

**ESTABILIZACION CON CAL DE
LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS
DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES MUNICIPALES**

ESTABILIZACION DE LODOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

INTRODUCCION

Los métodos de tratamiento de aguas residuales nos conducen a separar la contaminación que contienen en forma de suspensión de materias sólidas produciéndose una gran cantidad de lodos residuales los cuales deben ser tratados para su estabilización ya que están constituidos mayormente por materias orgánicas con carácter fermentativo y pueden ser peligrosos debido a los gérmenes patógenos que contienen y sustancias tóxicas como metales pesados.

Los propósitos principales de la estabilización son :

Que el lodo no tenga malos olores

Que sea menos putrefactible

Reducir su contenido patógeno

Que sea aprovechable.

Algunos procedimientos empleados para obtener estos objetivos pueden resultar en otros cambios físicos en el lodo.

La selección de algún método determinado se basa principalmente en cual es el destino o disposición final del lodo.

Si el lodo va a ser deshidratado e incinerado, frecuentemente no se emplea ningún procedimiento de estabilización.

Existen diferentes métodos para lograr estabilización correcta en algunos de ellos como digestión aeróbica y anaeróbica se tiene como resultado una disminución substancial en la cantidad de sólidos suspendidos en el lodo,

La tendencia a utilización de procesos como digestión aeróbica y anaeróbica **así como tratamiento con cal** es el énfasis creciente en la utilización del lodo en lugar de la simple disposición de él y de estos el **tratamiento con cal** es el que mayor ventajas proporciona ya que nos da un mayor volumen de producto aprovechable además de proporcionarle a los terrenos ácidos la neutralización necesaria sin costo extra.

Otro proceso importante desde el punto de vista de la utilización de lodos es el composteo.

ADITIVOS PARA EL PROCESO DE COMPOSTEO

CAL.- Se considera que la cal modifica la velocidad de descomposición así como ocasiona una reducción en los malos olores. El incremento en la velocidad de descomposición ocurre porque la cal neutraliza ácidos orgánicos producidos en las primeras etapas de descomposición, estos ácidos pueden bajar el pH en la pila de composteo a un punto donde la actividad microbiana sea obstaculizada por lo que la adición de cal cuando el pH del composteo es ácido representa una ventaja.

DIGESTION ANAEROBICA.-

Es la degradación biológica de sustancias orgánicas complejas en ausencia de oxígeno libre. Durante estas reacciones se libera energía y mucha de la materia orgánica es convertida a metano, CO₂ y agua. Como resultado queda poco carbono y energía para sostener actividad biológica quedando estables los sólidos restantes.

Ventajas:

Produce Metano (fuente utilizable de energía)
Reduce la masa total de lodos (del 25 al 45 % son destruidos).
Inactiva sustancias patógenas

Desventajas:

Alto costo de capital, se requieren tanques cerrados de grandes capacidades con sistemas de alimentación, calentamiento y mezcla
Es susceptible a los cambios en el medio ambiente que afectan a los microorganismos.
Produce flujos adjuntos de alta demanda de oxígeno, lo que incrementa el costo del tratamiento.
Las bacterias productoras de metano crecen muy lentamente por lo que el material tiene que estar de 15 a 30 días para efectivamente estabilizar el lodo.

DIGESTION AEROBICA.-

Es la estabilizacion bioquímica por oxidación de los lodos del tratamiento de aguas residuales en tanques abiertos o cerrados que están separados del sistema de proceso liquido.

Ventajas:

Costos de capital menores que en los sistemas anaeróbicos para plantas de menos de 220 L/seg.

Son relativamente más sencillos de operar comparados con los sistemas anaeróbicos. Producen un sobrenadante bajo en demanda de oxígeno, solidos suspendidos y nitrógeno amoniacal.

Reduce el nivel de patógenos hasta un nivel bajo.

Desventajas:

Usualmente produce un lodo digerido con características mecánicas muy malas para el desagüado.

Tiene costos muy altos de energía para suministrar oxígeno aun en plantas muy chicas Su desempeño depende en gran parte de temperatura, localización y tipo de material del tanque.

ESTABILIZACION CON CAL.-

La estabilización con cal es un proceso muy simple.Sus principales ventajas sobre otros procesos de estabilización son su bajo costo y simplicidad de operación.

Durante el tratamiento con cal no ocurre ninguna reducción de materia orgánica y existen 2 efectos principales:

Primero : El lodo así estabilizado pierde muy fácilmente su humedad en equipos mecánicos (filtros,centrífugas) y se puede aplicar a la tierra con propósitos agrícolas o disponer de el en un relleno sanitario siendo muy fácil su manejo en esta forma. Unicamente es necesario prevenir que el pH no baje a menos de 11 ya que se reanuda la descomposición biológica produciendose malos olores.

Para eliminar este problema y reducir además el nivel de patógenos se requiere la adición de suficiente cal para elevar el pH a más de 12 durante por lo menos 2 horas.

Segundo : La cantidad de lodo del que debe disponerse aumenta por la adición de cal disponiéndose pues de mayor volumen de material estabilizado para su aplicación final.

APLICACIONES.-

La estabilización con cal puede ser también una excelente alternativa cuando:

Se necesita un respaldo para otros tipos de estabilización, ya que un sistema de estabilización con cal puede empezarse o detenerse rápidamente por lo que puede suplementar instalaciones de proceso ya existentes cuando el volumen de lodos excede los niveles de diseño o para reemplazar incineración cuando haya escasez de combustible o cuando se esté dando mantenimiento a ese equipo.

TEORIA DEL PROCESO.-

La adición de cal al lodo reduce olores y nivel de patógenos al crear un pH alto que es hostil a la actividad biológica. Los gases que se desprenden durante la descomposición anaeróbica de la materia orgánica contienen nitrógeno y azufre y son la fuente principal de malos olores del lodo. Cuando se añade la cal los microorganismos que intervienen en la descomposición son fuertemente inhibidos o destruidos en ese medio fuertemente alcalino, una cosa similar le ocurre a los patógenos.

La alta dosificación de cal también afecta las características físicas y químicas del lodo. Aunque las complejas reacciones químicas entre la cal y el lodo no están completamente entendidas se supone que ocurren reacciones relativamente suaves como partición de moléculas complejas por hidrólisis, saponificación y neutralización. Estas reacciones al disminuir el contenido de nitrógeno que es un limitante para la dosificación en que el lodo puede aplicarse a los terrenos, permite una mayor cantidad de lodo por unidad de superficie, al mismo tiempo mejora su capacidad de perder humedad y el carácter de los fluidos de líquido secundarios.

CRITERIOS DE DISEÑO.-

Se deben de considerar tres parámetros fundamentales : pH, tiempo de contacto y dosificación de cal y aunque se pueden emplear resultados de experiencias anteriores es conveniente, debido a la complejidad de las interacciones químicas que aparentemente ocurren en el tratamiento del lodo con cal el que se efectúen pruebas de laboratorio y piloto previamente al diseño de una operación a escala mayor.

pH y tiempo de contacto.-

El objetivo de diseño es el mantener el pH por arriba de 12 por un tiempo de por lo menos 2 horas para asegurarse de la destrucción de patógenos y proporcionar la suficiente alcalinidad residual para que el pH no descienda a menos de 11 por algunos días permitiendo de este modo el tiempo suficiente para almacenamiento o disposición del lodo estabilizado.

Por lo tanto las recomendaciones son :

Tratar el lodo en el estado líquido.(antes de filtración)

Llevar el lodo a un pH 12.5 y mantenerlo arriba de 12.5 por 30 minutos, lo cual conserva el pH > 12 por dos horas.

DOSIFICACION DE CAL.-

La cantidad de cal necesaria para estabilizar el lodo está determinada por el tipo del mismo, su composición química y la concentración de sólidos. En forma general se puede decir que el rango va desde 6 al 51 % basado en contenido de sólidos y así vemos que los lodos primarios son los que menor cantidad de cal requieren y los lodos activados los que mayor cantidad emplean.

REQUERIMIENTO DE CAL PARA pH 12 POR 30 MINUTOS.-

TIPO DE LODOS	SOLIDOS CONCENTRACION %		DOSIFICACION DE CAL Lb Ca(OH) ₂ / Lb de sólidos secos		pH PROMEDIO	
	RANGO	PROMEDIO	RANGO	PROMEDIO	INICIAL	FINAL
Lodo primario	3-6	4.3	.6-.17	.12	6.7	12.7
Activado	1-1.5	1.3	.21-.43	.30	7.1	12.6
Anaerobico Digerido	6-7	5.5	.14-.25	.19	7.2	12.4
Fosa Séptica	1-4.5	2.7	.09-.51	.20	7.3	12.7

DOSIS DE CAL REQUERIDA PARA MANTENER pH ARRIBA DE 11 POR LO MENOS 14 DIAS

TIPO DE LODO	DOSIFICACION DE CAL
	Lb de Ca(OH) ₂ /Lb de sólidos en suspensión
PRIMARIO	10 - 15
ACTIVADO	30 - 50
F.SEPTICA	10 - 30
ALUMBRE	40 - 60
ALUMBRE*PRIMARIO	25 - 40
HIERRO	35 - 60

NOTA: Las dos tablas corresponden a estudios realizados en Lebanon (Ohio) y se mencionan a titulo indicativo siendo necesario realizar pruebas en cada caso específico que se presente en la practica.

DISEÑO DEL PROCESO.-

Nos referiremos únicamente al empleo de Hidróxido de Calcio en el lodo antes de filtrarse, si bien el empleo de CaO (cal viva) en los lodos una vez filtrados es también un procedimiento moderno con ventajas y desventajas con el que vamos a describir .

Un proceso de estabilización con cal se divide inicialmente en dos operaciones ;: manejo de la cal y mezclado con el lodo. El manejo de la cal comprende instalaciones para recibir, almacenar, transportar, alimentar y puesta en suspensión de la cal. La operación de mezclado consiste en un tanque contenedor en el que se pueda mezclar.

La cal es el producto químico principal y de más bajo costo empleado en el tratamiento de aguas, las dos formas comerciales disponibles son Cal viva (Cal viva, CaO) y cal hidratada, (apagada, Hidróxido de cal, Ca(OH)₂). Es un material cáustico, y puede causar lesiones a los tejidos particularmente a los ojos. El equipo debe de diseñarse teniendo en mente un manejo seguro con lava ojos y duchas de seguridad así como procedimientos de operación que detallen el uso de métodos correctos de manejo y equipo de protección (ropa, guantes, careta, mascarillas,etc.).

El "apagado" de la cal puede hacerse directamente por el cliente, pero lo más usual es que lo realice el propio fabricante del producto y entregue al usuario el Hidróxido de Calcio "Cal apagada".

La decisión de comprar cal viva o apagada es una decisión influenciada por diversos factores como son tamaño de la planta, costo de material y necesidades de almacenamiento. Por regla general cuando el uso de la cal es más de 3 o 4 tons diarias se debe de considerar el uso de cal viva por su mayor economía.

ENTREGA Y ALMACENAMIENTO DE CAL.-

La cal se puede manejar bien sea en bolsas o a granel. Generalmente en volúmenes menores a 1 tonelada diaria se maneja en bolsas ya que a esta escala su almacenamiento y manejo es relativamente sencillo. A medida que aumenta la escala de operación se hace más eficiente y económico su manejo a granel con entregas grandes, conducción por medios mecánicos o neumáticos y almacenamiento en tolvas o silos bien cerrados para evitar carbonatación, fenómeno que es más usual en la cal viva que en la cal hidratada.

La cal hidratada puede ser almacenada en condiciones secas apropiadas hasta por un período de un año sin serios problemas, mientras que la cal viva en bolsas multicapas a prueba de agua no se debe de tener por más de tres meses.. La cal en polvo tanto hidratada como viva tiene tendencia a formar cavidades a la hora de descargarse por lo que requiere de algún tipo de agitación mecánica o de aire para asegurar un flujo adecuado de las tolvas de almacenamiento.

ALIMENTACION DE CAL.-

La cal casi siempre es alimentada al contenedor en donde se va a efectuar la mezcla en forma de lechada, esto facilita el mismo transporte y aumenta la dispersión de la cal y su efectividad de reacción. La exacta serie de pasos a seguir varía de acuerdo con diversos factores como son el tamaño de la operación, el tipo de cal que se emplea y el método de almacenamiento. En forma esquemática podemos considerar:

ALIMENTACION DE CAL HIDRATADA.-

En las plantas pequeñas de tratamiento en donde se emplea la cal en bolsas, simplemente se mezcla el material con agua en un tanque y se añade al tanque de mezclado en la medida requerida, bien sea de una sola vez o dosificándola, esto se hace con una lechada que puede ir de un 6 a un 18 % de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en peso según la preferencia del operador.

En plantas de mayor tamaño, en donde la cal hidratada está almacenada a granel es apropiado un sistema más automatizado de alimentación y mezcla. Se emplea un alimentador de la cal en seco a un tanque de dilución para suministrar continuamente una cantidad medida al mismo. Este alimentador usualmente está colocado debajo de la tolva almacén para minimizar el transporte de cal en seco.

Una vez preparada la lechada esta se transfiere al contenedor de mezcla. Esta operación de transferencia es la que mayores problemas puede ocasionar en todo el proceso ya que la lechada de cal reacciona con el CO_2 atmosférico o los carbonatos del agua de dilución para producir depósitos de CaCO_3 , que con el tiempo pueden llegar a taponar las tuberías, por lo tanto las instalaciones de alimentación a la mezcla deben de estar lo más próximas posibles a los contenedores en donde se va a efectuar esta, asimismo debe de evitarse, en lo posible, el bombeo de lechada de cal y emplear la gravedad situándolas en un nivel más alto.

ALIMENTACION Y "APAGADO" DE CAL VIVA.-

La alimentación es similar a la de la cal hidratada, pero previamente debe de llevarse a efecto el "apagado" de la cal simplemente mezclando en lotes una parte de cal viva con dos o tres partes de agua en un recipiente de acero movido con un agitador y ajustando las proporciones de forma de mantener la reacción de la masa a cerca de 200°F (93°C). La pasta resultante debe de dejarse reposar unos 30 minutos para hidratación completa.

Esta operación de apagado si se efectúa manualmente tiene un alto potencial de riesgo ya que una mala distribución del agua puede ocasionar ebullición y salpicaduras por lo que es necesario el equipo de protección. Existen máquinas automáticas para una operación continua de apagado.

Diseño del tanque de mezclado.-

El tanque debe de ser capaz de mezclar los lodos con la lechada de cal y contener esta mezcla durante un período de tiempo de por lo menos 30 minutos en el caso del trabajo en lotes y en el caso de mezcla continua debe de estar calculado de modo que el tiempo de residencia del lodo una vez incorporada la cal o sea con un pH mayor de 12.5, sea de por lo menos 30 minutos con el fin de asegurar la destrucción de los patógenos.

La forma más común de operación de estos sistemas es por lote estas operaciones son muy sencillas.

MEZCLADO.-

La mezcla cal/lodo puede efectuarse con mezcladores mecánicos o con aire difuso, la agitación debe de ser suficiente para mantener los sólidos en suspensión y distribuir la lechada de cal uniforme y rápidamente. Los dos métodos tienen ventajas y desventajas de operación como son la facilidad de atascarse con algún objeto o el desprendimiento de amoníaco que deben ser consideradas antes de aplicar uno u otro.

Desinfección Química.-

Varios de los productos químicos empleados en la estabilización de lodos, incluyendo la cal y el cloro, también reducen el número de organismos patógenos en el lodo.

Como ejemplo podemos citar la evaluación efectuada en Lebanon (Ohio) en donde dos lodos primarios uno con sulfato de aluminio y el otro con cloruro férrico se trataron con cal a pH de 11.5 y se colocaron en lechos de secado. Después de un mes ni la Salmonella sp. ni Pseudomonas aeruginosa se podían detectar. No se han efectuado muchos reportes de estudios sobre virus en lodos tratados con cal, pero a un pH mayor de 11.5 los virus conocidos quedan inactivos.

Se ha despertado un interés creciente en el efecto de pH altos en los VIRUS, ya que el cloro tiene muchas limitaciones en la eliminación de los mismos, por lo tanto el tratamiento altamente alcalino con cal puede ser un complemento valioso en la protección al público contra enfermedades. La Cal causa un efecto devastador en el poliovirus I, un ejemplo de esto está en las investigaciones de Berg utilizando floculación con cal y filtración con arena.

Tratamiento con cal

pH	Virus restante pfu/L *	% de Virus removido
9.27	336	99.0
10.13	685	98.7
10.88	1.7	99.995
11.10	5.1	99.98
11.2	1.4	99.997

* Concentración de virus expresada en unidades formadoras de placas por volumen.
La concentración inicial de virus era de 33,000 a 50,000 pfu/l

ESTABILIZACION DE LODOS CON CAL VIVA.-

Habiendo dado un ejemplo de diseño de una instalación para tratamiento de lodos con Hidróxido de Calcio (Cal apagada, Ca(OH)_2) nos referiremos brevemente al método de tratamiento de los lodos resultantes de la deshidratación mecánica (filtro de banda, centrífuga, etc) con Cal viva (CaO) directamente efectuando la adición de cal en mezcladoras que pueden ser de diversos tipos esto provoca al principio la extinción de la cal, que se traduce en una absorción de agua y emanación de calor y de esta manera se obtiene :

- Un aumento de la sequedad.
- La destrucción de los gérmenes patógenos y parásitos.
- La supresión de olores.
- Insolubilización de metales pesados.
- Mejoramiento de la estructura : Producto seco, granuloso, fácilmente manejable y almacenable.

Las dosificaciones utilizada varían según el tipo de lodo entre 50 y 200 kgs de cal viva por tonelada de lodo deshidratado.

Generalmente más económico que otros métodos (elaboración de composta o secado térmico), el tratamiento con cal viva constituye un medio eficaz y seguro para lograr una eliminación final de los lodos, evitando así riesgos y daños ambientales.

Los lodos estabilizados de esta manera pueden ser :

- Utilizados para la agricultura. El fuerte contenido en cal hace de él un abono cálcico de calidad para suelos ácidos, que contiene además materias orgánicas y elementos fertilizantes.
- Descargados con toda seguridad. Su estabilización higienización e insolubilización de metales pesados suprimen los riesgos de contaminar el medio ambiente.

ESPECIFICACIONES PARA MEZCLADORES MECANICOS DE LODOS/CAL.-

TAMAÑO KGS	TANQUE DIAMETRO PIES	MOTOR HP	VELOCIDAD FLECHA RPM	DIAMETRO PIES	TURBINA
5,000	9.5	7.5	125	2.7	
	5.0	84	3.2		
	3.0	56	3.6		
15,000	13.7	20.0	100	3.7	
	15.0	68	4.4		
	10.0	45	5.3		
	7.5	37	5.6		
30,000	17.2	40.0	84	4.8	
	30.0	68	5.1		
	25.0	56	5.5		
	20.0	37	6.8		
75,000	23.4	100.0	100	5.2	
	75.0	68	6.2		
	60.0	56	6.6		
	50.0	45	7.3		
100,000	25.7	125.0	84	6.0	
	100.0	68	6.5		
	75.0	45	7.8		

EJEMPLO DE DISEÑO.-

Se ilustra el arreglo en planta y el dimensionamiento de los principales componentes en un sistema de estabilización con cal. Para este ejemplo se asume que la planta de tratamiento tiene una capacidad de aproximadamente 8 MGD (350 l/s) y proporciona tratamiento secundario de un agua residual municipal típica de una ciudad pequeña.

Se va a estabilizar una mezcla de lodo primario y lodo activado espesado, después se removerá agua mecánicamente y por último se dispersará en la tierra.

Carga de diseño.- Se estima para dos condiciones de flujo, promedio y pico:

PARAMETRO	PROMEDIO	PICO DIARIO
PROD.LODO(LB SOLIDOS SECOS/DIA)		
Lodo Primario	10,000	15,000
Lodo activado	5,000	7,500
CONCENTRACION SOLIDOS %		
Lodo Primario	5.0	4.0
Lodo activado	4.0	3.5
VOLUMEN LODOS PIES ³ / DIA		
Lodo Primario	3,200	6,010
Lodo activado	2,000	3,430

Descripción del Sistema.-

El diseño conceptual para el sistema de estabilización con cal se presenta en la figura. Antes de comenzar la estabilización todo el lodo se pasa a través de un triturador colocado en la línea. Este acondicionamiento mejora el mezclado del lodo y sus características de flujo, protege los equipos como bombas y filtros al eliminar trapos, plásticos, etc que no se hayan detectado.

Se tienen dos tanques de mezclado, cada uno con capacidad para tratar el lodo total producido en un turno de 8 horas en condiciones pico.

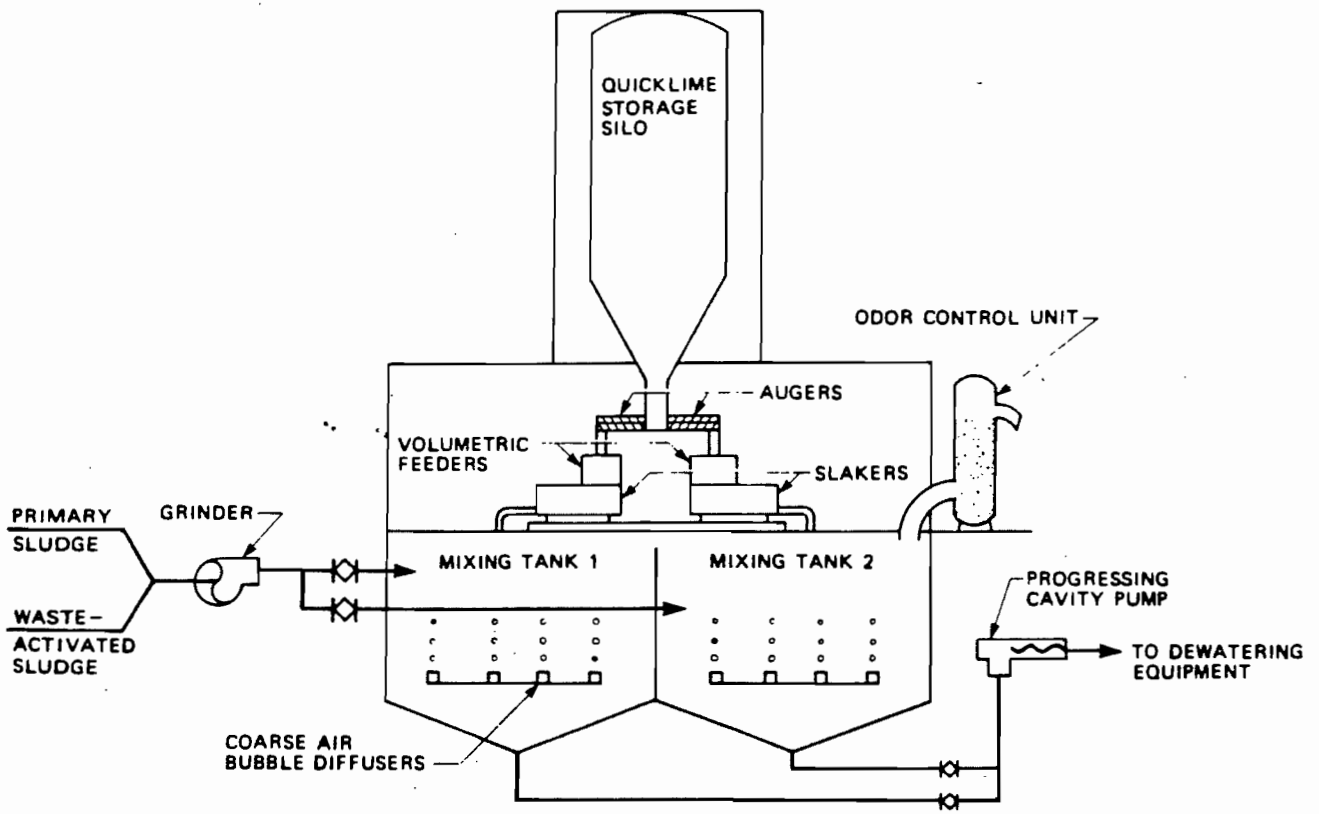


FIGURE 6-47

Mientras un tanque se está llenando, el lodo en el otro se está tratando con cal, mezclado por 30 minutos y descargado al equipo removedor de agua (filtro, centrífuga). Puesto que están diseñados para condiciones pico, pueden proporcionar almacenamiento temporal por cierto tiempo para lodo tratado durante períodos de poca carga.

El diseño de una planta debe de considerar los tiempos de operación para remover agua y disposición de lodos.

En este ejemplo se asume que el filtrado se opera continuamente y por lo tanto solo se requiere un almacenamiento mínimo en la línea. Sin embargo si el equipo de filtrado solo se opera durante dos turnos y se le da mantenimiento durante el tercero, se requerirán por lo menos 8 horas de almacenamiento.

Se utiliza aire inyectado al sistema a través de difusores para efectuar la mezcla de lodos y lechada de cal. El mezclado con aire se inicia cuando el lodo se añade al tanque para evitar que se vuelva séptico y produzca olores. Cuando el tanque está lleno se añade la cal y se continúa el mezclado por lo menos durante 30 minutos adicionales.

Para reducir olores, los tanques de mezclado son cerrados y los gases que emanan del lodo durante el mezclado son removidos en una unidad de control de olor que es un scrubber empacado y con una solución de ácido sulfúrico diluido la cual absorbe al amoníaco emanado. Este equipo está construido de material antiácido.

En esta instalación se utiliza CaO. Un silo de almacenamiento con capacidad para 30 días suministra la cal a dos alimentadores volumétricos, cada uno de estos mide el CaO a un "apagador" de cal en donde esta se hidrata, se hace la lechada y se descarga al tanque de mezclado, la dosificación de cal debe de ser suficiente para mantener el lodo a un pH mayor de 12.5 durante 30 minutos.

En forma semejante se podría emplear el Hidróxido de Calcio directamente, eliminandose la necesidad de llevar a cabo la operación de apagado y solamente se prepararía la lechada de cal la cual se descargaría al tanque de mezclado.

Dimensiones de los equipos.-

Criterio :
Condiciones

Requerimiento de volumen (V)

De acuerdo con la producción pico de lodos señalada en la tabla:

$$V = \frac{8 \text{ hrtanque}}{24 \text{ hr/día}} (6010 \text{ pies}^3 / \text{ día} + 3430 \text{ pies}^3 / \text{ día})$$
$$= 3150 \text{ pies}^3 / \text{ día} (\text{tanque de } 89 \text{ m}^3)$$

Area de superficie del tanque (A)
Asumiendo 10 pies de profundidad de líquido

$$A = \frac{3150 \text{ pies}^3}{10 \text{ pies}} = 315 \text{ pies}^2 (39.3 \text{ m}^2)$$

Dimensiones del tanque
Asumiendo 2 pies libres

$$18 \text{ pies} \times 18 \text{ pies} \times 12 \text{ pies} = 5.4 \text{ m} \times 5.4 \text{ m} \times 3.7 \text{ m}$$

Sistema de mezclado por Aire
Criterio: 30 cfm/1000 pies³

Capacidad del soplador (Q)
(Un soplador por tanque)

$$Q = \frac{(3150 \text{ pies cubicos})}{\text{Tanque}} (30 \text{ cfm}/1000 \text{ pies}^3)$$
$$= \text{Soplador de } 95 \text{ cfm}$$
$$= \text{Soplador } 2.6 \text{ m}^3/\text{minuto}$$

Almacenamiento de Cal

Criterio:
Almacenaje de 30 días durante carga promedio.

Características del CaO:

Pureza: 90 % Cao

Densidad: 55 lb/pie³

Dosificación de Cal :

Lodo Primario : 12 % de Ca(OH)_2 sobre contenido de sólidos

Lodo Activado : 30 % de " " " " "

Requerimiento diario promedio de Cal (W)

Expresado como Hidróxido de Cal

$$\begin{aligned} W \text{ Ca(OH)}_2 &= (10,000 \text{ lb/día}) \left[\frac{.12 \text{ lb}}{\text{lb}} \right] + (5,000 \text{ lb/día}) \left[\frac{.30 \text{ lb}}{\text{lb}} \right] \\ &= 2,700 \text{ lb Ca (OH)}_2/\text{día} \\ &= 1,030 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

Expresado como Cal viva comprada (90 % pureza)

$$\begin{aligned} W\text{CaO} &= (2,700 \text{ lb Ca(OH)}_2 \text{ día}) \left[\frac{56 \text{ lb CaO/Mol}}{74 \text{ lb Ca(OH)}_2 \text{ /Mol}} \right] \left[\frac{100}{90} \right] \\ &= 2,270 \text{ lb CaO/día} \\ &= 1,030 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

Requerimiento de almacen (Vs)

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{2,270 \text{ lb/día}}{55 \text{ lb/pie}^3} (30 \text{ días}) \\ &= 1240 \text{ pies cúbicos} \\ &= 35 \text{ metros cúbicos} \end{aligned}$$

Slaker (apagador de Cal)

Criterio

Capacidad para poder dosificar un lote en 15 minutos

Capacidad del Slaker

$$\begin{aligned} C &= \frac{2,270 \text{ lb CaO/día}}{3 \text{ lotes/día}} \frac{1 \text{ lote}}{15 \text{ min}} \\ &= 50 \text{ lb/CaO/min} \\ &= 23 \text{ kg/min} \end{aligned}$$