

12 de septiembre de 2013

De:  
General Environmental Science Corp  
26000 Richmond Rd  
Cleveland, OH, 44146



y de


TLC Products  
15752 Industrial Parkway  
Cleveland, OH 44135



Por favor tenga en cuenta que John M. Wong, el infrascrito y quien preparó estos documentos, es Director tanto de General Environmental Science Corp (GES) como de TLC Products (TLC).

John M. Wong hace constar que este paquete de 15 páginas, incluida la portada, es una copia completa y exacta de las evaluaciones técnicas de nuestros productos para el tratamiento de aguas residuales, mostrando el desempeño superior de nuestros productos y escrita por autoridades de las mismas plantas de tratamiento de aguas residuales. Estos documentos muestran claramente la superioridad de nuestros productos que se venden en México a través del distribuidor exclusivo o GES y TLC en México:

Distribuidor exclusivo en México de GES y TLC:  
GES & TLC Biotecnología Aplicada, S.A. de C.V.  
RFC: GAT121025DJA, Del. Miguel Hidalgo  
Paseo de las Palmas 765-401  
Lomas Barrilaco Sección Vertientes  
México, D.F. 11010

Declarado hoy, 12 de septiembre de 2013, por John M. Wong, Director tanto de GES como de TLC.

  
\_\_\_\_\_

  

 ROSE A. PONGONIS  
 Notary Public - State of Ohio  
 My Commission Expires July 27, 2016

John M. Wong, Director  
General Environmental Science Corp  
TLC Products

ROSE A. PONGONIS, Notaria Pública, Estado de Ohio

<b>General Environmental Science Corp.</b>	<b>26000 Richmond Road</b>	<b>Cleveland, OH 44146</b>	<b>U.S.A</b>
Tel: 216-464-0680	Fax: 216-464-2720	Ventas: gescollmo@earthlink.net	Técnico: johnwong.ges@live.com
<b>TLC Products</b>	<b>15752 Industrial Parkway</b>	<b>Cleveland, OH 44135</b>	<b>U.S.A. www.tlc-products.com</b>
Tel: 216-472-3030	Fax: 216-472-3031	Ventas: sales@tlc-products.com	Técnico: johnmwong@tlc-products.com

# **Presentación en la Asociación de Control de Polución del Agua de Illinois**

**PITTSBURGH, PA (180 MGD)**

## **ESTUDIO DE CASO:**

"Evaluación a gran escala de LLMO  
(Microorganismos Líquidos Vivos) en  
planta piloto para reducir la producción de  
lodo"

## **Autor y presentador:**

Mike Flamang,  
Jefe de Ingeniería,  
Autoridad Sanitaria del Condado  
Alleghany

## Introducción

Esta prueba se realizó en la planta que opera la Autoridad Sanitaria del Condado Allegheny (ALCOSAN, por sus siglas en inglés). Dicha planta sirve a Pittsburgh, Pennsylvania y sus suburbios colindantes. La población que se sirve es de 1,700,000 y el flujo promedio diario es 180 millones de galones.

Hay dos formas de deshacerse del lodo que se produce en la planta de tratamiento. Se incinera o se entierra en basureros comerciales. La planta cuenta con un moderno incinerador y una unidad de respaldo de modelo anterior. El nuevo incinerador se opera con un rendimiento continuo de 60 toneladas secas al día. El incinerador de respaldo solo se usa en emergencias. Todo el lodo que exceda la capacidad del incinerador se acarrear al basurero.

Los costos del basurero son extremadamente caros y conforme hay menos basureros disponibles, los costos para deshacerse de este lodo continuarán aumentando. ALCOSAN emprendió este proyecto de reducción de lodo usando LLMO para determinar si la bioaumentación podría reducir la producción de lodo y por lo tanto, reducir el uso y los pagos de los basureros.

General Environmental Science, una empresa de biotecnología con matriz en Cleveland, Ohio desde 1974, sugirió el uso de su sistema patentado para la reducción de lodo LLMO-S-1 en las instalaciones de ALCOSAN. Las autoridades de ALCOSAN estaban particularmente preocupadas con que una reducción de lodo de 10% a 25 % se pudiera observar. Para asegurar que dicha reducción de lodo se pudiera medir y atribuir apropiadamente al uso de LLMO-S-1, se diseñó el siguiente estudio de tres fases:

### Diseño del Proyecto de Reducción de Lodo de ALCOSAN

- Fase 1 – Tratamiento de 1/2 de la planta húmeda (secundaria este) por cuatro meses
- Fase 2 – Tratamiento de la otra mitad de la planta húmeda (secundaria oeste) por cuatro meses
- Fase 3 – Estudio de la planta piloto (prueba vs. control) para confirmar los resultados de la reducción de lodo en las partes secundaria este y oeste

## Teoría

### A. Producción de lodo

La producción de lodo se define generalmente como la cantidad de lodo producida por libra de sustrato removido. El lodo usualmente se da como las libras de los sólidos totales suspendidos, mientras el sustrato se da en libras de DBO. La fórmula de la producción de lodo puede derivarse realizando un balance de masa alrededor del sistema activo de lodo. Usando el total de sólidos suspendidos (TSS) como base, el balance de masa general se usa para calcular la producción de lodo, como se presenta en la ecuación 1:

ECUACIÓN 1:  $(Y_B) \text{ Prod. de biogeneración} = \text{Toneladas de lodo producidas} / \text{Toneladas de DBO Removidas}$

$$((WAS + \text{Sec SS} - \text{Prim SS}) \pm \text{Cambio de Inventario}) / (\text{Prim DBO} - \text{Sec DBO})$$

- WAS = Lodos activados
- Prim SS = Efluentes con sólidos suspendidos primarios
- Sec SS = Efluentes con sólidos suspendidos secundarios
- Cambio de inventario = Cambio en libras de Sólidos Suspendidos en el Tanque de Aireación desde el principio hasta el final del periodo de evaluación
- Prim DBO = DBO en efluentes primarios
- Sec DBO = DBO en efluentes secundarios

Para usar la ecuación 4 para calcular la producción de la planta, el total de libras mensuales de WAS, TSS (entrada y salida), DBO (entrada y salida) y el inventario de sólidos (final menos inicial) pueden usarse. Se pueden usar los totales mensuales con el tiempo para compilar un punto de referencia histórico de producción de lodo, calculando una producción específica ( $Y_B$ ) para cada mes como se deseé.

### **B. Factores que tienen un efecto en la producción de lodo**

Varios factores que afectan la producción de lodo están bajo el control de los operadores de la planta. El operador puede incrementar la tasa de decaimiento endógeno incrementando el oxígeno disuelto, o limitando el suministro de alimento (añadiendo floculantes a los primarios, por ejemplo). También, el operador puede mantener una edad más elevada del lodo y esperar una disminución en la producción.

Mientras en teoría el operador puede controlar la población relativa de formas de vida más elevada (ciliados con tallo y que nadan, amoebea, etc.), tiene poco control sobre la población de bacterias. La producción de lodo disminuirá conforme el índice de solubilización de orgánicos particulados y coloidales incrementa. El índice de solubilización depende en gran manera de la concentración de enzima hidrolítica que produce bacteria. Y la concentración de estos tipos de bacteria puede variar con el tiempo de menos de 100,000/cc hasta 2 millones/cc en licor mezclado. Una variación considerable en la producción debe acompañar dichas poblaciones cambiantes.

Las cepas bacterianas en el producto patentado, LLMO-S-1, producto principal de GES para la reducción de lodo, se han seleccionado y cultivado para incrementar la capacidad de enzima hidrolítica de una típica y convencional planta de lodo activada de 5% a 50%. El consiguiente incremento del índice de solubilización puede ocasionar la reducción en la producción de lodo activado en un 25% o más.

### **C. Otros efectos del incremento de la capacidad de la enzima hidrolítica**

La absorción de nutrientes por la bacteria es limitada por el tamaño real del poro de la pared celular bacteriana. Los nutrientes con peso molecular en exceso de varios miles no pueden pasar a través de la pared celular. Por lo tanto, un factor que limita la población bacteriana total es la cantidad de alimento simple, de bajo peso molecular disponible en el efluente primario. Los experimentos diarios realizados por GES en muchas PTARs muestran que típicamente, solo de 5% a 10% de COD en el efluente primario es de peso molecular menor que 1000 gramos/gramo-mol. Ya que la fuente directa de alimento bacteriano es solo 5% -10 % del COD disponible, la concentración bacteriana en el licor mezclado de la mayoría de PTARs municipales es bastante baja, en el rango de una a diez millones de células por CC.

Incrementar la actividad de la enzima hidrolítica del MLSS solubilizará partículas y coloides, incrementando así el alimento bacteriano directo disponible. Cuando LLMO-S-1 se usa para reducir la producción, las concentraciones bacterianas generalmente se incrementan al doble o al triple sobre los niveles típicos. La población bacteriana más elevada puede producir beneficios adicionales como una mejor remoción de DBO.

## **Configuración de toda la planta ALCOSAN**

La PTAR ALCOSAN proporciona tratamiento de aguas residuales para la Autoridad Sanitaria del Condado Allegheny, sirviendo al área metropolitana de Pittsburgh. La Figura 1 (siguiente página) es un esquema del sistema de tratamiento. El sistema de aguas residuales combinado entrega un flujo promedio de 180 MGD.

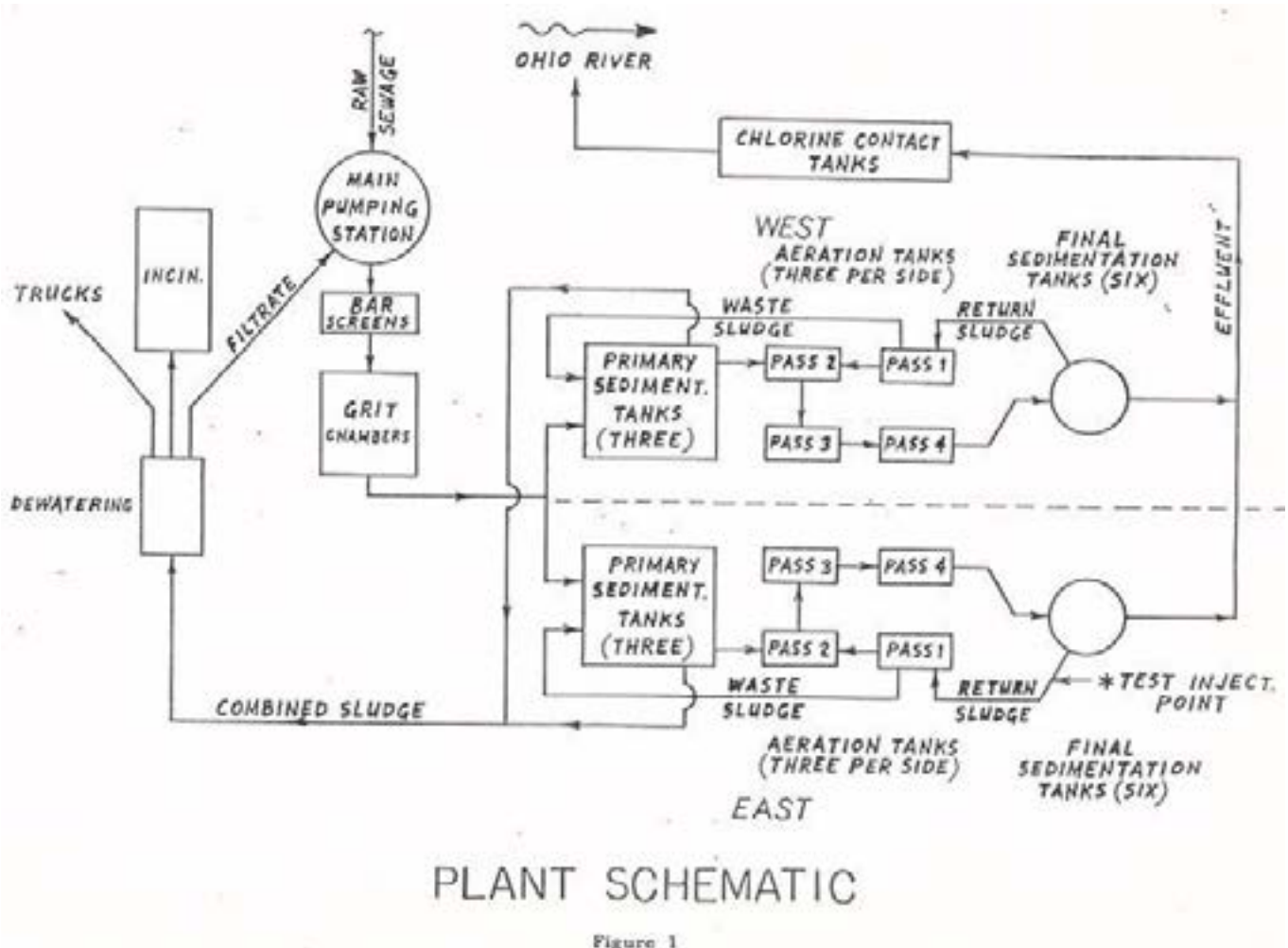


Figure 1.

Inicialmente, los residuos se filtran, se quita la arena y se asienta con WAS en uno de los seis tanques de sedimentación primaria.

El tratamiento secundario empieza con un sistema de aireación de cuatro canales. El canal 1 recibe el RAS y es un tanque de re-aireación. El efluente primario y el efluente del Canal 1 se alimentan al influente del Canal 2 y fluye a través de los tanques restantes a uno de diez clarificadores secundarios. El efluente secundario se clorina y fluye al Río Ohio. El esquema de la planta también muestra que desde el influente del clarificador primario hasta el efluente del clarificador secundario, la planta puede dividirse simétricamente y operarse como dos plantas, cada una con un flujo de 90 MGD.

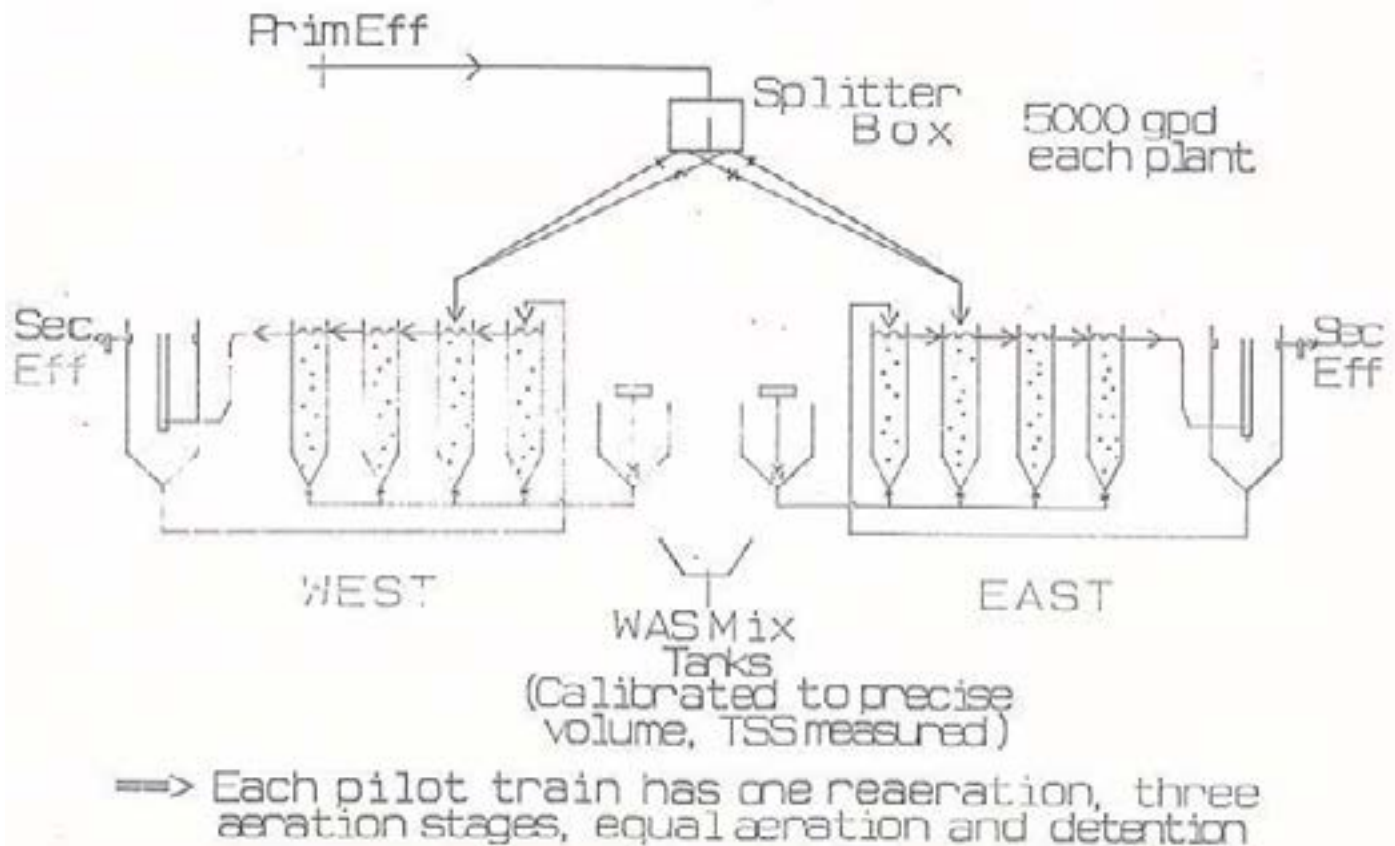
El lodo se desecha de cada Canal 1 de vuelta a los clarificadores primarios y se asienta con el lodo primario. Se quita el agua al lodo combinado en prensas de alta presión. Se incinera la mayor parte posible de torta de filtrado y la cal restante se estabiliza y se lleva al basurero.

## Planta piloto – Prueba rigurosa vs. Establecimiento del control

Las plantas piloto se diseñaron y ajustaron para representar una versión a escala del sistema de tratamiento secundario de la planta principal (como se describe anteriormente). La Figura 2, en la página siguiente, es un esquema de los sistemas paralelos de la planta piloto.

Figure 2

## Schematic of ALCOSAN Pilot Plants



El dispositivo repartidor del cual fluye el efluente primario en ALCOSAN a cada planta paralela tiene válvulas para que una cámara dada pueda alimentar tanto la mitad este como la oeste. Mientras que el repartidor está diseñado para dar flujos idénticos desde cada una de sus dos cámaras, es posible que existan sesgos (por ejemplo, un lado alimentando un poco más que el otro). Para eliminar los sesgos, los operadores de la planta alternan válvulas una vez cada turno (3 al día) para que la cámara del repartidor alterne este y oeste. Esto garantiza una carga hidráulica y orgánica igual para cada planta con el tiempo. Los muestreadores compuestos se usan para muestrear TSS efluente, COD total y COD soluble de cada planta diariamente. Se usan los medidores de flujo y los reguladores en cada canal de cada planta para proporcionar igual cantidad de aire en todos los casos. Un medidor TSS de lodo se usa a diario para medir el MLSS en todos los canales. Los procedimientos de desechos (aplicados idénticamente a este y oeste) se basan en las medidas de inventario diarias. En vez de usar un medidor de flujo, que puede estar sujeto a error, los lodos activados (WAS) se bombean a un tanque de mezcla calibrado donde el volumen se conoce a más o menos 2 %. El WAS se mezcla vigorosamente, después se muestrea y se lleva al laboratorio para la pruebas TSS por triplicado. Además de lo anterior, los ingenieros de la planta monitorean la planta piloto cada turno y hacen un esfuerzo extra para evitar o reportar cualquier problema de la planta.

### Sistema de activación LLMO

El Sistema de Activación patentado GES usado para tratar 90 millones de galones del agua residual de ALCOSAN consiste de dos tanques de 1500 galones. Cada tanque se opera en lotes para activar la suspensión bacteriana antes de añadirla al sistema de tratamiento.

Para activar el uso de un día de producto, se añadieron 110 galones de LLMO-S1 y 12 galones de Activador así como 600

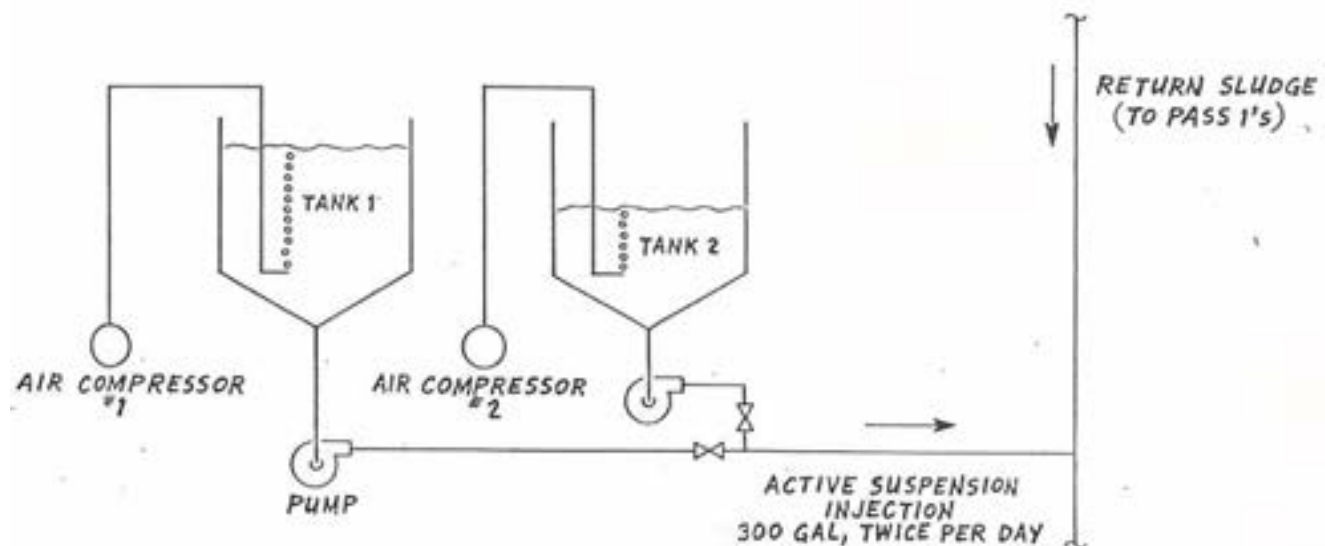


Galones de agua a uno de los tanques de 1500 galones. Esta mezcla se aireó por 36 horas. Después del periodo de aireación de 36 horas, una mitad de 722 galones de suspensión bacteriana activada se dosificó a la línea de regreso de lodo y la mitad restante se aireó por otras 12 horas. Después de las 12 horas adicionales (48 horas totales de tiempo de aireación), la segunda mitad del lote se dosificó a la línea de regreso del lodo.

Por lo tanto, desde el principio hasta el final, el proceso de activación y dosificación de un tanque dado, llevó 48 horas.

Con dos tanques disponibles, la operación y los procedimientos en cada uno de los tanques de activación se alternaron por 24 horas, de forma que en un día, uno de los tanques se dosificó a la planta de tratamiento, mientras el otro solo se aireaba. La solución dosificada se mezcló con RAS (lodos activados retornados) y se bombeó al tanque de aireación del canal 1.

### ESQUEMA DE LOS TANQUES DE ACTIVACIÓN LLMO (1500 Galones c/u)



## Medidas clave

La medida preferida de producción de lodo (como ya se discutió en la Teoría) es la producción de lodo  $Y_B$ , que se puede definir ya sea usando el balance TSS de toda la planta, o el balance TSS de la planta secundaria.

En ALCOSAN, la medida económicamente más relevante y exacta de la producción de lodo es la torta de filtrado. Esta torta (que se puede desechar por incineración o en un basurero) se consideró con un peso exacto a más/ menos 5%. Por lo tanto, la mejor elección para un punto de referencia de producción histórica de lodo fueron las toneladas secas de torta de filtrado producidas en un mes dado. Estos datos se usaron para preparar el punto de referencia de la producción mensual de lodo.

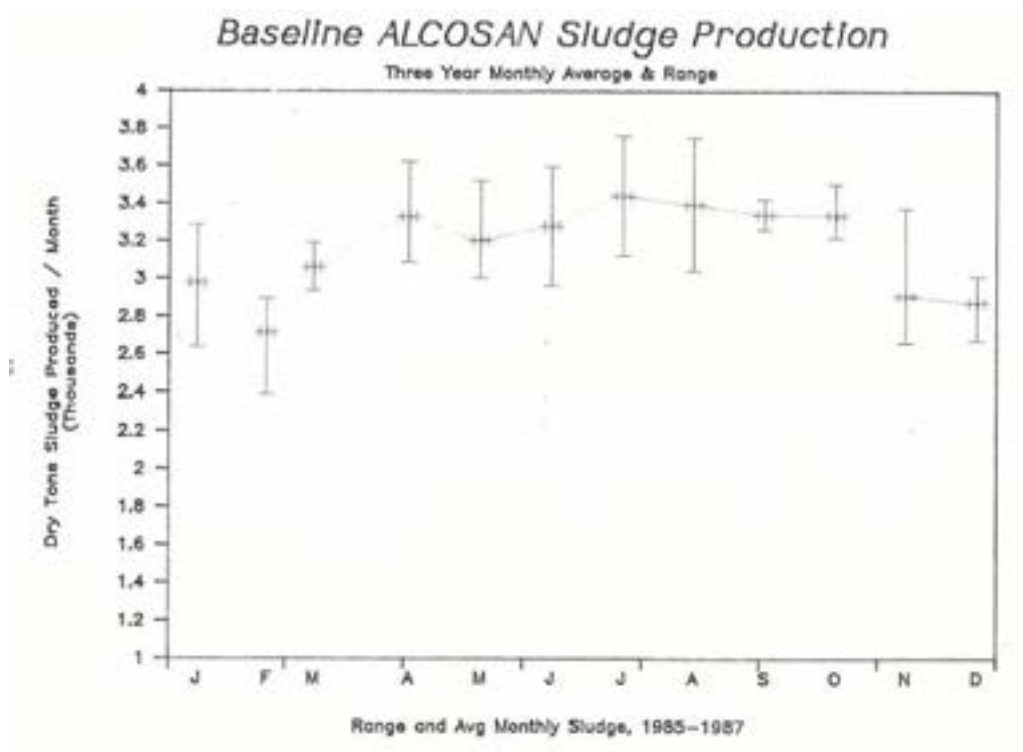
El protocolo de tres fases fue necesario para determinar apropiadamente la magnitud de la reducción y para establecer la causa/efecto de LLMO-S-1. Durante la adición de LLMO-S1 al este (fase 1) secundario u oeste (fase 2) secundario, la torta de filtrado durante un mes dado de uso de LLMO -S1 se compararía con la torta de filtrado producida históricamente durante ese mes. Un estudio de la planta piloto (fase 3) sería una prueba en tiempo real, a escala piloto vs. el estudio de control para corroborar la magnitud de reducción de lodo de toda la planta y para establecer causa/efecto.

## Punto de referencia histórico de la torta de filtrado de lodo

A continuación se muestra el punto de referencia de la producción de torta de filtrado de lodo por mes. Los números se muestran en TONELADAS SECAS DE TORTA DE FILTRADO POR MES:

<u>Month</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>	<u>Average</u>
Jan	3285	3017	2639	2980
Feb	2895	2387	2861	2714
Mar	3059	2934	3191	3061
Apr	3622	3282	3088	3331
May	3085	3006	3522	3204
Jun	3596	2962	--	3279
Jul	3757	3123	--	3440
Aug	3039	3750	--	3395
Sep	3260	3422	--	3341
Oct	3215	3298	3501	3338
Nov	2661	2698	3377	2912
Dec	2673	3015	2943	2877

La siguiente gráfica muestra el promedio y la gama (bajo a alto) de torta de filtrado producida en 3 años, y estos datos se usaron para establecer el punto de referencia de la producción histórica de estas instalaciones.





## Fase 1

Durante la fase 1, se añadió LLMO-S-1 al secundario este (90 MGD de 180 MGD) de junio a septiembre. La dosis de LLMO-S1 fue 110 gpd de LLMO-S-1 y 12 gpd de Activador LLMO. Estos productos se diluyeron en un volumen total de 722 galones con agua efluente final y pre-aireado (activado) continuamente por 36 horas. Mitad del lote se añadió al este secundario a 24 horas de activación y la mitad restante se añadió 12 horas después (después de 48 horas de activación). Se usaron 2 tanques del lote, con 24 h de diferencia en el ciclo, para proporcionar dosis diarias de LLMO-S-1 activado.

La producción de torta de filtrado durante los meses de LLMO-S-1 se proporciona a continuación:

<u>Sludge Decrease With LLMO® Usage</u>			
<u>Month</u>	<u>Baseline</u>	<u>Actual</u>	<u>Decrease</u> (Dry Ton/Mo)
Jun, 87	3279	3034	245
Jul, 87	3440	3129	311
Aug, 87	3395	3024	371
Sep, 87	3341	2840	501

Durante la Fase 1, la producción de torta de filtrado con el uso de LLMO-S-1 fue de 245 a 501 toneladas secas/ mes menos que la producción esperada (punto de referencia).

## Fase 2

La adición de LLMO-S1 a la mitad oeste de la planta de tratamiento durante la fase 2 ocurrió de febrero a noviembre. Los resultados se muestran a continuación:

<u>Sludge Decrease With LLMO® Usage</u>			
<u>Month</u>	<u>Baseline</u>	<u>Actual</u>	<u>Decrease</u> (Dry Ton/Mo)
Feb, 88	2714	2309	405
Mar, 88	3061	2455	606
Apr, 88	3331	3007	324
May, 88	3204	2897	307

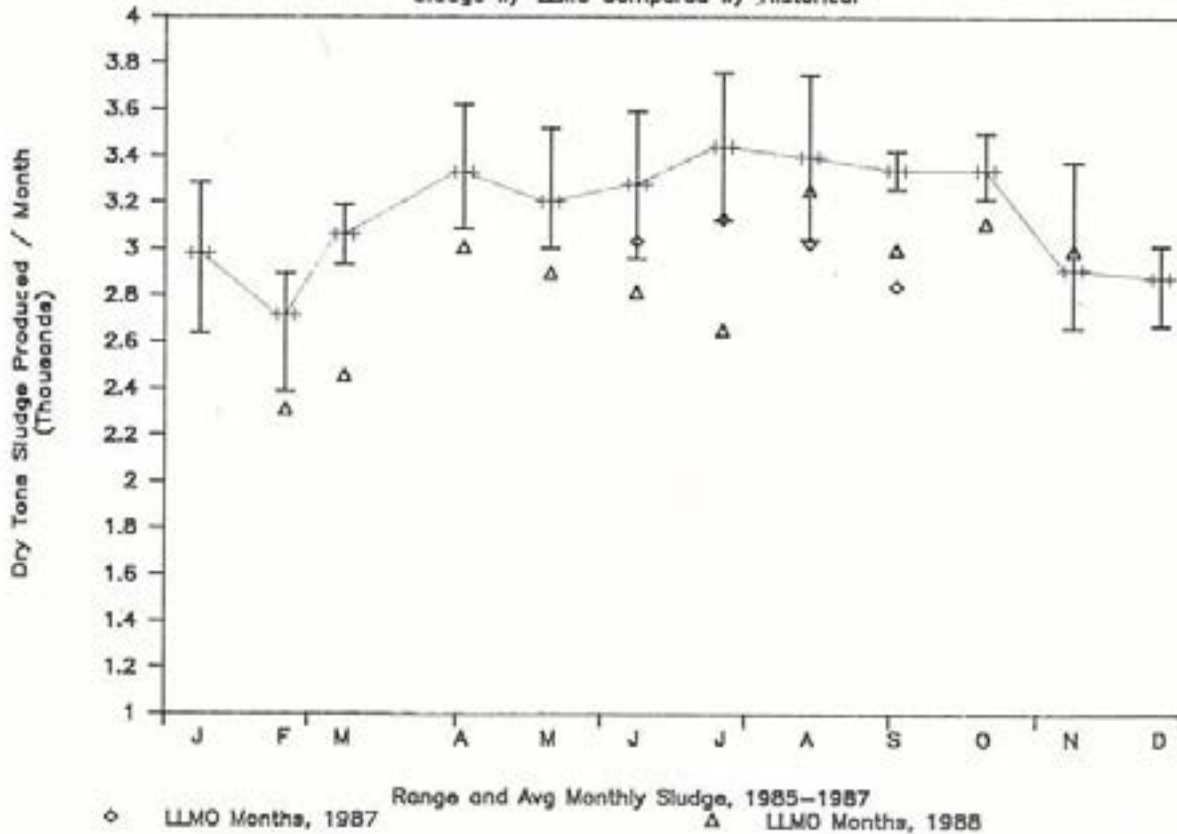
(Continued on Next Page)

<u>Month</u>	<u>Baseline</u>	<u>Actual</u>	<u>Decrease</u> (Dry Ton/Mo)
Jun, 88	3279	2815	464
Jul, 88	3440	2652	788
Aug, 88	3395	3253	142
Sep, 88	3341	2998	343
Oct, 88	3338	3112	226
Nov, 88	2917	3093	-176

Usando todos los meses de uso de LLMO, la disminución promedio de lodo es 347 toneladas secas reducidas / mes. Los datos de las fases 1 y 2 se muestran en la siguiente gráfica.

### ALCOSAN Full Scale Sludge Reduction

Sludge w/ LLMO Compared w/ Historical



Es importante notar que los datos LLMO se muestran en forma de triángulo y están muy por debajo del promedio histórico de producción de lodo, y de hecho bastante fuera del rango de la producción de lodo demostrada históricamente. Esto muestra que el lodo de la planta estuvo muy por debajo de los niveles históricos con el uso de LLMO S1 y del sistema de Activación.

### Fase 3: Estudio de la planta piloto

Después de tres meses de prueba para desarrollar los procedimientos de operación y para determinar que los dos trenes piloto se estaban comportando como prueba y control, LLMO-S-1 se añadió al tren de prueba (este). La operación de 44 días mostró la siguiente reducción de lodo en el lado tratado:

	<u>Pilot Plant Results</u>		<u>Inventory Change</u>
	<u>In Grams, 44 Day Totals</u>		
	<u>WAS</u>	<u>Eff SS</u>	
East (Test)	6053	8660	-3589
West (Control)	13,993	14,072	2748

Usando las ecuaciones presentadas anteriormente y convirtiendo a gramos / día, la planta este (prueba) produjo 253 gramos de lodo por día, mientras la oeste (planta de control) produjo 700 gramos/ día de lodo. La escala proporcional de estos datos a la planta completa (5000 galones por día a una escala de 180,000,000 galones por día) muestra una reducción de 325 toneladas secas / mes. Estos datos concuerdan bien con la reducción reportada en los estudios de la planta completa y ayudan a establecer la causa/ efecto de LLMO-S-1 y la reducción de lodo.

Después de esta operación exhaustiva de 44 días, durante los cuales las dos mitades (prueba y control) de la planta piloto se pusieron a prueba a diario usando todos los parámetros relevantes de aguas residuales, la dosis de LLMO se suspendió en la planta de prueba y cada mitad de las plantas piloto se operó normalmente sin añadir LLMO durante 60 días más.

Al final de 15 días después de detener la dosis de LLMO a la planta piloto de prueba (este), las dos mitades comenzaron a operar de forma idéntica y así continuaron durante 45 días más, hasta que se dismantelaron. Este periodo de uso, sin LLMO, en que las dos plantas operaron de manera idéntica, fue la prueba conclusiva de que la reducción de lodo observada en el lado tratado con LLMO fue causa y efecto, en vez de un evento al azar.

### Resumen

Fase 1: Tratar la mitad de la planta completa (secundaria este) mostró una reducción de lodo de 375 toneladas secas por mes.

Fase 2: Tratar la mitad de la planta completa (secundaria oeste) mostró una reducción de lodo de 342 toneladas secas.

Fase 3: En la rigurosa escala piloto (5000 galones de flujo por día, plantas de tratamiento idénticas duplicadas a escala de la planta principal), se observó una reducción de lodo a escala de 325 toneladas secas por mes.

Basados en este estudio exhaustivo, ALCOSAN concedió un contrato a largo plazo (5 años) a General Environmental Science para el uso de la tecnología de reducción de lodo LLMO S1 en toda la planta. Este programa funcionó como se esperaba y redujo el lodo en un promedio de 650 toneladas secas al mes. A un costo de \$300 por tonelada seca en basureros, ALCOSAN ahorró cerca de \$130,000 al mes (\$1,560,000 al año), mientras el costo de los productos LLMO fue cerca de 40% de los ahorros.

El uso de LLMO S1 para la reducción de lodo continuó hasta que se diseñó, compró e instaló un incinerador adicional, que eliminó la necesidad de llevar tortas de lodo al basurero.

**Prueba vs. demostración de control de la eficacia  
de LLMO:**

**Análisis del aumento bacteriano para la reducción  
de lodo en la Planta de Tratamiento Biológico de  
Aguas Residuales de Grand Rapids, Michigan 50  
MGD (millones de galones al día) para la  
reducción de la producción de lodos activados**

Autores:

Daryl Smith, Superintendente  
Randall Fisher, Jefe de Operación

Ciudad de Grand Rapids, MI  
15 de mayo, 1996

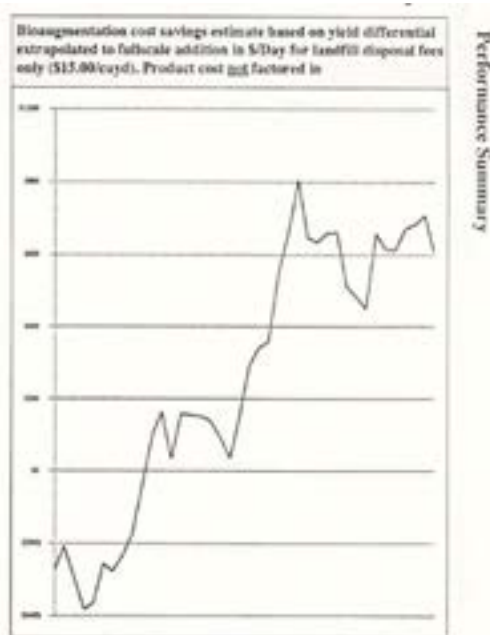
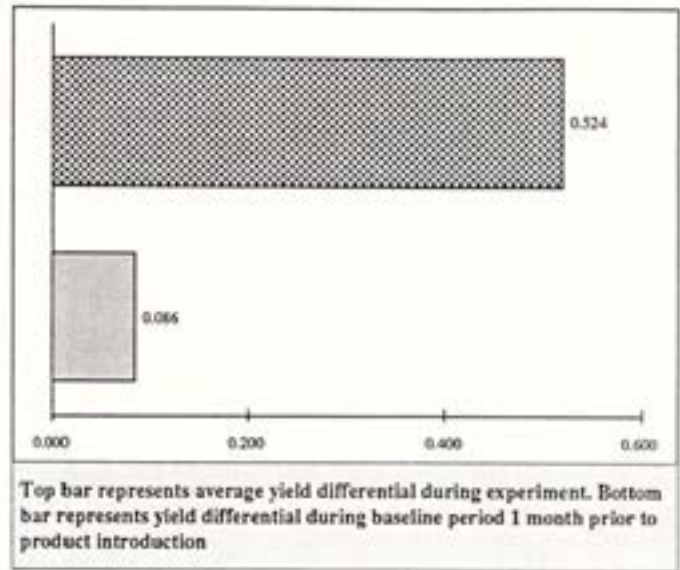
## I. Procedimiento experimental

La fase piloto del estudio de bioaumentación se llevó a cabo durante un periodo de 90 días que inició el 1º de junio de 1989. Para propósitos de este estudio el sistema primario y secundario de la planta se puso en servicio. El norte (usado como control en el experimento) y los sistemas de prueba se operaron en paralelo usando los mismos puntos de referencia de control del proceso. La recopilación de datos comenzó aproximadamente 1 mes antes de la introducción de LLMO (Microorganismos Líquidos Vivos), estos datos sirvieron para establecer las condiciones de punto de referencia. El producto LLMO se introdujo en el sistema en la entrada.

El índice de la dosis de LLMO se estableció a 7 gal/día de LLMO y 2 gal/día de activador. Antes de la introducción se "activó" el producto por medio de un flujo a través del sistema del tanque. Este sistema consistió de dos tanques con una capacidad aproximada de 175 galones c/u, piedras porosas en cada tanque y la introducción de agua caliente en el tanque primario para mantener la temperatura entre 85 y 90 grados Fahrenheit. El producto medido se añadió al tanque primario de activación a través de una bomba de diafragma para el LLMO y una bomba peristáltica para el activador.

Se introdujo agua tibia en la superficie del tanque primario de activación en un índice de 8.3 gal/h para proporcionar un tiempo de detención del sistema de 36 horas.

Entonces el producto activado fluyó a través de una línea de desbordamiento al punto de aplicación. Durante el curso del experimento, las plantas norte (control) y de prueba se operaron para mantener una concentración igual de MLVSS (Sólidos Suspendidos Volátiles en Licor de Mezcla). En todos los casos la planta norte y las plantas de prueba se trataron igual respecto al bombeo de lodo y al control de flujo de aguas residuales.



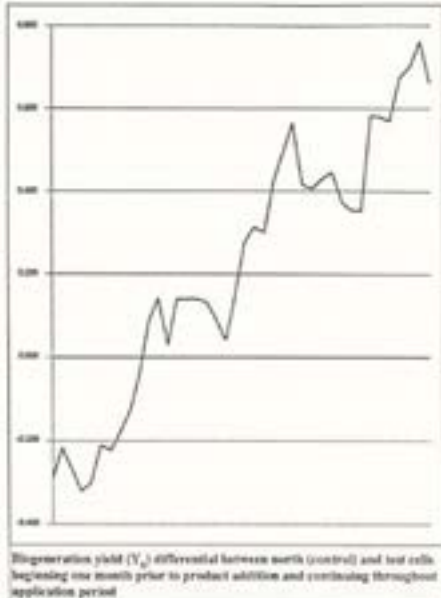
*"Cálculo del ahorro del costo de la bioaumentación basado en el diferencial de producción extrapolado a la adición a escala máxima en \$/Día solo por las tarifas de desecho en basureros (\$15.00/yarda cúbica). El costo del producto se incluyó."*

## II. PROPÓSITO EXPERIMENTAL Y OBJETIVOS

A través del experimento intentamos determinar objetivamente y cuantificar la variación de la producción de biogeneración entre los sistemas de control y prueba. El beneficio de la biogeneración se calcula dividiendo los NSP (Sólidos Netos Producidos) entre la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) Lb/ Día y representa la libras de lodo biológico generado por cada libra de DBO removida.

El beneficio de la biogeneración puede convertirse directamente en libras netas de reducción de desperdicio biológico como un factor del incremento biocatalítico. Una

vez cuantificada la efectividad del producto, el costo anual se compara con los ahorros anticipados por la adición en toda la planta determinados extrapolando los resultados de la planta de prueba. Los cálculos de los ahorros se limitan solo a los pagos por desecho y no toman en cuenta los factores intangibles que incluyen: reducción del desgaste del equipo mecánico debido a la reducción de su uso, beneficios potenciales de eliminar o minimizar la necesidad de utilizar dos unidades zimpro para mantener el inventario de lodo, etc.

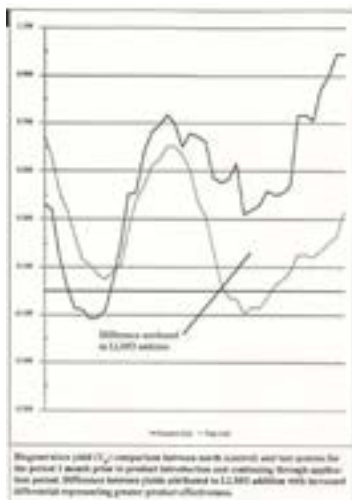


### III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los datos de producción para el periodo de punto de referencia un mes antes de la aplicación demostraron una variación mínima entre las células de control y de prueba con una diferencia promedio de producción de 0.086. Esto indica que hubo una variación mínima entre las células y que ambos sistemas estuvieron operando aproximadamente igual.

La diferencia de Producción promedio durante el curso del estudio fue 0.524. Basados en el supuesto que ambos sistemas se están operando idénticamente y que cualquier diferencia en la producción se atribuye al efecto de la Bioaumentación, entre más alto sea el diferencial de Producción mayor será el efecto de la Bioaumentación.

Durante el curso del experimento tanto las plantas de control como las de prueba se operaron usando el MCRT (Tiempo Promedio de Residencia Celular) como estrategia de control del proceso. Inicialmente el MCRT meta era 3 días para ambos sistemas, lo que produjo condiciones similares de MLVSS. Después de varias semanas de tratamiento, la concentración MLVSS de prueba comenzó a disminuir gradualmente en relación con el sistema norte mientras la estrategia de control del proceso y los puntos de ajuste de operación habían permanecido igual. Para compensar esta diferencia de forma que las concentraciones de MLVSS permanecieran igual fue necesario en 3 ocasiones incrementar la cifra meta del MCRT de prueba estabilizándola finalmente a 4.5 días mientras que la norte permaneció en 3 a lo largo del estudio. Esto se correlaciona bien con lo que se había anticipado que menos sólidos se producen a través del tratamiento de bioaumentación y, como consecuencia, se necesita remover menos lodo para mantener el balance del sistema. La gráfica anterior muestra que el diferencial de la producción indica claramente que una diferencia significativa entre las dos producciones surgió conforme el estudio progresaba.



Al principio del estudio las dos producciones iban muy cerca en un curso paralelo, entonces, aproximadamente a 3 semanas del estudio, la producción de prueba se desvió de pronto de la norte que disminuyó significativamente. Esta tendencia continuó por varias semanas después de la cuales la producción de prueba nuevamente fue paralela a la norte pero con una cifra sustancialmente menor.

### IV. CÁLCULO DE AHORROS EN EL COSTO DE LA PRUEBA A ESCALA PILOTO

Al completar el estudio se preparó un cálculo del costo para la adición en toda la planta:  $(\text{Prod. control } (Y) - \text{Prod. prueba } (YJ))$ , multiplicada por  $(\text{Primaria prueba } \# \text{CBOD}/\text{Día} - \text{TSE} \# \text{CBOD}/\text{Día})$ , multiplicada por 7.24638 (constante para extrapolar planta prueba a toda la planta) dividido entre 42.0% (% total de sólidos en torta de filtrado) entre 1,350 (lb promedio por yarda cúbica de torta) multiplicado por \$15.00 por yarda cúbica.



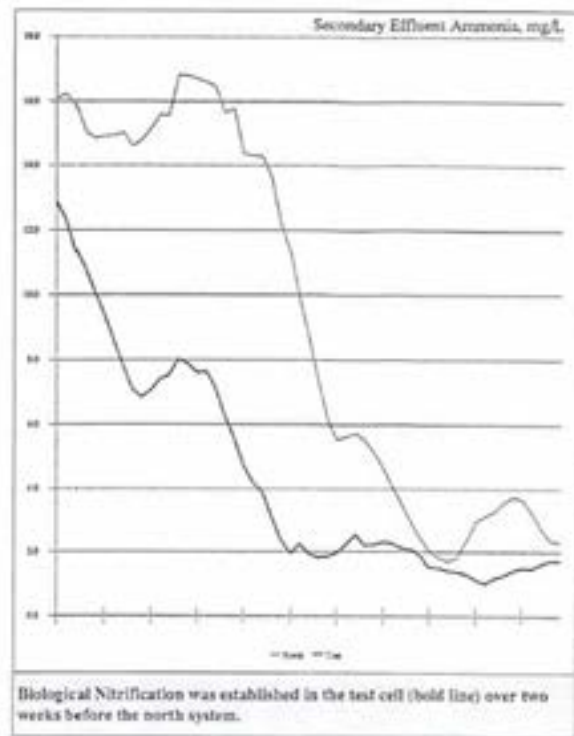
La cifra resultante se computó para cada día (promedios cambiantes de 7 días) de la evaluación y también incluyó el mes anterior como dato de punto de referencia. Después de empezar la adición del producto y en seguida del periodo en el que la producción de prueba se desviaba de la producción norte, el costo/día promedio, diferencia atribuida a la adición de LLMO, se computó para el periodo en el que las dos producciones eran de nuevo paralelas con la prueba mucho más baja que el norte.

La cifra resultante mostró un ahorro promedio diario de \$623.00. Esta cifra solo toma en cuenta los costos de desecho. Otro ahorro intangible resultaría de la reducción del desgaste mecánico debido a la reducción del uso del equipo, reducción o posible eliminación de la necesidad de usar ambas unidades zimpro periódicamente para reducir el inventario de lodo de la planta, reducción de WAS (Lodos Activados) en los clarificadores primarios y la reducción de los volúmenes de WAS que tradicionalmente son más difíciles de tratar.

Ciertamente, basados en estos excelentes resultados de un ahorro de \$623.00 por día solo para el tren de prueba, se tomó la decisión de implementar el tratamiento en toda la planta. Ya que la Ciudad de Grand Rapids ha incrementado los costos de basureros, no hay duda que con el uso en toda la planta, el ahorro irá de \$1000 a \$1500 por día, con un costo de productos bacterianos (LLMO) de \$750 al día.

#### V. USO DE LLMO A ESCALA COMPLETA

Debido a la obvia reducción de lodo, decidimos implementar los productos LLMO a escala completa y los hemos usado continuamente desde 1989. A pesar de las objeciones de los consultores, que no pensaban que necesitábamos aumentación bacteriana, no hay duda que nuestra producción total de lodo se redujo en un promedio de 30% durante los 7 años de uso de LLMO.



También resultó interesante que el uso de este producto bajó nuestros niveles de amoníaco, especialmente en los primeros meses de la primavera.

Nuestro permiso de amoníaco se vuelve restrictivo en abril, y mientras el límite es 12 ppm NH<sub>3</sub> de noviembre a marzo, baja a solo 3 ppm en abril. Usar este producto ha ayudado a remover dramáticamente el amoníaco.

#### VI. RESUMEN DEL PROYECTO

La Ciudad de Grand Rapids probó inicialmente que el concepto de prueba vs. control era válido, ya que sin tratamiento LLMO, los sistemas de prueba y control tenían la misma producción de biogeneración de lodo.

El periodo de prueba mostró que bajo una cuidadosa prueba vs. control (LLMO vs. sin tratar), la producción de biogeneración disminuyó dramáticamente en la planta de prueba tratada con LLMO.

El periodo de prueba indicó que el uso de LLMO en toda la planta ahorraría de \$1000 a \$1500 por día, lo que se ha comprobado en los últimos 7 años que hemos tenido Ahorros Netos de aproximadamente \$750 al día. Finalmente, el uso de LLMO en la planta de prueba demostró una remoción superior de amoníaco en comparación con la planta de control, que fue un beneficio adicional del uso del producto.