

“Certifico que las siguientes trece páginas son una reimpresión del artículo escrito por el Profesor Y.T. Hung de la Universidad Estatal de Cleveland (Cleveland State University) en relación al uso de nuestro producto Septic Medic en una Tanque Séptico piloto a escala”

*John M. Wong, Director, TLC Products johnwong@tlc-products.com
15752 Industrial Parkway Cleveland OH 44135 Tel.: 216-472-3030 Fax: 216-472-3030*

Firma Autógrafa: Rose A. Pogonis

SELLO NOARIO PÚBLICO

ROSE A. PONGONIS

Notario Público – Estado de Ohio

Mi Comisión Expira el 27 de julio de 2016

Evaluación de Laboratorio de la Digestión de Lodos utilizando métodos patentados para Solubilización de sólidos orgánicos

Investigador Principal: Profesor Yung Tse Hung, Universidad del Estado de Cleveland, Cleveland, OH.

El profesor Yung Tse Hung obtuvo su B.S y su grado de maestría en Ingeniería Civil de la Universidad de Cheng Kung en Taiwan, y su grado de Ph.D. en Ingeniería Ambiental de la Universidad de Texas en Austin en 1970. Ha estado en la facultad y ha dado clases en 16 universidades en 8 países. Como Becario Fulbrigh, ha servido en la facultad en diversas universidades. Sus principales intereses de investigación y publicaciones han estado relacionados con el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales, Control de la Contaminación Industrial del Agua y Tratamiento de Residuos Industriales y Tratamiento Municipal de Residuos. Ha escrito 10 libros, 450 reportes y publicaciones en revistas y ha dado conferencias sobre el tratamiento de agua y residuos. Es miembro de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (American Society of Civil Engineers), diplomado de la Academia Americana de Ingenieros Ambientales (American Academy of Environmental Engineers), miembro de la Academia de Ciencias de Ohio y miembro de la Asociación de Ingenieros Ambientales y de la Federación de Agua y Ambiente (Association and Water Environment Federation). Es el Director Ejecutivo de Chinos Extranjeros de Ingeniería Ambiental y Asociación de Científicos (Overseas Chinese Environmental Engineers and Scientists Association [OCEESA]) y Jefe Editor de la revista OCEESA, editor I de la Revista Internacional de Medio Ambiente y Manejo de Desechos [International Journal of Environment and Waste Management [IJEWM]] y Editor Invitado de la edición especial de la Industria DE Tratamiento De Residuos de la Revista Internacional de Medio Ambiente y Contaminación (International Journal of Environment and Pollution [IJEP]). Es co-editor de diversos libros sobre Ingeniería Ambiental de la Humana Press y CRC. Es un ingeniero profesional registrado en Ohio y Dakota del Norte.

I. Introducción

Este estudio ha sido realizado en los laboratorios de Ingeniería Ambiental de la Universidad del Estado de Cleveland (Profesor Yung Tse Hung, Investigador Principal), para probar la eficacia de un método patentado para la solubilización de sólidos orgánicos en tratamiento de aguas residuales:

Patente de Estados Unidos 4,882,059

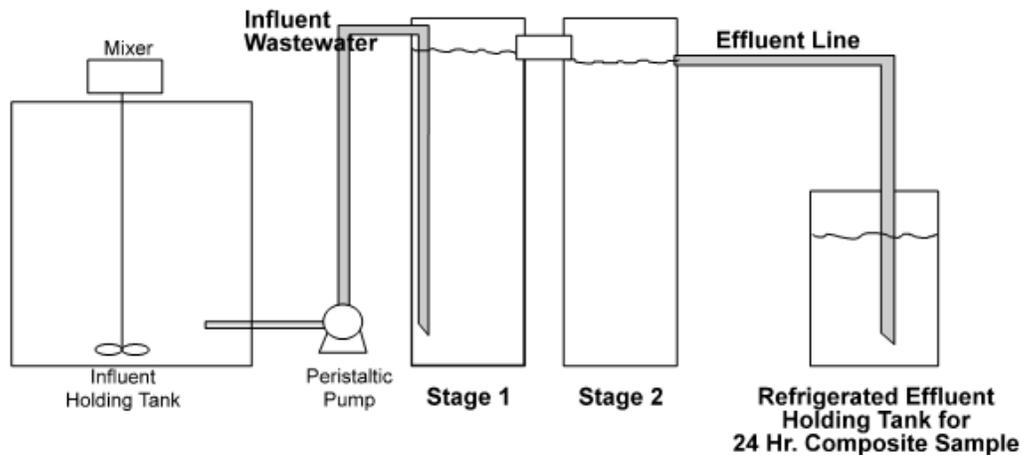
John M. Wong et al. 21 de Noviembre de 1989

Solubilización de Material Orgánico en Tratamiento de Aguas Residuales

La prueba utilizó una solución comercializada para sistemas sépticos y para plantas de tratamiento biológico de aguas residuales denominada Septic Medic.

La consideración clave fue diseñar un sistema piloto con la capacidad para simular algunas de las variaciones esperadas en la carga que son típicas en sistemas de tratamiento de aguas residuales reales, capaz de medir cuantitativamente la generación de sólidos / digestión en tiempo real, la carga dinámica. Para lograr esto, se diseñaron pruebas y sistemas a escala control piloto. A continuación, se presenta un esquema de uno de los dos sistemas idénticos:

Esquema del Reactor de Digestión de Lodos Piloto (Sistemas de Prueba y Control)



Las dimensiones de cada uno de los tanques principales (Etapa 1 y Etapa 2) son de 38" x 11" x 11", con un volumen total de 20 galones. Dos etapas fueron utilizadas para simular un deflector efectivo sin importar los pequeños volúmenes involucrados. En la Etapa 1 (Stage 1) se acumulan la mayoría de los sólidos, grasas y suciedades, mientras que la Etapa 2 (Stage 2) estaría relativamente libre de la acumulación de sólidos.

Un sistema fue utilizado como tanque de prueba mientras que el otro fue utilizado como sistema de control. Un depósito común de aguas residuales fue utilizado para mezclar y dispensar aguas residuales sintéticas a los tanques piloto. Las aguas tratadas de cada uno de los sistemas piloto fluyeron a un tanque refrigerado para que después de 24 horas, las muestras compuestas pudieran ser tomadas.

Aguas residuales sintéticas fueron utilizadas para este estudio. A continuación se muestra la formulación de los residuos sintéticos:

<u>Componentes</u>	<u>Cantidad por lote de 50 galones</u>
Grasas (Crema de Leche)	17.5 gramos
Proteínas (1% Queso Cottage)	26 gramos
Celulosa (En polvo)	175 gramos
Pectina	2 gramos
Glicerina	5 gramos
Alcohol Isopropílico	1.25 gramos
Acetato de Sodio	1 gramos
Peptona	6 gramos
Etanol	3 gramos
Almidón Soluble	5 gramos
NH ₄ Cl	9.25 gramos
K ₂ HPO ₄	1.25 gramos

Dichos nutrientes fueron mezclados con 50 galones de agua de grifo. El afluente de aguas residuales tenía la siguiente composición.

Composición Promedio del Afluente de Aguas Residuales

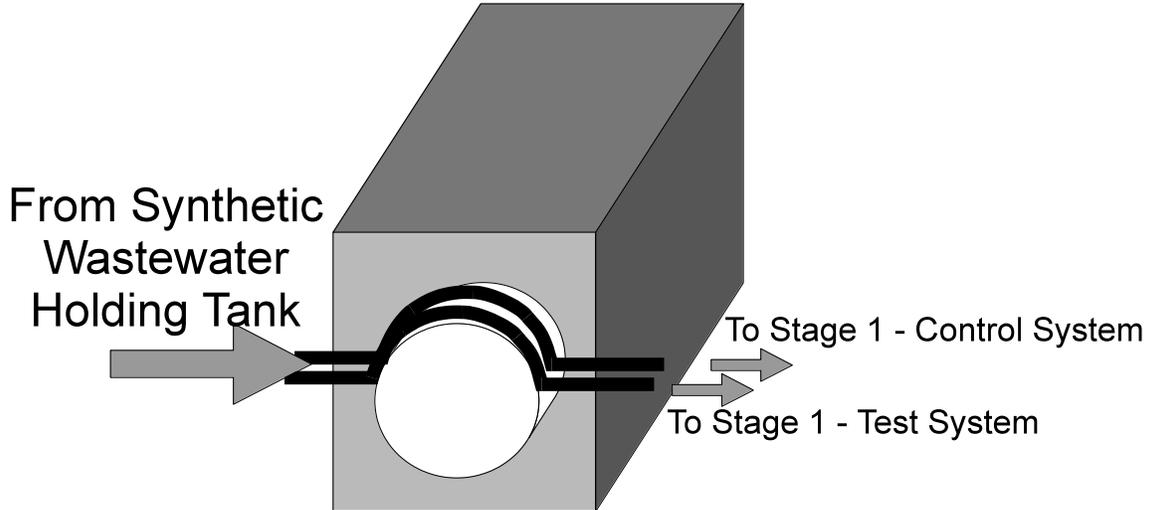
<u>Parámetro</u>	<u>Valor Medio</u>
Sólidos Suspendidos	925 mg/l
COD Soluble	225 mg/l
COD Total	1400 mg/l
pH	6.75
NH ₃	10.5 mg/l
PO ₄	5.25 mg/l
Aceites y Grasas	45 mg/l

II. Operación de los Sistemas Pilotos

Las aguas residuales fueron depositadas a los sistemas pilotos de 2 maneras: Continuo y por lotes (intermitente): Se utilizó una bomba peristáltica para adicionar continuamente 6 galones de aguas residuales sintéticas al sistema cada día. La adición del lote fue realizada al añadir 3 galones dos veces al día a la etapa 1 de cada uno de los sistemas piloto. Con un lote total de 6 galones adicionados por día a cada sistema (3 galones, 2 veces al día), y con 6 galones por día añadidos a los sistemas de manera continua, la carga hidráulica total en cada sistema fue de 12 galones por día de aguas residuales sintéticas. El volumen de trabajo real en la etapa 1 más la de la etapa 2 fue de 36 galones, para que el tiempo de residencia hidráulico fuera de 3 días.

La bomba peristáltica utilizada para la alimentación continua consistía de una sola unidad con 2 líneas de descarga (una para cada sistema):

Sistema Afluyente: Bomba peristáltica de 2 canales



Teóricamente la bomba suministra una carga orgánica e hidráulica similares a través de cada una de las 2 líneas. Sin embargo, para garantizar la igualdad de la carga, las líneas de descarga de la bomba fueron cambiadas diariamente. Con esta técnica, cada sistema piloto recibió influente de una de las líneas de la bomba por un día, y luego de la otra línea de la bomba al día siguiente.

III. Procedimiento Experimental

A. Encendido

Para iniciar el sistema, cada tren piloto fue llenado con 34 galones de aguas residuales sintéticas (separados entre las etapas 1 y 2). Dos galones de lodo digestor anaerobio de la planta de tratamiento de aguas residuales fueron añadidos a los 34 galones de aguas residuales sintéticas. La mezcla no fue distribuida por 3 días para permitir que se llevara a cabo la degradación inicial y la aclimatación.

B. Operación

Después de 3 días de aclimatación, se inició la alimentación afluyente. El sistema de la bomba peristáltica fue utilizado para añadir continuamente la dosis de 6 galones por día. También inició la adición del lote adicional de 3 galones. Las adiciones de lotes se llevaron a cabo alrededor de las 8:00 AM y las 5:00 PM todos los días. La adición total por día por sistema fue de 12 galones, dando un tiempo de residencia hidráulica de 3 días.

C. Procedimientos de prueba

El efluente de cada sistema fluyó a un tanque de almacenamiento refrigerado, de modo que las muestras compuestas pudieran ser convenientemente tomadas 24 horas después. Al final de dicho período, el contenido del tanque fue mezclado para obtener muestras uniformes para las pruebas. Los sistemas afluentes y efluentes fueron probados de lunes a viernes para: COD total, COD soluble, sólidos suspendidos (SS), NH₃, PO₄ soluble y p H. Pruebas por triplicado fueron realizadas de acuerdo a los métodos estándar para cada uno de los parámetros.

Para lograr un balance sólido, el inventario sólido de inicio, los fundentes sólidos afluentes y efluentes y el inventario sólido final son requeridos. Los inventarios iniciales y finales fueron determinados al combinar u mezclar las muestras. Los afluentes y efluentes sólidos suspendidos fueron parte de los procedimientos de prueba regulares.

D. Adición de bacterias

La dosificación de bacterias (nombre comercial del producto- Septic Medic), fue realizada una vez a la semana durante cada semana del tiempo que duró el estudio. Las bacterias dosificadas requerían ser preparadas de acuerdo a los métodos empleados por la patente de Estados Unidos 4,882,059.

Una mezcla seca de producto que contiene bacterias y nutrientes preparadas por un fabricante de Cleveland, Ohio (Productos TLC), fueron diluidas en agua (454 gramos en 200 litros de agua). Esta mezcla fue aireada por 48 horas, momento en el que recolectó una suspensión de 500 ml de bacterias mezcladas para la dosificación del reactor de prueba.

De acuerdo con la patente, la suspensión de bacterias consumiría nutrientes antes de pasar un período de 48 horas, y luego entrarían a una fase de hambruna. Durante dicha fase, las bacterias producirían cantidades mejoradas de enzimas extracelulares, las cuales teóricamente consumirían las partículas coloidales y aguas residuales el sistema pilote de pruebas.

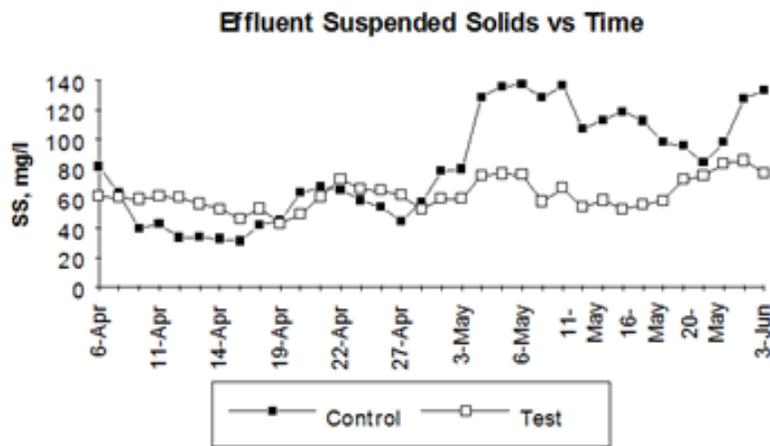
Este proceso fue repetido una vez a la semana durante todo el estudio, y 500 ml de producto preparado de acuerdo a los métodos de la patente citada fueron aplicados al tren piloto de prueba.

**IV. Resultados tras el uso de Septic Medic
(Todas las fechas corresponden al año calendario 2002, Mes y día indicado en las gráficas)**

A. Rendimientos de los Efluentes:

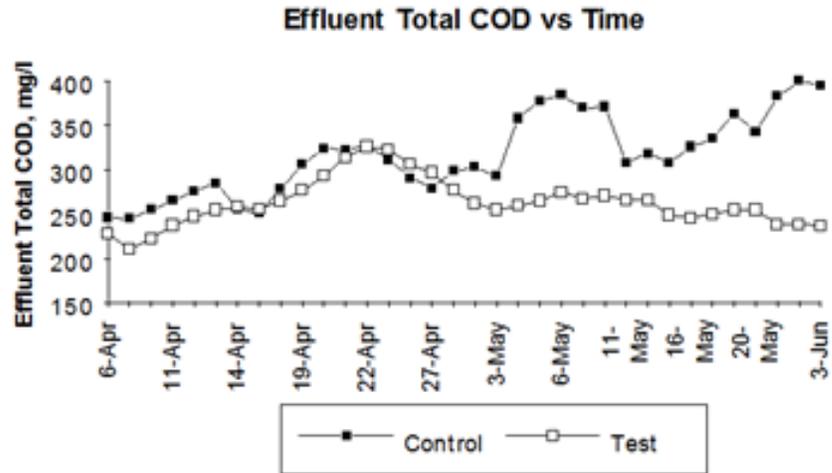
Las gráficas de abajo muestran un resumen de los efluentes sólidos en suspensión vs tiempo para las pruebas y sistemas de control piloto. (Los datos de todas las tablas de esta sección se presentan como el séptimo día sin contar valores medios). La gráfica también muestra rendimientos de efluentes sólidos en suspensión relativamente similares durante el primer mes. Después del primer mes, la planta de prueba de efluentes sólidos en suspensión muestra un promedio de 67 mg/l mientras que la planta de control tiene un promedio de 116 mg/l .

Efluentes de sólidos en suspensión VS Tiempo

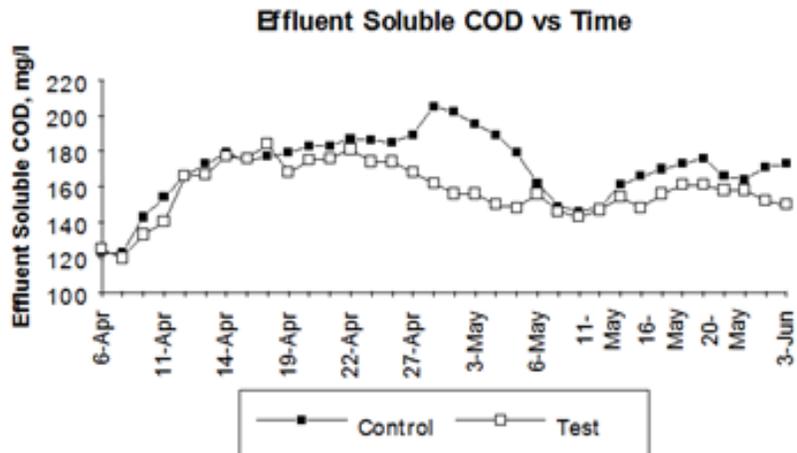


La siguiente muestra es un resumen de los efluentes totales COD vs tiempo. Como con los efluentes sólidos en suspensión, no hubo una diferencia significativa entre la planta de control y la de prueba durante las primeras 4 semanas. Durante los últimos 37 días de prueba, los efluentes totales COD de la planta de prueba mostraron un promedio de 255 mg/l, mientras que la planta de control tuvo un promedio de 354 mg/l.

Efluente Total COD vs tiempo

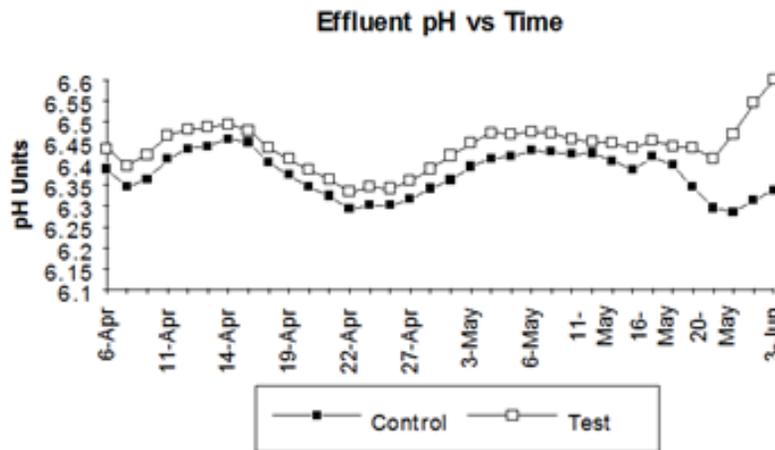


Los datos del COD soluble se presentan a continuación. Después de la fase de 4 semanas del período, el efluente de la planta de prueba promedio 152 mg/l de COD soluble, y la de la planta de control promedio 171 mg/l.



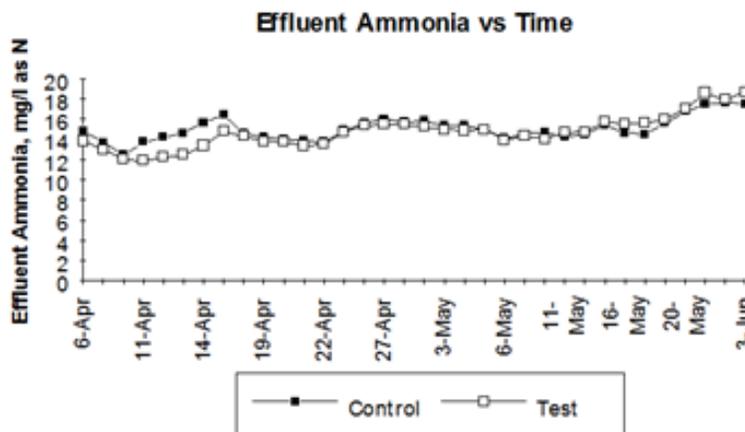
Los datos del pH del efluente se muestran a continuación. Esta gráfica es importante porque muestra que los efluentes de prueba exhiben un pH considerablemente mayor. Durante los primeros 28 días, el pH del efluente de prueba es de 6.42 en comparación con los 6.37 del tanque de control, mostrando así un incremento de 0.05 unidades de pH. Durante los últimos 37 días, el pH del efluente de prueba promedio es de 6.50 en comparación con los 6.39 para el tanque de control, que muestra un aumento de 0.11 unidades de pH en el medio.

pH del efluente VS Tiempo

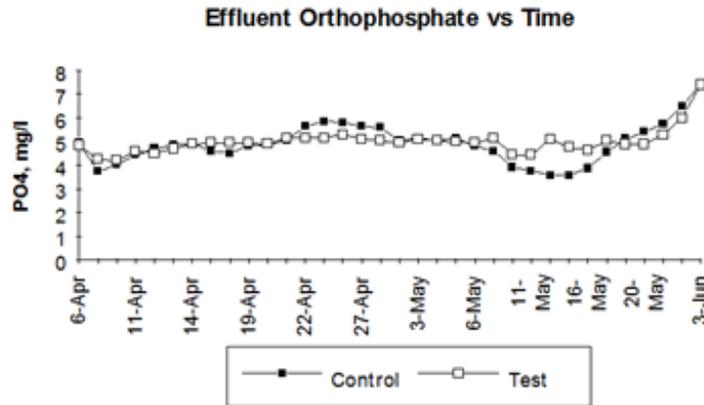


Las siguientes gráficas muestran el efluente de amoníaco y de orto-fosfato.

Efluente de Amoníaco VS Tiempo



Efluente de Orto-fosfato VS Tiempo



La concentración promedio del efluente amoniacado fue de aproximadamente 15 mg/l tanto para los tanques de prueba como de control, y efluente orto-fosfato fue de aproximadamente 5 mg/l para ambos tanques. La concentración de efluente de amoniacado fue mayor que el nivel del influente; esto se puede atribuir a la descomposición de proteínas y de otras macromoléculas que pueden liberar amoniacado.

B. Datos de la producción de sólido

La ecuación general de balance de sólidos se muestra a continuación

Total del balance de sólidos suspendidos (SS) = SS inicial – SS final + SS Producidos = Acumulación

Reordenando los términos se obtiene:

$$\text{SS Producidos} = \text{Acumulación} - (\text{SS inicial} - \text{SS final})$$

La acumulación de SS es la masa acumulada de SS durante el curso de la prueba, o el inventario final SS menos el inventario inicial SS. Los términos (SS inicial – SS final) es la suma de los SS removidos durante el estudio, o influentes SS menos efluentes SS. El cálculo de los términos se realiza a continuación.

Inventario Inicial: Tanque de Prueba

Promedio de la concentración SS = 3,125 mg/l
 $3.125\text{gr/l} \times 36 \text{ galones} \times 3.785 \text{ l/gal} = \underline{426 \text{ gramos}}$

Inventario Inicial: Tanque de Control:

Promedio de concentración SS = 3,150 mg/l
 $3.150 \text{ gramos/l} \times 36 \text{ gal} \times 3.785 \text{ l/gal} = \underline{429 \text{ gramos}}$

Inventario Final: Tanque de Prueba

Promedio de concentración SS = 18,025 mg/l
 $18.025\text{gr/l} \times 36 \text{ galones} \times 3.785 \text{ l/gal} = \underline{2,456 \text{ gramos}}$

Inventario Final: Tanque de Control:

Promedio de Concentración SS = 21,175 mg/l
 $21.175 \text{ gramos/l} \times 36 \text{ gal} \times 3.785 \text{ l/gal} = \underline{2,885 \text{ gramos}}$

Acumulación de SS: Tanque de Prueba:

Acumulación = Masa final menos Masa Inicial
Acumulación = 2,456 gramos - 426 gramos = 2030 gramos

Acumulación de SS: Tanque de Control:

Acumulación = Masa Final menos Masa Inicial
Acumulación = 2,885 gramos - 429 gramos = 2,456 gramos

Afluente total SS: Por Cada Sistema:

$925 \text{ mg/l} \times 12 \text{ gal/día} \times 3.785 \text{ l/gal} \times 65 \text{ día durante tiempo de prueba} \times \text{g}/1,000 \text{ mg} =$
2,731 gramos afluentes SS por Sistema Durante los 65 días de prueba.

SS Removidos: Prueba (Tratamiento con Septic Medic) Sistema

SS Removido = Afluente SS menos Efluente SS
SS Removido = 2,731 - Concentración del promedio de Prueba de efluentes SS x flujo
SS Removido = 2,731 - 62.3 mg/l x g/1,000 mg x 12 gal/día x 65 días x 3.785 l/gal
SS Removido = 2731 - 184 = 2,547 gramos

SS Removidos: Sistema de Control

SS Removido = Influyente SS menos Efluentes SS

SS Rem = 2,731 - Concentración del Promedio Control de Efluentes SS x Flujo

SS Rem = 2,731 - 85.5 mg/l x g/1,000 mg x 12 gal/día x 65 días x 3.785 l/gal

SS Rem = 2731 - 252 = **2,479 gramos**

Utilizando los valores calculados, la Producción de Sólidos para los sistemas de prueba y de control pueden derivar:

Sólidos Producidos: Tanque de Prueba

SS Producidos = Acumulación – (SS inicial – SS final)

SS Producidos=2030 gramos – 2547 gramos

SS Producidos = -517 gramos

Por lo tanto, los 65 días de prueba, el sistema de prueba mostró que se consumieron 517 gramos de sólidos

Sólidos Producidos: Tanque de Control

SS producidos = Acumulación – (SS inicial – SS final)

SS Producidos = 2456 gramos – 2479 gramos

SS Producidos = -23 gramos

Por lo tanto, los 65 días de prueba, el sistema de control mostró que se consumieron 23 gramos de sólidos.

En el sistema de control, prácticamente el 100% de los SS cargados al sistema podría ser contabilizado como SS efluentes de la acumulación de sólidos en el tanque. En efecto, hubo poca destrucción de sólidos NET en el sistema.

En el sistema de prueba, debido a que se consumen 517 gramos de sólidos, alrededor del 19% de los SS afluentes se digieren y se mineralizan, insignificante en comparación con la mineralización NET de sólidos en el tanque de control.

V. Discusión

A. Rendimiento de los efluentes

Como se muestra en las gráficas, el sistema tratado por bacterias tenía un mejor rendimiento efluente que el del sistema no tratado (el de control). La tabla de abajo resume los parámetros clave.

Rendimiento Promedio de los Efluentes

A. 65 Días de Prueba:

	<u>Prueba</u>	<u>Control</u>
SS	62	86
COD Total	262	318
COD Soluble	155	168

B. Primeros 28 Días

	<u>Prueba</u>	<u>Control</u>
SS	58	55
COD Total	269	283
COD Soluble	159	165

C. Últimos 37 Días

	<u>Prueba</u>	<u>Control</u>
SS	67	116
COD Total	255	354
COD Soluble	152	171

Estos datos indican que el uso de bacterias sometidas al proceso de la patente citada tiene un efecto beneficioso en el proceso de tratamiento.

B. Sólidos Producidos

Durante los 65 días de prueba, la tasa de acumulación de sólidos en el tanque de prueba fue de 2,030 gramos comparados con los 2,456 gramos en el tanque de control. Al principio, cada sistema tenía una capa de lodo de 2 pulgadas en la base del tanque, o una capa con un volumen total de alrededor de 0.28 pies cúbicos. Al final de la prueba, el volumen total del manto de lodo el sistema de control había alcanzado los 0.84 pies cúbicos, mientras que el manto de lodo en el sistema de prueba había aumentado a 0.66 pies cúbicos.

El volumen total del sistema fue de 36 galones, o alrededor de 4.8 pies cúbicos. Suponiendo que el sistema necesitaría ser bombeado cuando la capa de lodo alcanzara $\frac{1}{2}$ del volumen total, el sistema necesitaría ser bombeado cuando la capa de lodos sobrepasara los 2.4 metros cúbicos.

La tasa de acumulación en el sistema de control era $(0.84-0.28) / 65$, o alrededor de 0.0086 metros cúbicos por día. La tasa de acumulación en el sistema de prueba fue

$(0.66 - 0.28) / 65$ o alrededor de 0.0058 metros cúbicos por día. Comenzando con ningún manto de lodo apreciable, la tasa de acumulaciones exhibidas en el sistema de control provocaría bombeo en $(2.4/0.0086) = 279$ días. Sin embargo, en el sistema de prueba, se necesitaría un bombeo en $(2.4/0.0058) = 414$ días.

Estos datos demuestran que el uso de bacterias sometidas a condiciones de inanición como lo cita la patente podría extender el tiempo requerido entre bombeos en esta evaluación en un 50%. Junto con la mejora de efluentes que se demostró en este estudio, el uso del suplemento bacteriana, preparado de acuerdo con los métodos de la patente citada, proporciona un beneficio significativo a los sistemas de tratamiento, y en particular aquellos en los que la acumulación de lodos es motivo de preocupación.