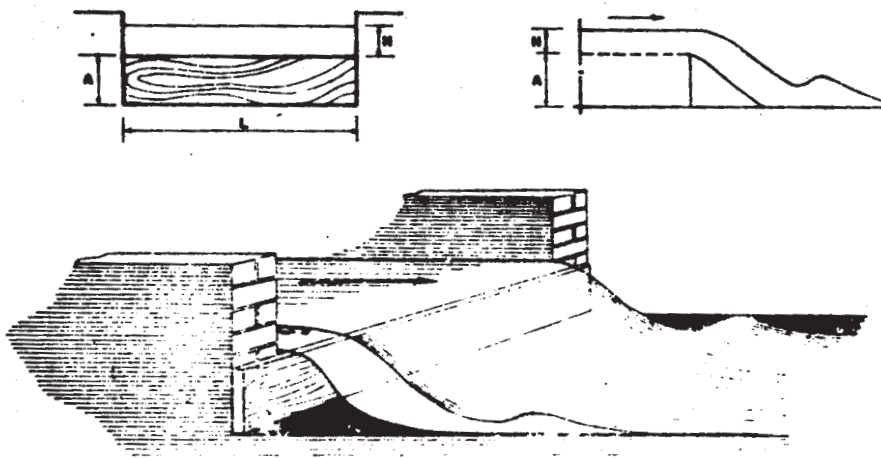
Medición del caudal

a) Orificios



De acuerdo a lo visto, el líquido contenido en un recipiente cuya superficie está al nivel A tratará de pasar a un nivel más bajo si se abre un orificio a un nivel inferior B . El caudal que saldrá dependerá de la altura H y del área X y forma del orificio, pudiendo determinarse por una fórmula que los relacione. En el caso que en vez de un recipiente haya un canal cerrado por el tabique $MNPQ$ la fórmula será la misma.

b) Vertederas



Si en un canal colocamos transversalmente una lámina delgada, de tal modo que el líquido vierta sobre ella hacia un nivel menor, tenemos un vertedero. El filo superior se llama cresta; supongamos que tiene una longitud L y que llegue hasta las paredes del canal. El caudal puede entonces hallarse con sólo medir la altura H que muestran los dibujos y aplicando una fórmula sencilla. Esa altura debe ser obtenida a una distancia al menos igual a $4H$ desde el vertedero hacia aguas arriba y asegurarse de que hay aire entre la lámina vertiente de líquido y la cara aguas abajo del vertedero. Si la cresta del vertedero no llega hasta las paredes del canal es necesario efectuar correcciones en la fórmula que da el caudal, que depende como dijimos de H y de L .

También es menester efectuar correcciones cuando exista una velocidad de llegada apreciable, ya que en este caso la altura A interviene en la fórmula.

En esos casos conviene consultar al Ingeniero.

Motores y Bombas

Una bomba puede ser definida como todo dispositivo que transfiera líquidos o gases de un punto a otro a través de conductos.

Para hacer funcionar una bomba se necesitan motores que pueden ser:

- a) a nafta,
- b) Diesel,
- c) Eléctrico.

Además intervienen los llamados órganos de transmisión.

a) Motores a nafta

Son de precio más bajo que los diesel pero de costos de operación más altos. Operan generalmente con control de velocidad en el carburador y deben tener una capacidad superior en 25% a la necesaria para que el inevitable desgaste (en las válvulas por ejemplo) no impida en corto tiempo su utilización. Las velocidades de rotación están entre 1.000 y 1.500 revoluciones por minuto, en general.

El mantenimiento de los motores a nafta es simple pero deben ser cuidadosamente seguidas las instrucciones sobre lubricación que al efecto sean impartidas al ser instalados. En particular los cambios de aceite, a intervalos regulares fijados, son fundamentales, así como la limpieza de bujías y filtro de aire.

b) Motores Diesel

No necesitan la chispa que produce una bujía para la explosión del combustible en el cilindro, sino que el encendido es espontáneo por obra de la elevación de presión y temperatura. Son de baja velocidad en general; su regulación y operación es más complicada que en los motores a nafta. Respecto al mantenimiento se aplican los mismos conceptos que en el motor a nafta, cambiando la limpieza de bujías por las de toberas de inyección.

c) Motores eléctricos

Dado que la corriente continua está siendo eliminada como de uso público en nuestro país, nos atendremos a dar algunas características de operación de los motores de corriente alterna. Los motores de corriente alterna pueden ser de tres clases:

- a) De inducción con rotor de jaula de ardillas.
- b) De inducción con rotor bobinado.
- c) Síncronos.

En los a) no hay conexiones para el rotor, siendo la velocidad constante determinada por la frecuencia de la corriente (en nuestro país 50 ciclos/segundo) y el número de polos. El par de arranque (fuerza necesaria aplicada al eje para arrancar) es bajo y no tienen regulación de velocidad.

Los b) tienen el rotor conectado con anillos rozantes fijados al eje que reciben corriente. El par de arranque es variable a voluntad, lo mismo que su velocidad, pero son más caros que los a).

Los c) son de velocidad constante y de alta eficiencia, y necesitan un pequeño generador acoplado al mismo eje. Se usan porque tienen características favorables en la utilización de la corriente.

El mantenimiento de los motores eléctricos es mínimo. Sin embargo es necesario hacer notar que no debe permitirse humedad, aceite o polvo en los bobinados. Si existen escobillas, éstas y los anillos deben mantenerse perfectamente limpios, cuidando de que no haya chispas. Debe darse aviso al Ingeniero en caso de que esto ocurra.

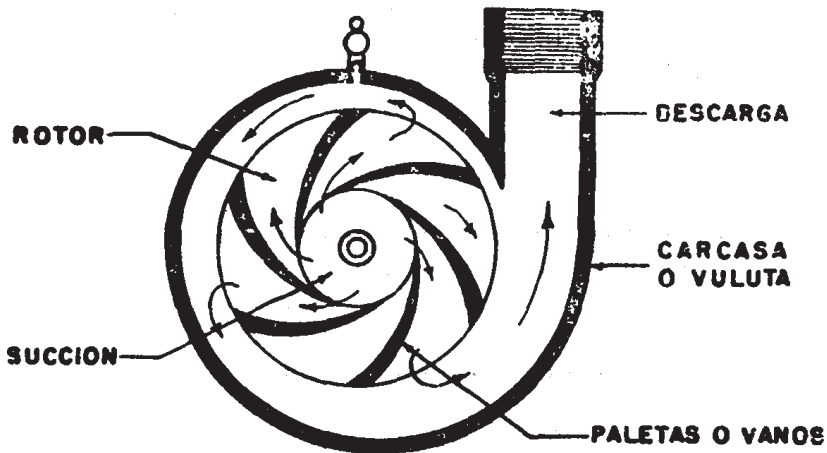
Órganos de transmisión

Aunque en ciertos casos los motores citados pueden ser conectados directamente a las bombas, por manchones o a través de dispositivos reductores de velocidad, en otros casos la transmisión debe hacerse por correas o cadenas y poleas.

Las correas pueden ser planas o en V. Estas últimas tienen longitud fija y no pueden cortarse o suplementarse. El número de correas en V a usar depende de la potencia a transmitir, lo mismo que el ancho de las correas planas determina la máxima potencia a la cual se pueden usar. En general la correa en V se usa para cortas distancias de transmisión. Intervienen también como factores determinantes el arco de contacto con la polea y la velocidad lineal. La máxima velocidad lineal puede ser fijada en 20 metros por segundo. Las correas planas deben ser operadas del lado del pelo o sea la flor (en contacto con la polea). Las uniones de correas planas más eficientes son las que ofrecen la mínima discontinuidad entre las superficies.

Las cadenas son usadas a veces debido a su resistencia al calor o la humedad, al tiempo que transmiten mayor potencia a menores velocidades. Para que sean silenciosas deben estar bien proyectadas, instaladas y cuidadas.

Bombas Centrífugas



El dibujo adjunto es un corte esquemático de una bomba centrífuga, mostrando con flechas el recorrido del líquido.

Los elementos esenciales de una bomba centrífuga son:

- a) El rotor y el eje que son las partes móviles.
- b) Los elementos estacionarios que comprenden: la carcasa, los cojinetes y los prensaestopas.

El líquido entra por la succión, es arrastrado por el rotor que le da energía y sale por la descarga. Es importante destacar que de todos los tipos de bombas centrífugas son importantes, en el manejo de los líquidos y barros residuales, las de rotor abierto. Se llaman de rotor abierto aquellas bombas centrífugas que no tienen encerrado su empaquetado entre dos platos o láminas.

La atención del funcionamiento de las bombas centrífugas es reducida. Lo más importante que el operador debe realizar, aparte de la correcta puesta en marcha y detención de los equipos, es revisar y colocar correctamente el tipo de empaquetadura adecuado en las cajas de prensas. La presión dada por el prensa estopa debe ser suficiente para que no se produzcan fugas de agua importantes pero un goteo es indispensable para evitar recalentamientos. En general se podrá accionar el eje a mano sin aplicar una fuerza excesiva.

Una bomba centrífuga puede operar con su descarga cerrada pero calentará al cabo de cierto tiempo. Es en general peligroso hacer funcionar una bomba sin líquido durante más de unos pocos segundos.

Puesta en marcha de una bomba centrífuga

- 1) Abrir la válvula de succión, cerrar los drenes y cebar la bomba. Cerrar la válvula de descarga.
- 2) Abrir la entrada de agua a cojinetes, cajas prensa estopas y del líquido de cierre o sellante.
- 3) Abrir la válvula de recirculación.
- 4) Poner en marcha el motor.
- 5) Abrir la válvula de descarga lentamente.
- 6) Observar la operación de motor y bomba.
- 7) Cerrar la válvula de recirculación si hay flujo suficiente a través de la bomba para evitar sobrecalentamiento.

Detención de una bomba centrífuga

- 1) Abrir la válvula de recirculación.
- 2) Cerrar la válvula de salida o descarga.
- 3) Detener el motor.
- 4) Cerrar las válvulas de entrada de agua a cojinetes cajas-prensas y del líquido sellante.
- 5) Cerrar la válvula de succión, abrir los drenes u otra operación requerida por la instalación.

Es siempre conveniente observar periódicamente la temperatura de los cojinetes, si se poseen los medios para determinarla.

La lubricación de los cojinetes debe ser hecha con cuidado. En general, más grasa de la necesaria es peor que una deficiencia de lubricante.

Bombas de diafragma

Son usadas casi exclusivamente para bombear barros. Consisten en una cámara de fundición, en cuya parte superior hay un diafragma flexible. La periferia del diafragma está firmemente asegurada al cuerpo de la bomba. Cuando el diafragma se mueve hacia arriba, el barro es succionado a través de la entrada y penetra en la bomba. Durante este ciclo de operación la válvula de descarga está cerrada.

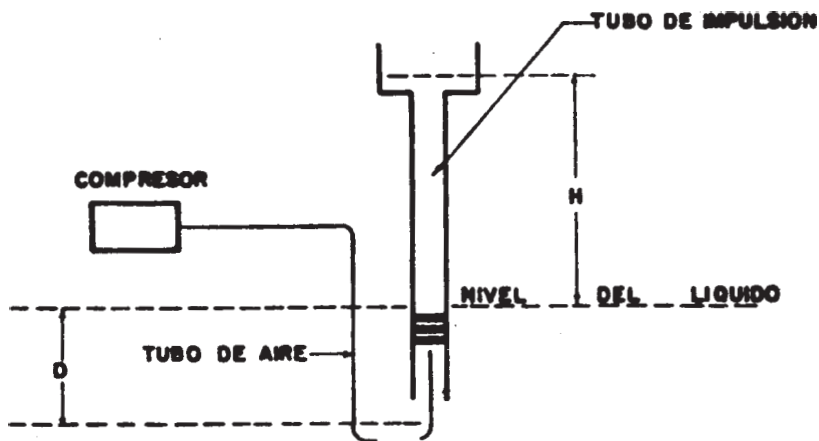
Cuando el diafragma se mueve hacia abajo, la válvula de la succión se cierra y el barro es forzado a través de la válvula de descarga.

En general se puede hacer variar la capacidad de la bomba mediante el ajuste del recorrido del diafragma.

Bombas de aire comprimido

En el bombeo de barros ocurre a menudo que una compacta masa de materiales interrumpe el flujo. Las bombas de aire comprimido se emplean a veces porque sus dificultades en ese aspecto son menores.

Consisten en un compresor desde el cual parte un conducto de aire, abierto en su otro extremo, en la parte inferior del tubo de impulsión del barro (ver esquema).



Desde que el peso de la columna de líquido y aire en el interior del tubo de impulsión es menor que la columna de líquido que lo rodea, el líquido es impulsado hacia la descarga.

La relación $D \times H$ es muy importante para que el funcionamiento sea aceptable. No debe ser menor que 2.25 para conseguir un bombeo eficiente.

CAPÍTULO III

Generalidades sobre características y funcionamiento de las unidades de tratamiento primario

Rejas Interceptoras

Estos elementos retienen parte de los materiales gruesos que llegan a la planta, con el objeto de:

- Reducir la cantidad de materiales flotantes y espuma en los tanques de sedimentación.
- Aminorar los problemas de obstrucción en conductos, bombas y otros elementos menores.
- Eliminar parte de la carga orgánica del líquido.

Generalmente se utiliza la reja media en este país, cuya separación de barras es 2.5 cm. aproximadamente, y que se limpian por operación manual.

Los materiales retirados de la reja, a intervalos frecuentes para evitar el embalsamiento del líquido afluyente (o sea el líquido que llega a la planta), pueden ser dejados secar algo antes de enterrarlos o quemarlos.

Para evitar olores conviene cubrirlos con lechada de cal. El enterramiento debe ser efectuado hasta una máxima profundidad de 60 cm., para permitir el trabajo de purificación natural que efectúan los microorganismos aerobios.

Desarenadores y Separadores de Grasa

La función que desempeñan la indican sus nombres.

Frecuentemente estos elementos son agrupados en una única unidad. Al proyectar estas unidades, igual que con las rejillas, el Ingeniero tiene en cuenta las características previsibles del líquido y sus variaciones. En sistemas separativos, teóricamente los desarenadores no serían necesarios pero frecuentemente lo son. Como la operación depende de la conservación de una velocidad constante del líquido, los dispositivos más variados se emplean para asegurar esa constancia entre los límites previstos, de una manera automática, por ej. los vertederos parabólicos, las secciones del canal asimiladas a parábolas, etc.

Como se desprende de lo dicho, si la atención de lo decantado o lo flotante no es adecuada, las previsiones no serán cumplidas y el funcionamiento será precario. Además, si las unidades son varias y el caudal del afluyente no es suficiente para lograr una buena operación, el operador deberá discernir que número de unidades deben funcionar simultáneamente para lograr lo deseado.

Conviene tener siempre presente que en estas unidades lo sedimentado o lo flotante debe ser de características uniformes y de acuerdo a lo que al respecto indique el Ingeniero.

Los aceites producen espumas en los digestores y manchan las paredes de los sedimentadores, así como alteran la eficiencia de las unidades de tratamiento secundario. Las arenas interfieren con la digestión ocupando volúmenes previstos para otras funciones.

Los aceites y grasas deben ser retirados una vez diaria por lo menos.

Desmenuzadores

Estos aparatos están constituidos por un cilindro hueco cuya superficie lateral está formada por bandas de pequeño espesor que gira alrededor de un eje vertical. El líquido pasa a través de las ranuras entre las bandas hacia el interior del cilindro y de allí al canal de descarga. Al girar el cilindro arrastra las partículas gruesas y las desmenuza contra peines de acero especial que se colocan contra el cilindro. Algunas dificultades han sido encontradas cuando la cantidad de trapos que arrastre el líquido cloacal es superior a la normal.

Hasta la fecha ningún aparato se ha colocado en nuestras plantas.

Hornillos Crematorios

Las tres partes esenciales de estos hornillos son: compartimiento de secado, compartimiento de combustión, cenicero y chimenea. Es siempre conveniente secar previamente el material a quemar

y aprovechar así parte del calor del compartimiento de combustión. El aire debe ser controlado para evitar olores. El procedimiento y combustible a usar será determinado por el Ingeniero.

Tanques Imhoff

Son llamados así por su inventor, el Dr. Ing. K. Imhoff. Cumplen doble función:

- 1) Sedimentar parte de la materia en suspensión que trae el líquido luego de pasar por reja y/o algún otro de los elementos previamente descritos y
- 2) Digerir la materia sedimentada. Para ello poseen las llamadas cámaras de sedimentación donde los sólidos decantan y pasan al compartimiento de digestión o digestor.

Lo que produce la sedimentación es la reducción de velocidad del líquido cloacal, ya que de este modo las partículas de cierto tamaño y peso, no son ya arrastradas por la corriente. La velocidad disminuye porque aumenta la sección del conducto, en este caso; de las canaletas de distribución donde hay velocidad elevada por su pequeña sección se pasa a las cámaras de sedimentación de gran área. En rigor, intervienen también otros factores hidráulicos que se estima innecesario destacar aquí.

Como en el digestor se producen gases que alterarían la sedimentación, las cámaras de sedimentación están prácticamente separadas del digestor y sólo se establece la comunicación mediante una ranura, que deja pasar los sólidos hacia abajo y está protegida por un solape conveniente que evita que los gases pasen a la cámara. Los diafragmas y vertederos, a la entrada y salida de las cámaras de sedimentación, tienen por objeto impedir la entrada de materias flotantes (diafragmas) y regularizar el flujo a través de los canales (vertederos). Si un vertedero no está bien nivelado pasará más líquido en la parte de más bajo nivel y eso provocará una corriente de cortocircuito en el canal, afectando la sedimentación. El cálculo de la estructura de hormigón armado se hace teniendo en cuenta las subpresiones a que estará sometido el tanque por efectos del agua de las napas superficiales.

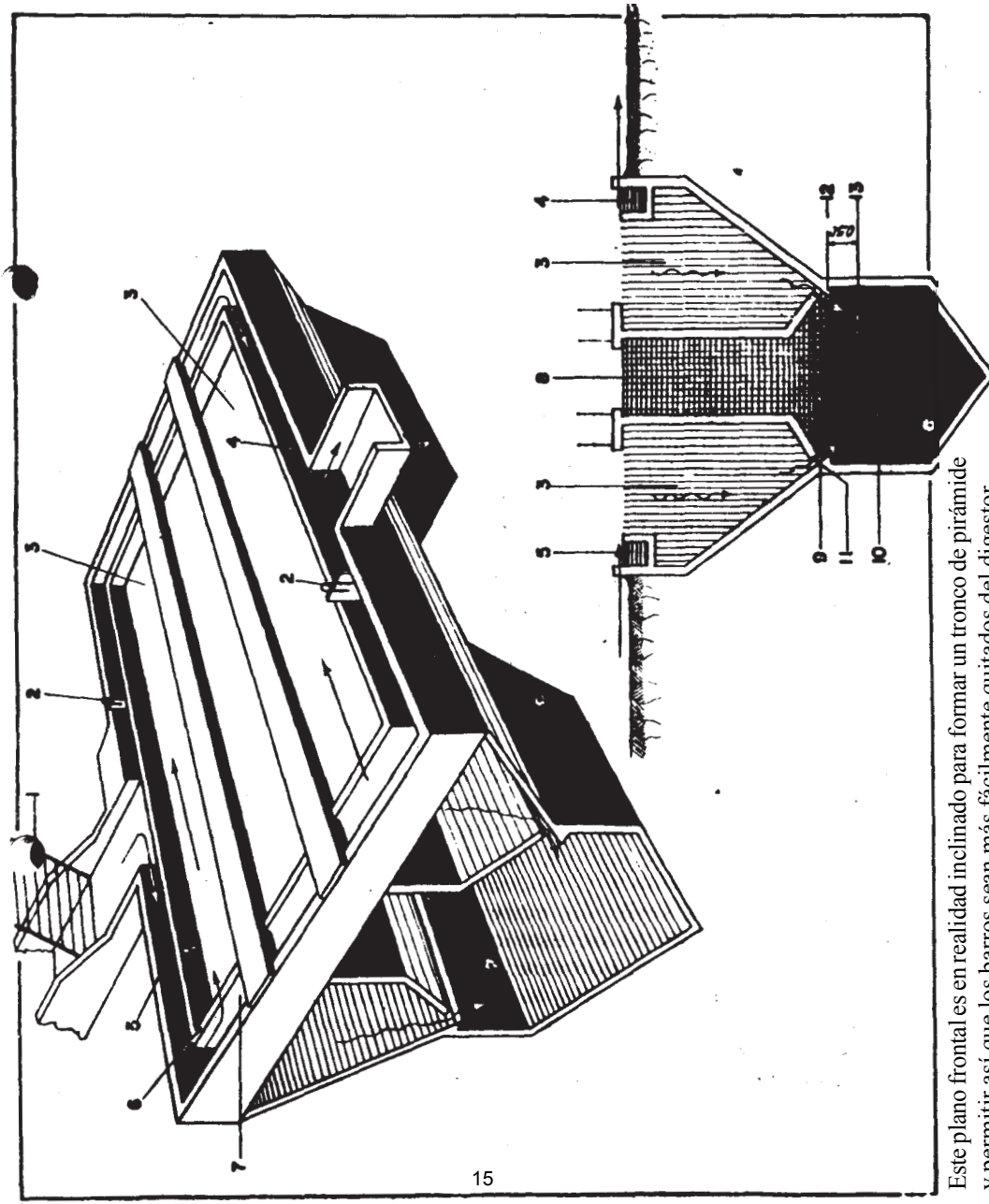
No obstante, durante la construcción o en un desagote, puede suceder que aunque el tanque resista, éste quede desnivelado provocando los inconvenientes anotados arriba.

Las compuertas se colocan para orientar el flujo de líquido en los canales en uno u otro sentido.

Las cámaras de sedimentación tienen la forma vista en la figura para permitir que los sólidos caigan hacia la ranura fácilmente.

El solape debe exceder la ranura al menos 15 cm. y el máximo nivel de barros debe estar 50 cm. por debajo de la ranura.

Esquema de Funcionamiento de un Tanque Imhoff



REFERENCIAS

1. Reja y Aliviadero.
2. Compuerta.
3. Cámaras o canales de sedimentación.
4. Canaleta de salida.
5. Canaleta de acceso.
6. Diafragma.
7. Vertedero.
8. Chimenea de gases.
9. Supernatante y gases.
10. Barro en digestión y digerido.
11. Ranura.
12. Solape.
13. Máximo nivel de barroes.

Digestión y descarga de barro

La noción de pH

Llámase pH a una medida de la concentración del elemento que indica el grado de acidez libre de un medio. Ello implica que puede haber una acidez que no está valorada por el pH. En efecto, supongamos que en un vaso agregamos un volumen determinado de agua destilada y echamos unas gotas de vinagre (ácido acético al 4%). A otro vaso, con igual volumen de agua destilada echamos la misma cantidad de gotas de ácido sulfúrico al 4%.

El pH del agua de este vaso será mucho menor que el anterior pese a que la acidez total es la misma. Más adelante se explicará la forma de hacer el ensayo de pH.

Condiciones para que se produzca la digestión

Cuando los barroes que pasan al digestor entran en contacto con los gases y las materias ya en digestión sufren un proceso de transformación, preferentemente por la acción de los microorganismos anaeróbicos que se encuentran en el digestor. Estos microorganismos son los verdaderos obreros que fabrican, a partir de la materia fresca, el barro digerido.

Dos consecuencias importantes, se deducen de ello:

- 1) El medio debe ser adecuado a la vida de los microorganismos que realizan la tarea.
- 2) Los microorganismos deben encontrar el alimento necesario para sus procesos vitales.

Para que estas condiciones se realicen se ha llegado a probar que la cantidad de barro fresco que llegue al digestor no exceda de un determinado porcentaje del barro digerido que exista en el digestor. En realidad el porcentaje se debe tomar teniendo en cuenta la materia volátil (es decir la parte del barro que se volatiliza al llegar a cierta temperatura) de ambos barroes. Dicha relación o porcentaje se llama relación de Rodolfs y depende de las temperaturas del medio del digestor, variando de 4% en verano a 2% en invierno, tomando los pesos secos de materia volátil. Aún cumpliendo con esta condición, es necesario que en el digestor no existan venenos para las bacterias (los que pueden provenir de descargas industriales) y que las materias frescas sedimentada contengan todos los factores de nutrición que los microorganismos necesitan.

Uno de los medios más sencillos para obtener información sobre el proceso en los digestores es determinar el pH de los barroes, el que debe oscilar entre 6.8 y 7.2.

Caso especial

Cuando, por cualquier causa, se deba poner en funcionamiento un Tanque Imhoff será necesario dar cuenta de ello al Ingeniero y esperar sus instrucciones, ya que son inevitables los problemas que surgirán si el proceso no se controla cuidadosamente.

La descarga de barro

Los barroes digeridos deben descargarse periódicamente para poder almacenar el que continuamente se produce.

El Ingeniero debe calcular la cantidad a extraer y los plazos a que ello debe hacerse, de modo que se respete la relación de Rudolfs.

El barro se extrae por gravedad, generalmente (debido a diferencias de niveles hidráulicos) mediante tuberías provistas de llaves y ventilación. El barro descargado pasa a los lechos de secado o escurrimiento.

Estos son filtros de arena gruesa, soportada por pedregullo graduado y en cuya parte inferior hay un sistema de drenaje constituido por caños a junta abierta.

El barro se va secando en la superficie, de la cual será más tarde retirado, pudiendo emplearse como abono.

Características del barro digerido

Es casi negro, con olor a brea o alquitrán, y se desprenderá fácilmente de la pala. El barro no digerido es grisáceo verdoso, no seca bien y tiene olor desagradable.

Herramientas de uso en la operación de rejás y tanques Imhoff

En el plano N° 9017 adjunto pueden observarse sus características. Deben ser usadas del modo adecuado a sus características. Conviene recibir instrucción práctica respecto a su uso en un tanque Imhoff existente y ceñirse ajustadamente a lo que a continuación se expresa referente a la correcta atención del tanque.

Detalle de operaciones a seguir para la correcta atención de un Tanque Imhoff

I) Canaletas de Acceso y Salida

A) Sólidos flotantes.

A) 1) **Materias grasas y aceites.** Deben ser retirados y enterrados.

A) 2) **Trapos, papeles, fósforos, corchos y similares materiales,** susceptibles de ser quemados, se dejarán secar a lo sumo por 24 horas y luego quemados. (Ver la forma correcta de proceder a la incineración). Es conveniente regarlos con lechada de cal al ponerlos a secar.

A) 3) **Materias flotantes del tipo A) 2).** Que sea difícil seleccionar para quemar, deben ser enterrados.

A) 4) **Materias fecales.** Pueden, en algunos casos, ser colocadas en la chimenea de gases, también pueden ser trituradas utilizando un procedimiento adecuado, que puede ser un canasto de alambre, de malla de 2 cm. de lado donde se deposita la materia fecal y se tritura con chorro de agua, colocando el canasto sobre la canaleta, antes del vertedero.

B) Sólidos decantados.

- B) 1) Los sólidos decantados que tengan menos de 1/3 de arena deben ser vertidos en las cámaras de decantación.
- B) 2) Los sólidos decantados que no sean del tipo B) 1) deben ser enterrados.
- B) 3) Todas las decantaciones de las canaletas de salida deben ser colocadas en la chimenea de gases.

C) Limpieza de canaletas.

- C) 1) Se pasará un cepillo de piazaba en las canaletas de acceso para mantenerlas limpias de acumulaciones, una vez por día por lo menos.
- C) 2) Se usará cepillo del mismo ancho de la canaleta de salida para acumular el material sedimentado; una vez por día.

II) Cámaras de Sedimentación

A) Perímetro de las cámaras.

Debe pasarse cepillo de piazaba a nivel del líquido y sobre el nivel del líquido para limpiar la pared, evitando acumulaciones, una vez por día.

B) Paredes verticales y con pendiente.

Debe pasarse la escobilla de goma cuidadosamente de modo de pasar los sólidos a través de la ranura, una vez cada dos días como mínimo.

El trabajo debe comenzar unos 10 cm. debajo del nivel del líquido y lentamente, con cuidado de no agitar; trabajar el material adherido hacia abajo a través de la ranura.

C) Ranuras.

La limpieza se efectúa mediante la cadena, la cual se bajará hasta que se haya pasado la ranura. Entonces se procede a un movimiento de sierra, a medida que se avanza lentamente.

Debe hacerse una vez por semana, por lo menos.

D) Agua a presión.

Bajo ningún concepto se aplicará agua a presión en las cámaras de sedimentación, salvo indicación del Ingeniero.

E) Inversión de corriente.

La corriente a través del tanque Imhoff debe ser invertida como mínimo una vez por mes, cuando el proyecto lo permita.

Previamente se realizarán en las canaletas las operaciones correspondientes.

III) Chimenea de Gases

- A) **Rotura de la capa.** Debe ser realizada dos veces diariamente como mínimo.
- B) **Remoción de exceso.** En ningún caso el espesor de la capa debe exceder de 30 cm. El exceso puede ser colocado en el lecho de secado o bien enterrado.

- C) **Uso de agua.** Debe emplearse únicamente para evitar la formación de capa espesa, pero no para destruir una capa ya formada. Es conveniente usar agua del supernatante, mediante bombeo, para reducir la capa.

IV) Remoción de Barro Digerido

- A) **Nivel máximo de barro.** Será 50 cm. debajo de la ranura.
- B) **Plazos de extracción.** Aunque serán determinadas por el Ingeniero, es conveniente no dejar más de 1 mes sin efectuar extracciones.

Esta extracción puede ser pequeña y su volumen dependerá de los lechos de secado. Nunca debe extraerse un volumen mayor que el indicado por el Ingeniero Regional.

C) **Conductos de descarga.**

- 1) Solo deberá efectuarse la descarga por un conducto, cuando haya más de uno. Nunca debe procederse a extracción simultánea.
- 2) Los conductos deben ser lavados mediante manguera, después de cada descarga.

- D) **Cubicación de barro.** De preferencia observando niveles de barro en el digestor. En caso contrario cubicando los barro en el lecho de secado.

- E) **Forma de extracción.** Abrir, extraer barro a una razón regular, cerrar por tres minutos. Repetir cuatro veces. Luego seguir la extracción regular.

V) Lecho de Secado

Sobre el barro extendido obran dos factores: drenaje y evaporación. Durante las primeras 18 horas se produce la casi totalidad del drenaje.

La reducción de la presión al salir del digestor hace flotar los sólidos y de consiguiente acelera el drenaje.

A) **Arena.**

- A) 1) El espesor de la capa de arena debe ser de 10 cm.
- A) 2) La arena a reponer, cuando sea necesario, debe ser arena gruesa, limpia y uniforme.
- A) 3) Antes de descargar el barro en el lecho, la superficie debe estar nivelada y la arena será rastrillada, de preferencia con un rastrillo efectuado con una tabla y clavos de 10 centímetros.

B) **Descarga del barro en el lecho.**

- B) 1) El espesor de la capa descargada oscilará entre 20 y 30 centímetros. Podrá hacerse una descarga de barro que dé lugar a una capa de menor espesor, según la época anual, pero jamás sobrepasar el espesor de 30 centímetros. El espesor mayor corresponderá a la época calurosa.
- B) 2) Los conductos deben ser lavados a manguera después de la descarga.
- B) 3) Puede subdividirse el lecho con tabloncillos de 5 cm. x 30 cm. (2"x12") solapados.
- B) 4) A menor altura de barro mayor evaporación.

Si se quiere acelerar el drenaje y aumentarlo, con lo que se ahorra en el tiempo de secado puede aplicarse alúmina en la razón de 1 gr./lt. de barro.

C) Remoción del barro.

- C) 1) La operación será realizada cuando las rajaduras lleguen hasta la arena, siempre que sea posible.
- C) 2) El útil más conveniente para la remoción es una horquilla.
- C) 3) El barro debe ser removido apenas se compruebe su secado según C) 1).

Sumario de Operaciones

Diariamente:

Atención de canaletas y reja.

Limpieza con cepillo de piazaba.

Rotura de la capa de la chimenea.

Sólidos sedimentables en afluente y efluente por conos Imhoff pH y temperaturas.

Cada 2 días:

Pasar la escobilla de goma en cámaras de sedimentación.

Una vez a la semana:

Limpieza de ranuras de cámaras de sedimentación con cadena. Altura de barro en el digestor.

Cuando sea necesario:

Remoción del exceso de capa en la chimenea de gas.

Espumas

A) Causas de formación.

- A) 1) Sacar barro digerido en exceso.
- A) 2) Excesiva cantidad de barro frescos provenientes de la sedimentación.
- A) 3) Chimenea no bien controlada en su operación.
- A) 4) pH ácido, consecuencia de ácidos industriales u otra causa.
- A) 5) Temperaturas extremas en la digestión.
- A) 6) Excesiva concentración de aceites o detergentes.

B) Corrección de espuma.

- B) 1) Rotura de capa.
- B) 2) Disminuir el volumen de barro frescos, si es posible.
- B) 3) Poner el tanque fuera de Servicios por cierto tiempo, si es posible o conveniente.

- B)4) Adición de cal al digestor si el pH es menor de 7 (5 Kgs. por día y por cada mil habitantes servidos, en solución al 0.5 por ciento).
- B)5) Agregar hipoclorito al afluente en dosis de 4 a 6 ppm. de cloro.
- B)6) Remoción de capa.
- B)7) Agregar carbón activo a una razón de 250 ppm. al afluente.

Generalidades sobre características y funcionamiento de las unidades de tratamiento secundario

El líquido que sale del tratamiento primario tiene aún en suspensión muchas pequeñas partículas y una cantidad de materia disuelta que diferirá poco de la que trae el afluente de la planta.

Uno de los elementos más usados para efectuar la parte más importante de la depuración secundaria es el llamado lecho percolador.

La acción del lecho percolador se basa en tres funciones:

- a) La distribución del líquido en el lecho.
- b) El contacto del líquido con la película que se forma sobre las piedras del lecho.
- c) La recolección del líquido purificado después que ha estado en contacto con el lecho.

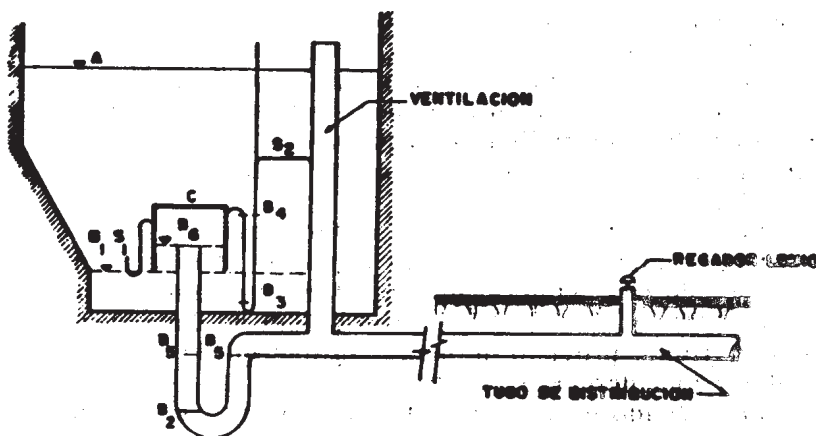
Distribución del líquido

Es esencial, para la correcta operación de cualquier tipo de lecho percolador, que cada parte de éste reciba la misma cantidad de líquido.

Ello se hace mediante riego controlado por regadores, los cuales pueden ser fijos o móviles.

Es fácil ver que si la alimentación de los regadores fijos no es controlada por algún dispositivo que permita variar la presión del líquido en el propio regador, de modo de variar el alcance del riego, será muy difícil (si es que alguna vez se consigue) que el lecho reciba en cada una de sus partes igual cantidad de líquido.

Es necesario usar las llamadas cámaras de dosaje, que obran mediante sifones de descarga, o bien algún otro dispositivo que produzca efectos análogos.



En la figura se observa una cámara de dosaje y sifón, con su tubería de distribución hasta los regadores del filtro o lecho.

Cuando la cámara de dosaje terminó de descargar, el líquido está a los niveles B_5 , B_4 en el sifón auxiliar S_2 y B_1 en la cámara. Al llegar más líquido procedente del tratamiento primario crecerá el nivel en la cámara, quedando aire encerrado en la campana C. Ese aire será cada vez más comprimido, al ir subiendo el nivel en la cámara.

Al llegar el líquido al nivel de A, los niveles serán B_3 en el sifón auxiliar, B_6 dentro de la campana y B_2 en el sifón principal. Un pequeño aumento del nivel produce la salida súbita de aire por el sifón auxiliar S_2 y el cebamiento del sifón principal y campana, dando lugar a la descarga por el tubo de distribución y los regadores del lecho.

La cámara se vacía hasta B_1 y se vuelve a repetir el ciclo. Existen otros tipos de sifones y cámaras, algunos de los cuales tienen dispositivos tales que evitan que llegue líquido mientras la cámara está descargando, llevando automáticamente el líquido a una cámara gemela.

De lo anterior puede deducirse que como la carga de agua o sea la presión en el regador varía durante la descarga (ya que el nivel en el tanque varía desde A hasta B_1) y esa descarga dura algunos minutos, hay posibilidad de que el riego de cada regador sea distribuido de modo que cada parte de su zona de influencia reciba igual cantidad de líquido.

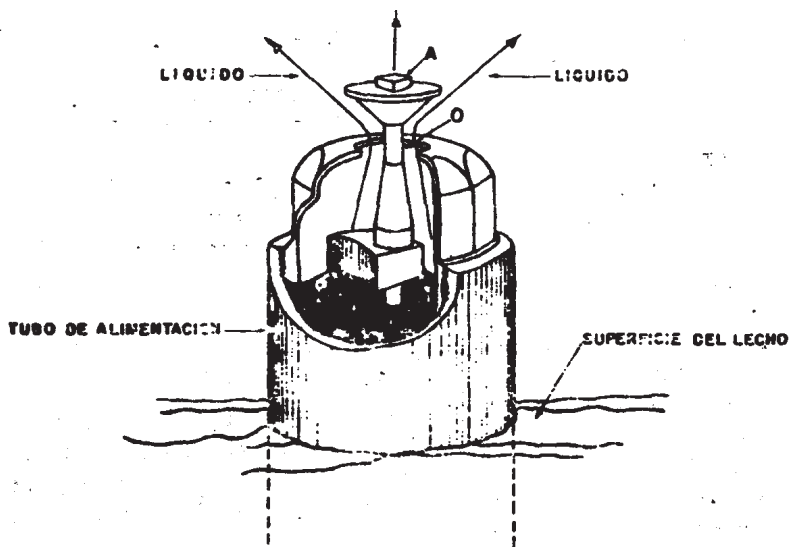
El Ingeniero proyectista dimensiona los elementos para que así ocurra.

Hay otra clase de regadores móviles, ya sea alrededor de un eje y provistos de brazos perforados que giran por obra del propio flujo o bien movidos a motor, ya sea recorriendo el lecho en el sentido de su largo.

Los del tipo rotativo exigen un lecho de superficie circular. Pueden ser alimentados por sifones o por bombas. Los de recorrido longitudinal exigen lechos rectangulares y se alimentan por medio de un canal y un sifón adosado al distribuidor.

Los conductos de distribución y los regadores deben operar perfectamente limpios, para asegurar la distribución tal cual ha sido proyectada. En general, cada uno de los conductos laterales que salen del tubo principal de distribución tiene su extremo provisto de un tapón que puede quitarse para producir una descarga rápida, limpiando así el tubo.

Los regadores fijos son frecuentemente contruidos de modo que la tapa A pueda desenroscarse y permitir la limpieza del orificio O con varillas o alambres apropiados. La figura es una perspectiva del regador tipo Worcester.



Acción y Operación del Filtro o Lecho, en sí

La verdadera depuración del líquido no se produce por la acción mecánica de filtración del líquido en los intersticios de la piedra sino por efecto del contacto con la película llena de microorganismos que la cubre. Esta película se forma luego de trabajar algún tiempo el lecho.

Un lecho percolador contiene piedra partida cuya profundidad está entre 1m.50 y 2m.50, normalmente. El área o superficie depende de la cantidad de líquido a tratar por día, así como de la carga orgánica asimilable de ese líquido. La piedra partida debe ser granítica, basáltica o proveniente de otra roca capaz de soportar un ensayo de durabilidad a la acción química con sulfato de sodio.

En la película que recubre las piedras viven una variada cantidad de micro y macroorganismos, cada uno de los cuales cumplirá su función de depuración siempre que las condiciones sean las apropiadas.

Son organismos aerobios y por tanto cualquier anormalidad que conduzca a la creación de condiciones anaeróbicas en el lecho creará condiciones de vida inapropiadas y un mal funcionamiento será el resultado.

Una de las causas de condiciones anaeróbicas es cuando la película, que debe ser fina, se hace muy gruesa.

Uno o varios de los siguientes métodos pueden ser usados para solucionar el inconveniente:

- a) Lavar con agua a presión, por medio de manguera, la superficie del filtro, aflojando simultáneamente la piedra con una varilla de hierro al tiempo que es aplicado el chorro.
- b) Rastrillar la superficie.
- c) Cada dos días, por períodos de cuatro horas, agregar cloro (o un sustituto) al afluente con el fin de obtener 5 gramos por metro cúbico de cloro residual en el afluente del filtro. Debe hacerse de noche.
- d) Inundar el filtro y dejarlo 24 horas en esa condición.
- e) Dejar inactivo el lecho por 24 horas, si ello puede hacerse y es conveniente.

Para efectuar cualquiera de estas operaciones es necesario recabar la aprobación del Ingeniero, previamente.

Las arenas o partículas desprendidas del filtro deben ser quitadas de los canales de recolección. La superficie del lecho debe estar completamente limpia, debiéndose retirar de ella cualquier basura, trapos, hojas, papeles, etc. Además es necesario controlar el desarrollo de la mosca del modo que se indica a continuación.

Control de la mosca

La mosca más común del lecho percolador, llamada *Psychoda alternata*, es pequeña, de color grisáceo, desarrollándose desde una larva hasta el estado adulto en tres semanas aproximadamente. Las medidas que se aconsejan tomar para reducir su número, son:

- a) Reducir el espesor de la película por los métodos anteriormente expresados. Especialmente se recomienda la inundación, repetida cada dos semanas.
- b) Uso de DDT en solución al 5% con queroseno, repetido cada seis semanas, a una dosis de aproximadamente 1 ppm. (1 miligramo por litro) durante dos días consecutivos.
- c) Uso de Gamexan o B.H.C. en las mismas condiciones.

Para aplicar cualquiera de estas medidas hay que previamente consultar al Ingeniero sobre la mejor forma de proceder.

Control de olores

Los olores están relacionados con el funcionamiento de toda la planta y para reducirlos hay que recurrir a medidas que están generalmente fuera del alcance del Operador de la Estación de Depuración.

Sedimentador secundario

Al ser puesta en operación una planta, frecuentemente es necesario evitar, durante cierto tiempo, el uso del Sedimentador Secundario, para que el polvo de la piedra del lecho no obstruya sus tuberías de remoción de barro.

Los tanques de sedimentación secundaria hacen decantar parte de la materia en suspensión del líquido efluente del lecho percolador.

Este barro es de características diferentes al barro obtenido en el tratamiento primario. Puede existir una exagerada evolución de la materia nitrogenada dando lugar a desprendimientos de nitrógeno, gas que perturbe la sedimentación y levante los barros.

Por eso es que hay que quitar los barros del sedimentador más a menudo que lo deseable cuando ello ocurre, principalmente en verano, llegándose a ser necesario extraerlo dos veces por semana.

El barro secundario puede ser mezclado con el barro primario o con el afluente de la planta, aunque esto puede provocar espumas y obstrucciones.

Generalmente se puede extender directamente sobre los lechos de secado sin mayores inconvenientes.

Aereación y cloración del efluente

Aunque ciertos Ingenieros proyectistas consideran más apropiado efectuar estructuras especialmente dedicadas al contacto de las soluciones cloradas con el líquido que proviene del Sedimentador Secundario, hay experiencia que indica que es muchas veces ventajoso clorar antes del sedimentador secundario.

Los propósitos de la cloración son:

- 1) Control de olores.
- 2) Separación de grasas y aceites.
- 3) Reducción de demanda bioquímica de oxígeno.
- 4) Desinfección del líquido cloacal.

Cabe aquí aclarar algo respecto al punto 3. La demanda bioquímica de oxígeno es la medida de la materia orgánica asimilable por los microorganismos aerobios. Para efectuar esa medida se usa el consumo de oxígeno que hacen los microorganismos al asimilar la materia orgánica de un volumen determinado de líquido. De modo pues que, con saber el oxígeno que existe al comienzo y medir el que existe al final de un plazo que se toma normalmente de cinco días, se determina la llamada demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.).

La temperatura se fija en 20° C, porque interviene variando los resultados. En realidad, el plazo debería ser de 20 días para que se obtuviera casi la demanda total, pero a los 5 días se obtiene una fracción (que es casi siempre constante) de la total y sirve como valor comparativo. No se hace en menos tiempo para que los microorganismos se desarrollen plenamente.

Aereación y cloración

La proliferación de algas y hongos en el curso receptor es una de las razones por las cuales se agregan compuestos clorados a un efluente. Sin embargo, la aplicación normal de la cloración se realiza porque el tratamiento debe ser en algunos casos completado para que el curso receptor sea capaz de recibir el efluente de la planta.

La aereación es un procedimiento final para mejorar, si cabe, el líquido que sale de la planta. Sólo podrán establecer su eficacia las condiciones locales y ciertas características del tratamiento previo. Generalmente consiste en escalones de caída libre, por los cuales el líquido toma contacto en forma de lámina con el oxígeno del aire. Deben ser usados como último eslabón en la cadena de unidades de tratamiento.

CAPÍTULO IV

Nociones sobre otras formas de tratamiento

El tratamiento primario en sus fases de sedimentación y digestión puede efectuarse en unidades separadas, en contraposición al tanque Imhoff donde dichos procesos se realizan en una misma estructura.

Dos razones principales pueden existir para ello.

- a) Un caudal muy grande de líquido a tratar.
- b) La necesidad de proveer, en países muy fríos, de temperatura y mezclas adecuadas para la digestión.

Dichas unidades son el Sedimentador simple y los digestores separados. El Sedimentador simple es un tanque de decantación común, provisto de medios para la recolección continua o periódica del barro depositado.

Ese barro se agrega, también continua o periódicamente, a un digestor separado, cuidando de mantener la relación de Rudolfs. Es frecuente que se utilice el gas producido (que tiene un relativamente alto poder calorífico) como combustible, para lo cual el digestor debe ser cerrado y con los dispositivos necesarios. Esto también puede hacerse en los tanques Imhoff. La mezcla y extracción de barros exigen una serie de elementos mecánicos especiales.

La sedimentación química se efectúa mediante el agregado de coagulantes al líquido cloacal. Pueden ser usados el cloruro férrico, el sulfato férrico, la cal, el sulfato de alúmina, por citar los más empleados. Se consigue así que algunas pequeñas partículas que normalmente no sedimentarían lo hagan, mediante la aglomeración que provoca el coagulante.

Son pues necesarios, además del tanque de sedimentación, los aparatos dosificadores.

En ciertos casos, los barros provenientes del tratamiento secundario o primario exigirán grandes extensiones de lechos de escurrimiento para su secado. En esos casos son empleados los filtros mecánicos que consisten en tambores rotativos perforados, cubiertos por una tela. Haciendo el vacío en el interior del tambor el barro que llega por un canal externo al tambor, queda adherido y pierde parte de su humedad a través de la tela. Luego dejando entrar aire cae el barro ya secado.

Los lechos filtrantes de arena intermitentes reciben, como su nombre lo indica, el líquido a tratar con intervalos que pueden llegar a varios días. De ahí la necesidad de que sean varias las unidades, porque los lechos necesitan reposo ya que el tratamiento es aerobio.

Consisten en un lecho de arena soportado por pedregullo, con drenaje inferior lo mismo que los lechos percoladores. El dosaje se hace por canaletas distribuidoras hasta que una cierta cantidad de líquido queda retenida por el lecho (usualmente 10 cm.).

Entonces se deja filtrar el líquido. Aquí sí la operación se basa en una efectiva filtración a través de una película que se forma en la superficie (llena de microorganismos) y que se debe retirar cada cierto tiempo para impedir condiciones anaeróbicas.

El proceso de barros activados es uno de los más eficientes pero costosos métodos de tratamiento secundario.

Se basa en la aglomeración de las partículas del líquido efluente del tratamiento primario por la acción de un barro de retorno proveniente del Sedimentador secundario y de una aereación artificial que provoca agitación. Todo esto se efectúa en tanques que se llaman aereadores y que preceden a los tanques de sedimentación final. La cantidad de barro de retorno, los diversos procedimientos de aereación, los problemas de tratamiento y operación son motivo de estudios que dependen de gran número de factores que se estima innecesario enumerar siquiera en estas breves notas.

Por último cabe mencionar que los lechos percoladores que hemos considerado son los llamados «Standard» o de baja velocidad de filtración. Existen también, como otra forma de tratamiento secundario, los lechos de alta velocidad en los cuales el líquido pasa a mayor caudal siendo para ello recirculado por medio de bombas. Varias ventajas e inconvenientes tienen estos lechos respecto a los «Standard» y en nuestro país no existe por el momento ninguna aplicación.

Se pueden aún citar otros tipos de tratamientos primarios o secundarios, pero puede afirmarse que un Operador que conozca sobre los métodos ya expuestos no tendrá mayor inconveniente, previa instrucción, de operar como con los descriptos anteriormente con cierto detalle.

CAPÍTULO V

Los ensayos de laboratorio en el estudio del proceso de depuración

Por lo que ha sido expuesto se comprenderá que es necesario poseer métodos de análisis para diversos parámetros cuya significación representa:

- a) Para el Operador y el Ingeniero: el conocimiento de la eficacia con que cumplen su función los diversos elementos de la planta así como las soluciones a emplear para los distintos problemas.
- b) Para el Ingeniero, como proyectista, los datos necesarios que le permitan modificar o ampliar las estructuras existentes o realizar nuevas si ello es requerido.
- c) Para la Institución, el acopio de datos con los cuales resolver los asuntos técnicos y legales que puedan presentarse.

Como es éste un manual para uso de Operadores, se limita la exposición de los métodos de análisis a aquellas manipulaciones que realizará el Encargado de planta o la persona que a ello se dedique en la Estación de Depuración.

Sin embargo cabe hacer notar que cualquiera sea el parámetro que se investigue, la composición de una muestra representativa es de fundamental importancia.

Ya se ha dicho que las características del líquido residual varían en un mismo día y aún de hora en hora. Es criterio formado, basado en investigaciones realizadas, que una muestra media, debe ser compuesta de partes extraídas de modo que representen las diferentes características variables.

Las muestras de afluente y efluente de cada unidad, serán extraídas de hora en hora y conservadas a 4° C para reducir las acciones de microorganismos ya que a esa temperatura son mínimas.

Las muestras deben ser proporcionales al caudal o sea que cada muestra horaria tendrá un volumen proporcional al volumen por segundo que está llegando en el momento de la extracción.

El caudal normalmente se mide por vertederos. La conservación de las muestras se hace rodeando de hielo los frascos o en un refrigerador. Cuando se extraigan muestras de canaletas deben evitarse las partículas grandes, y sumergir la boca del frasco ligeramente debajo de la profundidad media del líquido.

Manipulaciones de los diversos métodos de análisis

Ensayo de pH

Las muestras líquidas podrán ser sometidas al ensayo, generalmente sin dilución con agua destilada. Las muestras de barro deben ser diluidas con 9 veces su volumen de agua destilada, decantando, recogiendo el supernatante y haciendo las determinaciones en él.

El indicador más usado será el azul de bromotimol, que acusará pH desde 6.0 hasta 7.6. Los campos del rojo de clorofenol y del rojo de fenol son: 5.2 a 6.8 y 6.8 a 8.4, respectivamente.

La determinación se hace por comparación colorimétrica, colocando detrás de la muestra a analizar un tubo de agua destilada y delante del tubo comparador un tubo con agua idéntica a la que va a analizarse.

En 10 centímetros cúbicos de muestra hay que agregar 0.5 cm³ del indicador, mezclando mediante inversión del tubo, y luego comparar los colores con los de los tubos comparadores.

Si se posee un comparador especial, deben realizarse las operaciones tal cual las indiquen las instrucciones que acompañen al aparato; excepto en la preparación de la muestra la cual será como se ha expresado en lo que antecede.

Sedimentación en conos Imhoff

El cono Imhoff es un cono graduado, de 1 litro de capacidad. Se debe llenar con el líquido bien mezclado hasta la marca que señala el litro. Dejar sedimentar 45 minutos, agitar suavemente con varilla de vidrio las paredes interiores del cono, dejar sedimentar 15 minutos más y leer entonces los centímetros cúbicos sedimentados.

Oxígeno disuelto (O.D.)

Graves errores pueden cometerse en este ensayo si la muestra no se extrae bien o si el método elegido no es el apropiado.

Al extraer la muestra debe evitarse que queden en el frasco burbujas de aire. En las muestras de ríos o lagos es preferible un aparato especial.

El método de Winkler sólo puede ser usado en aguas relativamente puras. Depende de la formación de un compuesto llamado hidróxido manganoso que se combina rápidamente con el oxígeno de la muestra. Mediante la adición de ácido sulfúrico y un compuesto con yodo, este elemento (el yodo) es liberado en cantidad equivalente al oxígeno.

Sólo queda pues medir el yodo, lo cual se hace mediante la adición de hiposulfito de sodio.

El método en sí consiste en agregar a 250 c.c. de la muestra, 1 c.c. de la solución manganosa y 1 c.c. de la solución alcalina de yodo, debajo de la superficie del líquido y mezclar bien varias veces, por un período de 1 minuto. Agregar 1 c.c. de ácido sulfúrico concentrado y agitar otra vez, esperando hasta que el yodo liberado esté difundido en toda la muestra.

Agregar (con la bureta) entonces a 201.6 c.c. de la muestra, una solución de hiposulfito de sodio preparada hasta obtener un color pajizo. Echar 2 c.c. de solución de almidón y titular con el hiposulfito hasta que desaparece el color azul del almidón. El resultado en parte por millón de oxígeno (o sea miligramos por litro) es igual al número de c.c. de hiposulfito utilizados.

En el caso de efluentes de tratamiento secundario conviene emplear, debido a la interferencia de nitritos, la modificación de Alsterberg en el que se emplea una preparación de azuro de sodio mezclada con la solución alcalina de yodo. El resto del método es igual al de Winkler excepto que se agregan 1.5 c.c. de ácido sulfúrico en lugar de 1 c.c.

SI el Operador observa la presencia de hierro, cloro, materia en suspensión o residuos industriales, el método a seguir debe ser seleccionado por el Ingeniero ya que hay interferencias que falsean los resultados, en algunos de esos casos.

Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.)

Esta determinación es la medida del oxígeno requerido en p.p.m., para la estabilización de la materia orgánica asimilable por los microorganismos en proceso aeroleico, o sea en presencia de oxígeno.

La estabilización completa requiere más de 100 días a 20° C, lo cual haría impracticable el ensayo con fines prácticos. Se usa, por lo tanto, un período de incubación menor (en general 5 días) lo que es un porcentaje determinado del oxígeno total requerido en la estabilización completa.

De este modo, excepto en muestras de líquidos especiales, se puede obtener un resultado en un período de tiempo razonable. Conviene hacer notar que existe una variación importante si la temperatura de incubación no se mantiene constante, eligiéndose 20° C por conveniencia y a fines de comparación.

La prueba consiste entonces en medir el oxígeno disuelto en una muestra determinada, antes y después del período de incubación. Se determina así por diferencia el oxígeno consumido por la

acción de los microorganismos de la muestra lo cual es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica, asimilable por dichos microorganismos, en la muestra considerada.

Es esencial que, además, el agua de la muestra posea suficiente oxígeno disuelto para asegurar la acción aeroleica. En general, las muestras poseen insuficiente oxígeno para copar con la demanda, por lo que se efectúan diluciones.

Las diluciones se realizan con aguas especialmente preparadas, que poseen elementos químicos necesarios para asegurar el desarrollo bacteriano sin inconvenientes.

La técnica de dilución debe ser cuidadosamente seguida, ajustándose a las instrucciones que se impartirán al efecto, para evitar errores en la determinación.

Se incuban dos frascos, uno con la muestra diluida y otro con agua de dilución (como testigo), durante 5 días a 20° C. Se determina entonces el oxígeno disuelto de la muestra diluida y el testigo, usando el método citado anteriormente.

Entonces, si:

p = porcentaje de agua de dilución, expresado como decimal.

P = porcentaje de muestra, expresado como decimal.

$O.D.t$ = p.p.m. de oxígeno disuelto en el testigo.

$O.D._1$ = p.p.m. de oxígeno disuelto en la muestra diluida después de la incubación.

$O.D._2$ = p.p.m. de oxígeno disuelto de la muestra antes de diluir,

el oxígeno disuelto disponible en dilución será:

$$O.D.t \times p + O.D._2 \times P$$

y en consecuencia, la demanda bioquímica de oxígeno:

$$D.B.O. (p.p.m.) = (O.D.t \times p + O.D._2 \times P - O.D._1) 1 / P$$

En los casos en que las muestras procedan de desagües o cursos de agua que posean propiedades bactericidas será imprescindible sembrar el agua de dilución con microorganismos, así como ajustar las condiciones de la muestra para que sea posible el desarrollo de los mismos.

Estabilidad relativa

Un frasco de 150 c.c. con tapón de vidrio se llena totalmente del líquido. Por medio de una pipeta se echan 0.5 c.c. de solución de azul de metileno debajo de las superficies. El tapón se inserta de modo que no queden burbujas de aire. Entonces el frasco se deja a 20° C y se observa diariamente hasta que desaparece el color. El resultado se da en porcentaje de acuerdo a la tabla siguiente:

Tiempo requerido para decolorar a 20° C	Estabilidad relativa
días	%
1	21
2	37
3	50
4	60
5	68
6	75
7	80
8	84
9	87
10	90
12	94
14	96
16	97
18	98
20	99

Se considera que la estabilidad es satisfactoria cuando el tiempo requerido para decolorar es igual o superior a 10 días.

Interpretación de análisis

La función de una planta de depuración es tratar los residuos líquidos de una comunidad de modo que al verterlos en un curso de agua receptor provoquen el mínimo de inconvenientes. Algunos de esos inconvenientes son: ataque a la vida acuática, sustancias ofensivas a la vista y al olfato, problemas de depreciación y contaminación para usos diversos del agua del curso.

La vida acuática normal necesita oxígeno.

Cuando la D.B.O. excede al oxígeno disuelto y el curso receptor no se depura rápidamente, los peces y otros organismos pueden morir. Consideraciones análogas sobre otros inconvenientes anotados hacen ver que las determinaciones de O.D. y D.B.O. son de gran importancia en los ríos, arroyos y lagos.

Sobre la importancia del pH en la digestión y su control ya se ha hablado. Cabe agregar que un pH inferior a 7 o superior a 8 en el líquido afluente debe ser mirado con sospecha de que alguna conexión industrial no se ajusta a las limitaciones impuestas.

La eficacia de los tratamientos primarios y secundarios puede observarse en las reducciones operadas en la D.B.O. y la estabilidad relativa.

El Ingeniero dará al operador los datos sobre los límites que deben normalmente esperarse así como sobre los porcentajes de reducción que es lógico asumir en una correcta operación de cada unidad y de la planta como un todo.

Los sólidos sedimentables dan idea de la calidad de los líquidos y de las reducciones que efectúan los tanques de sedimentación, primarios o secundarios.

Como punto final conviene destacar que de nada vale que el Operador sea un profundo conocedor de la maniobra de las diversas unidades si no estudia, mediante la observación continuada de los hechos que se producen, la operación de la planta a su cargo.

Sólo así y mediante la colaboración del Ingeniero, las estructuras y dispositivos realizarán la función para la cual fueron construidos, la que, obvio es decirlo, constituye una de las más importantes para la higiene de cualquier comunidad.

Montevideo, junio de 1954.

V.º B.º:

Walter A. Castagnino
Ingeniero

O. Notaro Francesco
Ing. Jefe Sec. Explotación.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

Nuestros alcantarillados	4
El líquido cloacal	4
Nociones de biología del líquido cloacal	5
Las bacterias	5
Algas, Hongos y Protozoarios	5

CAPÍTULO II

Nociones de Hidráulica de Obras de Saneamiento	6
Medición del caudal	7
Motores y Bombas	8
a) Motores a nafta	8
b) Motores Diesel	8
c) Motores eléctricos	9
Órganos de transmisión	9
Bombas Centrífugas	10
Puesta en marcha de una bomba centrífuga	10
Detención de una bomba centrífuga	11
Bombas de diafragma	11
Bombas de aire comprimido	12

CAPÍTULO III

Generalidades sobre características y funcionamiento de las unidades de tratamiento primario	12
Rejas Interceptoras	12
Desarenadores y Separadores de Grasa	13
Desmenuzadores	13
Hornillos Crematorios	13
Tanques Imhoff	14
Esquema de Funcionamiento de un Tanque Imhoff	15
Digestión y descarga de barros	16
Condiciones para que se produzca la digestión	16
Caso especial	16
La descarga de barros	16
Características del barro digerido	17
Herramientas de uso en la operación de rejas y tanques Imhoff	17
Detalle de operaciones a seguir para la correcta atención de un Tanque Imhoff	17

I) Canaletas de Acceso y Salida	17
II) Cámaras de Sedimentación	18
III) Chimenea de Gases	18
IV) Remoción de Barro Digerido	19
V) Lecho de Secado	19
Sumario de Operaciones	20
Espumas	20
Generalidades sobre características y funcionamiento de las unidades de tratamiento secundario	
21	
Distribución del líquido	21
Acción y Operación del Filtro o Lecho, en sí	23
Control de la mosca	24
Control de olores	24
Sedimentador secundario	25
Aereación y cloración del efluente	25
Aereación y cloración	26

CAPÍTULO IV

Nociones sobre otras formas de tratamiento	26
--	----

CAPÍTULO V

Los ensayos de laboratorio en el estudio del proceso de depuración	27
Manipulaciones de los diversos métodos de análisis	28
Ensayo del pH	28
Sedimentación en conos Imhoff	28
Oxígeno disuelto (O.D.)	29
Demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.)	29
Estabilidad relativa	30
Interpretación de análisis	31