

**SISTEMA DE FOSA SEPTICA MEJORADA PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS  
F.A.L.G. III**

**TANIA MARIA SANZ ROSERO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
SAN JUAN DE PASTO**

**2002**

**SISTEMA DE FOSA SEPTICA MEJORADA PARA EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS  
F.A.L.G. III**

**TANIA MARIA SANZ ROSERO**

**Trabajo de Grado para optar al titulo de  
Ingeniero Civil**

**Director  
ROBERTO SALAZAR CANO  
Ingeniero Civil  
Magíster en Ingeniería Sanitaria y Ambiental**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE DISEÑO Y CONSTRUCCION  
SAN JUAN DE PASTO**

**2002**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

**San Juan de Pasto, 12 de Noviembre de 2002.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Zoila Rosero y Jorge Sanz

A quienes les agradezco mi existencia,

A mis hermanos Diana y Daniel,

A mi hija Alejandra quien inspira cada segundo de mi  
Vida y a esa personita tan especial que siempre en todo  
Momento me ha apoyado con su amor, Jorge L.

A todos mis compañeros y profesores que me rodearon  
con su amistad y comprensión.

Y especialmente a Dios. Gracias.

Tania Sanz.

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora de este trabajo expresa sus agradecimientos a:

Roberto E. Salazar Cano, Ingeniero Civil por su valiosa orientación en el desarrollo del trabajo y por permitir ser parte de esta investigación.

Roberto García, Técnico laboratorista del área de hidráulica de Ingeniería de la Universidad de Nariño, por su constante orientación, dedicación y compromiso a lo largo de este trabajo.

Ingeniera Doris Martínez, Secretaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño, por su valiosa colaboración.

Directivos del SENA regional Nariño y al la Comunidad de padres Somáticos del Instituto Correccional Santo Angel.

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCION</b>	<b>36</b>
<b>1. MARCO TEORICO</b>	<b>38</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>38</b>
<b>1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	<b>39</b>
1.2.1 Poblaciones medianas – grandes	40
1.2.2 Poblaciones pequeñas	41
<b>1.3 TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES</b>	<b>41</b>
1.3.1 Digestión anaerobia	41
<b>1.4 FOSA SEPTICA</b>	<b>43</b>
1.4.1 Principios de funcionamiento de las fosas sépticas	44
1.4.2 Funcionamiento y operación	45
1.4.2.1 Problemas en la operación	46
1.4.2.2 Inspección de rutina	48
1.4.2.3 Intervalo de limpieza	49
<b>1.5 PLANTA EXPERIMENTAL PILOTO</b>	<b>50</b>
1.5.1 Localización	50
1.5.2 Captación	50
1.5.3 Etapas del sistema de tratamiento	50

1.5.4	Funcionamiento del sistema	51
1.5.5	Adecuación de la Planta Experimental Piloto	52
<b>1.6</b>	<b>FOSA SEPTICA MEJORADA</b>	<b>55</b>
1.6.1	Generalidades	56
1.6.2	Componentes	56
1.6.2.1	Cámara de llegada y aquietamiento	56
1.6.2.2	Tubo de entrada	57
1.6.2.3	Compartimento principal	57
1.6.2.3.1	Lamina inclinada	57
1.6.2.3.2	Zona de sedimentación	57
1.6.2.3.3	Zona de digestión y de almacenamiento de lodos	58
1.6.2.3.4	Zona de gases	58
1.6.2.4	Tubo de salida	58
1.6.2.5	Cámara de salida y distribución	58
1.6.2.6	Cubierta	59
1.6.3	Funcionamiento	59
1.6.4	Datos preliminares	60
<b>1.7</b>	<b>FUNCIONAMIENTO Y EVALUACION DEL SISTEMA</b>	<b>65</b>
1.7.1	Antecedentes	65
1.7.2	Mantenimiento de la fosa séptica mejorada	66
1.7.2.1	Limpieza de la cámara de aquietamiento	66
1.7.2.2	Limpieza del compartimento principal	66
1.7.2.3	Limpieza de la cámara de distribución	67

<b>1.8 FACTORES NEGATIVOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</b>	<b>68</b>
1.8.1 Cloro	68
1.8.2 Temperatura	68
1.8.3 Carga Orgánica	69
<b>1.9 LABORATORIOS REALIZADOS</b>	<b>69</b>
1.9.1 Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.)	69
1.9.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O5)	70
1.9.3 Alcalinidad	70
1.9.4 Dureza	70
1.9.5 Potencial de hidrógeno (Ph)	71
1.9.6 Conductividad	71
1.9.7 Nitritos	71
1.9.8 Nitratos	72
1.9.9 Sólidos suspendidos (S.S.)	72
1.9.10 Oxígeno disuelto	72
1.9.11 Cloro residual	72
1.9.12 Ensayo de Trazadores para determinar el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) de la Fosa Séptica Mejorada	73
1.9.13 Determinación del caudal real	74
1.9.14 Observaciones	75
1.9.14.1 Coliformes Totales	75
1.9.14.2 Parámetros de Temperatura, Alcalinidad, Dureza, Nitratos, Ph y Oxígeno disuelto	76



<b>2. ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>77</b>
<b>2.1 RESULTADOS FOSA SEPTICA MEJORADA</b>	<b>77</b>
<b>2.2 RESULTADOS SISTEMA ANAEROBIO</b>	<b>83</b>
<b>3. CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
<b>4. RECOMENDACIONES</b>	<b>104</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>108</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Tanque séptico convencional	50
<b>Figura 2.</b> Esquema general de la planta experimental piloto F.A.L.G.	54
<b>Figura 3.</b> Cámara de distribución y vertederos. Fosa séptica mejorada	61
<b>Figura 4.</b> Zonas de la fosa séptica mejorada	61
<b>Figura 5.</b> Vista en planta. Fosa séptica mejorada	62
<b>Figura 6.</b> Perfil. Fosa séptica mejorada	63
<b>Figura 7.</b> Cubierta. Fosa séptica mejorada	64
<b>Figura 8.</b> Variación DQO – DBO5 entrada fosa séptica mejorada	86
<b>Figura 9.</b> Variación DQO – DBO5 salida fosa séptica mejorada	87
<b>Figura 10.</b> Variación DQO. Fosa séptica mejorada	88
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de remoción de DQO durante las fases II y III. Fosa séptica mejorada	89
<b>Figura 12.</b> Comparación del porcentaje de remoción de DQO entre las Fases II y III. Fosa séptica mejorada	90
<b>Figura 13.</b> Variación DBO5. Fosa séptica mejorada	91
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de remoción de DBO5 durante las fases II y III. Fosa séptica mejorada	92
<b>Figura 15.</b> Comparación del porcentaje de remoción de DBO5 entre las	

Fases II y III. Fosa séptica mejorada	93
<b>Figura 16.</b> Variación S.S. Fosa séptica mejorada	94
<b>Figura 17.</b> Porcentaje de remoción de S.S. durante las fases II y III. Fosa séptica mejorada	95
<b>Figura 18.</b> Comparación del porcentaje de remoción de S.S. entre las Fases II y III. Fosa séptica mejorada	96
<b>Figura 19.</b> Ensayo de Trazadores para determinar el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH). Fosa séptica mejorada	97
<b>Figura 20.</b> Porcentaje de remoción de DQO en presencia de cloro residual	98
<b>Figura 21.</b> Porcentaje de remoción de DBO5 en presencia de cloro residual	99
<b>Figura 22.</b> Caída de la concentración del cloro residual a través del sistema	100

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Calculo del caudal real para la fosa séptica mejorada	74
<b>Tabla 2.</b> Resumen del % de remoción de DQO obtenido para la fosa séptica mejorada durante las fases II y III	81
<b>Tabla 3.</b> Resumen del % de remoción de DBO5 obtenido para la fosa séptica mejorada durante las fases II y III	81
<b>Tabla 4.</b> Resumen del % de remoción de S.S. obtenido para la fosa séptica mejorada durante las fases II y III	81
<b>Tabla 5.</b> Resumen del % de remoción de DQO obtenido para la fosa séptica Mejorada entre las fases II y III	82
<b>Tabla 6.</b> Resumen del % de remoción de DBO5 obtenido para la fosa séptica Mejorada entre las fases II y III	82
<b>Tabla 7.</b> Resumen del % de remoción de S.S. obtenido para la fosa séptica Mejorada entre las fases II y III	82
<b>Tabla 8.</b> Resumen del % de remoción de DQO obtenido para el sistema anaerobio durante las fases II y III	84
<b>Tabla 9.</b> Resumen del % de remoción de DBO5 obtenido para el sistema Anaerobio durante las fases II y III	84
<b>Tabla 10.</b> Resumen del % de remoción de S.S. obtenido para el sistema	

anaerobio durante las fases II y III

84

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Pretratamiento	108
<b>Anexo 2.</b> Mallas de desbaste antes del mantenimiento	109
<b>Anexo 3.</b> Vista de las mallas antes del mantenimiento	109
<b>Anexo 4.</b> Vista de la fosa séptica mejorada	110
<b>Anexo 5.</b> Cámara de entrada	110
<b>Anexo 6.</b> Ventanas superiores	111
<b>Anexo 7.</b> Mantenimiento de la fosa séptica mejorada	111
<b>Anexo 8.</b> Vertederos de salida	112
<b>Anexo 9.</b> Vista general del sistema	112
<b>Anexo 10.</b> Tabla tiempo de retención – Contribución diaria	113
<b>Anexo 11.</b> Tabla de aforos. Fosa séptica mejorada	114
<b>Anexo 12.</b> Ensayo de Trazadores para determinar el Tiempo de Retención Hidráulico.	115
<b>Anexo 13.</b> Normas sobre vertimiento de aguas residuales en Colombia	116
<b>Anexo 14.</b> Relación DQO – DBO5 entrada Fosa séptica mejorada	118
<b>Anexo 15.</b> Relación DQO – DBO5 salida Fosa séptica mejorada	119
<b>Anexo 16.</b> Demanda Química de oxígeno (DQO). Fosa séptica mejorada	120
<b>Anexo 17.</b> Demanda Bioquímica (DBO5). Fosa séptica mejorada	121

<b>Anexo 18.</b> Sólidos Suspendidos (S.S.). Fosa séptica mejorada	122
<b>Anexo 19.</b> Comparación de contenido de cloro con porcentaje de remoción DBO <sub>5</sub> . Fosa séptica mejorada	123
<b>Anexo 20.</b> Comparación de contenido de cloro con porcentaje de remoción DQO. Fosa séptica mejorada	124
<b>Anexo 21.</b> Temperatura	125
<b>Anexo 22.</b> Alcalinidad	126
<b>Anexo 23.</b> Dureza	127
<b>Anexo 24.</b> Nitritos	128
<b>Anexo 25.</b> Nitratos	129
<b>Anexo 26.</b> Potencial de hidrógeno (Ph)	130
<b>Anexo 27.</b> Oxígeno disuelto (OD)	131
<b>Anexo 28.</b> Demanda Química de Oxígeno (DQO). Sistema anaerobio sin decantador	132
<b>Anexo 29.</b> Demanda Química de Oxígeno (DQO). Sistema anaerobio con decantador	133
<b>Anexo 30.</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ). Sistema anaerobio sin decantador	134
<b>Anexo 31.</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ). Sistema anaerobio con decantador	135
<b>Anexo 32.</b> Sólidos Suspendidos (S.S.). Sistema anaerobio sin decantador	136
<b>Anexo 33.</b> Sólidos Suspendidos (S.S.). Sistema anaerobio con decantador	137

## GLOSARIO

**ABSORCIÓN:** fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

**ACIDEZ:** la capacidad de una solución acuosa para reaccionar con los iones hidróxido hasta un pH de neutralización.

**ACIDOGÉNESIS** : etapa básica del proceso anaerobio en la cual las moléculas pequeñas, producto de la hidrólisis, se transforman en hidrogeno, gas carbónico y ácidos orgánicos.

**ADSORCIÓN:** fenómeno físicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido.

**AERACIÓN:** proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

**AFLUENTE:** agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.



**AGUA RESIDUAL:** agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.

**AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA:** agua de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

**ANÁLISIS:** el examen de una sustancia para identificar sus componentes.

**BACTERIAS:** grupo de organismos microscópicos unicelulares, con cromosoma bacteriano único, división binaria y que intervienen en los procesos de estabilización de la materia orgánica.

**BACTERIA AEROBIA:** bacteria que vive y se produce tan solo en un ambiente que contenga oxígeno disuelto utilizable para su respiración, como oxígeno atmosférico u oxígeno disuelto en el agua. El oxígeno combinado químicamente, como las moléculas de agua, H<sub>2</sub>O, no puede ser usado por las bacterias para su respiración.

**BACTERIA ANAEROBIA:** bacteria que vive y se produce en un ambiente que no contenga oxígeno disuelto o libre. Las bacterias anaerobias obtienen el oxígeno que necesitan a partir de compuestos químicos que lo contienen, como sulfatos y nitratos.

**BIODEGRADACIÓN:** transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos.

**BIOPELÍCULA:** película biológica adherida a un medio sólido y que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica.

**CÁMARA:** compartimento con paredes, empleado para un propósito específico.

**CARGA DE DISEÑO:** relación entre caudal y concentración de un parámetro específico que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

**CARGA ORGÁNICA:** producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio.

**CARGA SUPERFICIAL:** caudal o masa de un parámetro por unidad de área que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento.

**CAUDAL MÁXIMO HORARIO:** caudal a la hora de máxima descarga.

**CAUDAL MEDIO:** promedio de los caudales diarios en un período determinado.

**CAUDAL PICO:** caudal máximo en un intervalo dado.

**CIENO:** es una acumulación de sólidos en el fondo de una Fosa Séptica.

**CLARIFICACIÓN:** proceso de sedimentación para eliminar los sólidos sedimentables del agua residual.

**CLORACIÓN:** aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua residual para desinfección y en algunos casos para oxidación química o control de olores.

**COAGULACIÓN:** aglomeración de partículas coloidales ( $\ll 0,001$  mm) y dispersas (0,001 a 0,01 mm) en coágulos visibles, por adición de un coagulante.

**COLIFORMES:** bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a  $44,5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , en 24 horas, se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes).

**COLORIMETRÍA:** sistema de medida de concentraciones desconocidas en relación, con la calidad del agua, obtenido comparando el color de la muestra, tras añadir unos reactivos específicos, con el color de testigos de concentración conocida.

**CONDICIÓN AEROBIA:** condiciones en las que existe oxígeno libre o disuelto.

**CONDICIÓN ANAEROBIA:** condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.

**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO):** cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

**DEMANDA DE CLORO:** es la diferencia entre la cantidad de cloro añadida a las aguas residuales y la que queda, después de un determinado tiempo de contacto. Esta varía de acuerdo a la temperatura, la dosis, el tiempo, la naturaleza y la cantidad de impurezas en el agua.

**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO):** medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

**DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES:** purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos.

**DESHIDRATACIÓN DE LODOS:** proceso de remoción del agua contenida en los lodos.

**DESNITRIFICARON:** tipo de proceso biológico que transforma nitritos y nitratos a nitrógeno gaseoso.

**DIGESTIÓN:** descomposición biológica de la materia orgánica del lodo que produce una mineralización, licuefacción y gasificación parcial.

**DIGESTIÓN AEROBIA:** descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia de oxígeno.

**DIGESTIÓN ANAEROBIA:** descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia de oxígeno.

**EDAD DEL LODO:** parámetro de diseño y operación propio de los procesos de lodos activados que resulta de la relación de la masa de sólidos volátiles , presentes en el tanque de aeración dividido por la masa de sólidos volátiles removidos del sistema por día. El parámetro se expresa en días.

**EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO:** relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento, y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje:

$$\% \text{ Eficiencia} = ((\text{Valor de entrada} - \text{Valor de salida}) / \text{Valor de entrada}) * 100$$

**EFLUENTE:** liquido que sale de un proceso de tratamiento.

**EMISOR:** canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final.

**EXAMEN BACTERIOLÓGICO:** análisis para determinar y cuantificar el número de bacterias en las aguas residuales.

**FILTRO ANAEROBIO:** en este tipo de reactores existe un medio de soporte fijo inerte en el cual crecen adheridos los microorganismos. El agua residual puede tener un flujo vertical ascendente o descendente a través de la cámara. Usualmente no tiene un comportamiento final de sedimentación.

**FILTRO BIOLÓGICO:** sinónimo de "filtro percolador", "lecho bacteriano de contacto" o "biofiltro".

**FILTRO PERCOLADOR:** sistema en el que se aplica el agua residual sedimentada sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético. La película de microorganismos que se desarrolla sobre el medio filtrante estabiliza la materia orgánica del agua residual.

**GRADO DE TRATAMIENTO:** eficiencia de remoción de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los requisitos de calidad del cuerpo receptor o las normas de rehuso.

**INTERCEPTOR:** canal o tubería que recibe el caudal de aguas residuales de descargas transversales y las conduce a una planta de tratamiento.

**LAGUNA AEROBIA:** laguna con alta producción de biomasa.

**LAGUNA ANAEROBIA:** estanque con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en la ausencia de oxígeno. Este tipo de laguna requiere tratamiento posterior complementario.

**LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN:** estanque en el cual se descarga aguas residuales y en donde se produce la estabilización de materia orgánica y la reducción bacteriana.

**LAGUNA FACULTATIVA:** estanque cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día.

**LAGUNA DE MADURACIÓN:** estanque de estabilización para tratar el efluente secundario o aguas residuales previamente tratadas por un sistema de lagunas, en donde se produce una reducción adicional de bacterias. Los términos "lagunas de pulimento" o "lagunas de acabado" tienen el mismo significado.

**LODO ACTIVADO:** lodo constituido principalmente de biomasa con alguna cantidad de sólidos inorgánicos que recircula del fondo del sedimentador secundario al tanque de aeración en el tratamiento con lodos activados.

**LODO ACTIVADO DE EXCESO:** parte del lodo activado que se retira del proceso de tratamiento de las aguas residuales para su disposición posterior.

**LODO DIGERIDO:** lodo mineralizado a través de la digestión aerobia o anaerobia.

**MANEJO DE AGUAS RESIDUALES:** conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia con relación a las aguas residuales.

**MATERIA ORGÁNICA:** materia procedente de animales o vegetales. Puede ser consumida en general por bacterias y otros organismos pequeños

**MEDIO FILTRANTE:** material granular a través del cual pasa el agua residual con el propósito de purificación, tratamiento o acondicionamiento.

**MUESTRA COMPUESTA:** combinación de alicuotas de muestras individuales (normalmente en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo.



**MUESTRA PUNTUAL:** muestra tomada al azar a una hora determinada, su uso es obligatorio para el examen de un parámetro que normalmente no puede preservarse.

**MUESTREO:** Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar.

**NATAS:** conjunto parcialmente sumergido de sólidos flotantes que pueden formarse en la superficie del líquido presente dentro del depósito principal de una fosa séptica.

**NITRIFICACIÓN :** tipo de proceso biológico que transforma el nitrógeno amoniacal y orgánico a nitratos y nitritos.

**NUTRIENTE:** cualquier sustancia que al ser asimilada por organismos, promueve su crecimiento. En aguas residuales se refiere normalmente al nitrógeno y fósforo, pero también pueden ser otros elementos esenciales.

**OXÍGENO DISUELTO:** concentración de oxígeno solubilizado en un líquido.

**PLANTA DE TRATAMIENTO:** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales.

**PLANTA PILOTO:** planta de tratamiento a escala, utilizada para la determinación de las constantes cinéticas y parámetros de diseño del proceso.

**POTENCIAL DE HIDROGENO (Ph):** logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro.

**PRETRATAMIENTO:** procesos que acondicionan las aguas residuales para su tratamiento posterior.

**PROCESO BIOLÓGICO:** asimilación por bacterias y otros microorganismos de la materia orgánica del desecho, para su estabilización.

**PROCESO DE LODOS ACTIVADOS:** tratamiento de aguas residual es en el cual se somete a aeración una mezcla (licor mezclado) de lodo activado y agua residual. El licor mezclado es sometido a sedimentación para su posterior recirculación o disposición de lodo activado.

**REQUISITO DE OXÍGENO:** cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización aerobia de la materia orgánica y usada en la reproducción o síntesis celular y en el metabolismo endógeno.

**SEDIMENTACIÓN PRIMARIA:** remoción de material sedimentable presente en las aguas residuales crudas. Este proceso requiere el tratamiento posterior del lodo decantado.

**SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA:** proceso de separación de la biomasa en suspensión producida en el tratamiento biológico.

**SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SS):** constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

**SÓLIDOS VOLÁTILES (SV):** sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados (500+/- 50°C).

**SUSTANCIAS TRAZADORAS:** sustancias que sirven para estudiar el comportamiento real del flujo en una unidad de tratamiento y así la distribución de los periodos de retención de todos los elementos de fluido en ella.

**TANQUE SÉPTICO:** sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. El efluente es dispuesto por percolación en el terreno y los sólidos sedimentados y acumulados son removidos periódicamente en forma manual o mecánica.

**TRATAMIENTO ANAEROBIO:** estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

**TRATAMIENTO AVANZADO:** proceso de tratamiento físicoquímico o biológico para alcanzar un grado de tratamiento superior al tratamiento secundario.

**TRATAMIENTO BIOLÓGICO:** procesos de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.

**TRATAMIENTO DE LODOS:** procesos de estabilización, acondicionamiento y deshidratación de lodos.

**TRATAMIENTO PRIMARIO:** consiste en la eliminación de materia en suspensión, poco efectivo en la eliminación de la materia orgánica aunque reduce parte de la DBO suspendida.

**TRATAMIENTO SECUNDARIO:** nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión.

**TRATAMIENTO TERCIARIO:** tratamiento adicional al secundario. Permite obtener rendimientos en la eliminación de la DBO<sub>5</sub>, materia orgánica, así como reducir otros contaminantes como nutrientes, metales, etc.

**TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO (TRH):** es el tiempo que se necesita para llenar el deposito principal de la fosa séptica con un caudal dado, o el tiempo que necesita el caudal de agua residual determinado para pasar a través del deposito principal.

**VERTEDERO:** una obstrucción vertical, como por ejemplo, una placa o una pared, colocada en un canal abierto y calibrada de modo que, midiendo la altura del agua sobre el vertedero, se puede conocer el caudal que pasa.

## RESUMEN

El trabajo de grado denominado “**SISTEMA DE FOSA SEPTICA MEJORADA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS F.A.L.G III**”, en su tercera fase tiene como objetivo principal medir y evaluar la eficiencia del sistema (fosa séptica mejorada) como tratamiento primario de un agua residual doméstica, teniendo en cuenta los factores negativos que pueden incidir en dicho tratamiento, tales como la temperatura, el cloro libre en el agua y el aumento de la carga orgánica.

La planta física donde se está desarrollando la investigación se compone de un sistema de captación conformado por varias cajillas localizadas en las instalaciones del Instituto Correccional Santo Ángel y de la Planta Experimental piloto localizada en las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

Desde la captación se conducen las aguas residuales hasta la planta experimental, la cual está constituida por una fosa séptica mejorada, un filtro anaerobio de flujo ascendente y un decantador secundario que constituye un sistema de tipo anaerobio.

Para realizar la evaluación del sistema se llevaron a cabo una serie de análisis físicos y químicos a lo largo de las tres etapas de estudio, en esta tercera etapa se

trabajo por un periodo de 22 semanas en las cuales se evaluó el funcionamiento de la unidad de tratamiento, obteniéndose resultados que fueron analizados y comparados con las etapas anteriores mediante procesos matemáticos los cuales nos permitieron emitir conclusiones importantes acerca del sistema.

Al finalizar esta tercera etapa de investigación concluimos que este sistema tiene un buen desempeño en la depuración de aguas residuales para pequeñas comunidades, siendo económico y eficiente, todo esto teniendo en cuenta que parte del buen funcionamiento depende del correcto y oportuno mantenimiento.

## ABSTRACT

The thesis entitled “**SYSTEM OF IMPROVED INFECTIONS WELL FOR THE TREATMENT OF DOMESTIC REMAINING (RESIDUAL) WATER F.A.L.G. III**” in its third phase, has as its main objective to measure and evaluate the efficiency of the system (Improved infections well) as the primary treatment of domestic remaining water, taking into account the negative factors that may affect the treatment such as the temperature, the free chlorine in the water, and the increase of the organic load.

The physical plant where the research is being developed is composed of a detention system made of several small boxes located in the installations of the “Instituto Correctcional Santo Angel” and the Pilot Experimental Plant placed in the Installations of the “Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

From the retention, the remaining water is conducted to the experimental Plant, which is composed of an improved infection well, an anaerobic filter of ascending flow, and a secondary purifier that constitutes a system of anaerobic type.

To evaluate the system, a series of physical and chemical analyses was undertaken along the three study stages. This third stage lasted twenty-two (22) weeks in which the functioning of the treatment unit was evaluated, obtaining



results that were analyzed and compared to the previous stages by means of mathematical processes which enabled the researchers to draw important conclusions on the system.

After finishing this third research stage, it can be concluded that the system has a good performance in the purification of the remaining water for small communities, being economical as well as efficient; all that bearing in mind that part of the good performance depends on the correct and opportune maintenance.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se ha llevado a cabo como una tercera etapa del proyecto denominado: “SISTEMA DE FILTRO ANAEROBIO DE LECHO GRANULAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS F.A.L.G.” en su parte de **Fosa Séptica Mejorada**, cuya planta experimental piloto se encuentra ubicada en predios del SENA.

En su primera etapa (F.A.L.G. I) el proyecto consistió en el diseño, construcción, puesta en marcha y evaluación de las condiciones iniciales del sistema de tratamiento. Posteriormente en la segunda fase de la investigación (F.A.L.G. II), el propósito principal fue estudiar el proceso de maduración para determinar las eficiencias que pueden alcanzar las diferentes unidades del sistema en nuestro medio y bajo unas condiciones ambientales determinadas por el mismo.

En esta tercera fase de investigación (F.A.L.G. III) el objetivo principal es comprobar que el sistema de tratamiento sigue funcionando eficientemente teniendo en cuenta los factores desfavorables tales como la temperatura baja (por debajo de los 25°C) poco optima para la biodegradación de la materia orgánica y el cloro libre presente en el agua en forma de residuo de tratamientos de potabilización anteriores, el cual se encarga de destruir parte de las bacterias necesarias para llevar a cabo el proceso de degradación de la materia orgánica

debido a su acción germicida.

El proceso de la "F.A.L.G. 3" se dividió en tres tareas de suma importancia para nuestro estudio, las cuáles fueron: 1) operación y mantenimiento del sistema, 2) toma de muestras (compuestas) y ensayos de laboratorio, y 3) análisis de resultados.

En la operación y mantenimiento de este tipo de plantas se debe resaltar que los recursos humanos requeridos no exigen un alto nivel técnico ni científico y a su vez, la implementación de los materiales son de fácil obtención, pudiendo disponerse en ambos casos de recursos locales y logrando un óptimo funcionamiento del sistema.

Conociendo el nivel de eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales a lo largo de esta etapa de investigación, se procedió a la comparación de la eficiencia presentada en las etapas de investigación anteriores para analizar el ciclo de vida de la planta de tratamiento, el tipo y frecuencia de mantenimiento necesarios para dicho sistema y el grado de maduración del mismo.

Esta investigación busca emitir información de gran importancia para el desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales en nuestro medio, ya que es un tema vital para la protección y el manejo adecuado del medio ambiente. Además de incentivar a la elaboración de nuevas investigaciones en este campo.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La depuración de aguas residuales es el nombre que reciben los distintos procesos implicados en extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho de distinta procedencia. La depuración cobro importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema cada vez mayor de la contaminación humana del medio ambiente. [7]

A comienzos del siglo XX algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevo a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la Fosa Séptica como mecanismo para el tratamiento de aguas residuales domesticas tanto en áreas suburbanas como en las rurales. Para el tratamiento en instalaciones publicas se adopto primero la técnica del filtro de goteo. Durante la segunda década del siglo, el proceso de lodo activado, desarrollado en Gran Bretaña, supuso una mejora significativa por lo que empezó a emplearse en muchas localidades de ese país y de todo el mundo. Desde la década de 1970 se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más significativo del tratamiento químico.

En el momento presente dependemos de los procesos para el tratamiento de muchos tipos de residuo, restringiendo en gran medida los químicos, más costosos, a los residuos industriales tóxicos o ha aquellos especialmente recalcitrantes. Los sistemas de tratamiento de los residuos biológicos realmente consisten en cultivos microbianos forjados por el hombre y concebidos para transformar grandes cantidades de material carbonaceo en productos inofensivos.

En términos generales los sistemas de tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir en dos tipos: los sistemas que emplean procesos fisico-químico y los que se sustentan en procesos biológicos. Los procesos biológicos se distinguen a su vez en procesos aerobios y procesos anaerobios, dependiendo de si requieren para su operación del suministro del aire o no. <sup>[7]</sup>

## **1.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Uno de los aspectos a considerar a la hora de realizar un vertido es que no supere el poder de autodepuración del medio receptor para evitar efectos indeseables que dan lugar a una peor calidad. En la última década hay una política clara de exigencias y se ha avanzado mucho en el tratamiento de aguas residuales tanto urbanas como industriales.

Los métodos de tratamiento pueden clasificarse en físicos, físico-químicos o biológicos.

Según el objetivo del tratamiento distinguimos entre:

- Procedimiento para la separación de partículas (sedimentación, floculación)
- Procedimientos para la eliminación de materia orgánica biodegradable anaerobio y anaerobio).

Procedimiento para la eliminación de materia orgánica disuelta (absorción, adsorción, filtración con membranas, desorción con aire..)

- Procedimiento de separación de contaminantes inorgánicos en agua (precipitación química, adsorción, filtración, intercambio iónico)

Según las aguas a tratar:

- Estación de tratamiento de aguas potables (ETAP)
- Estación depuradora de aguas residuales (EDAR)
- Estación de tratamientos de aguas industriales<sup>[10]</sup>

En los tratamientos de aguas residuales se distingue entre poblaciones mediana—grandes o pequeñas.

**1.2.1 Poblaciones medianas — grandes.** En estas se incluye:

- Pretratamientos.
- Tratamientos primarios: Es un proceso físico y/o químico que cumple requisitos de eliminación de DBO y sólidos suspendidos. Dentro de este proceso unitario se puede incluir la decantación primaria, flotación y los procesos físico

químicos permitiendo estos últimos un incremento en la reducción de la materia orgánica y la DBO. La decantación que se lleva a cabo en este tipo de tratamientos se realiza por medio de decantadores primarios cuyo rendimiento en la eliminación de sólidos suspendidos y DBO es de 60 – 65 % y 30 – 35 % respectivamente.<sup>[2]</sup>

- Tratamientos secundarios.
- Tratamientos terciarios.
- Tratamiento de fangos.

**1.2.2 Poblaciones pequeñas.** Se recurre a tecnologías blandas de depuración y sistemas simples. Son más simples y menos costosas porque el gasto de todos los tratamientos anteriores sería demasiado, en estos se produce una degradación natural de la materia orgánica.<sup>[2]</sup>

### **1.3 TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES**

**1.3.1 Digestión Anaerobia.** Proceso biológico en el cual la materia orgánica biodegradable es asimilada por una serie de microorganismos bajo condiciones específicas (ausencia de oxígeno), empleando parte de esta materia orgánica en la síntesis de nuevas células, sufriendo el resto un proceso de oxidación hasta los productos finales. Los productos finales de la degradación son gases, principalmente metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y pequeñas cantidades de

sulfuro de hidrogeno ( $H_2S$ ), mercaptano (RSH) e hidrogeno( $H_2$ ).<sup>[7]</sup>

Para un buen control, seguimiento y optimización anaerobio es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros:

Parámetros de operación:

- Fase de arranque
- Carga orgánica
- Velocidad de carga orgánica
- Toxicidad
- Temperatura
- Velocidad volumétrica de flujo
- Tiempo hidráulico de residencia
- Nutrientes
- Producción de fangos

Parámetros de control:

- Concentración de ácidos volátiles  
Alcalinidad y pH
- Sólidos suspendidos, volátiles y totales
- Producción de metano y gas total<sup>[9]</sup>



## 1.4 FOSA SEPTICA

Consiste en un depósito cerrado generalmente enterrado, diseñado y construido para recibir la descarga de aguas residuales con fines de saneamiento por medio de la separación de los sólidos de los líquidos, digestión de la materia orgánica y almacenamiento de los sólidos digeridos durante un periodo de retención, con el fin de permitir a los líquidos clarificados parcialmente, ser descargados para su eliminación final o conducidos a un sistema de postratamiento, (Ver Figura 1).

Se recomienda para:

- Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillados.
- Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
- Retención previa de sólidos sedimentables, cuando la red de alcantarillado presenta diámetros reducidos.

Los efluentes de tanques sépticos no deben ser dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial. Deben llevar un sistema de post-tratamiento para mejorar la calidad del vertimiento.

La fosa séptica engloba en un solo proceso:

- Pretratamiento

- Tratamiento primario de las aguas residuales
- Tratamiento parcial de los fangos primarios producidos <sup>[10]</sup>

Los tanques sépticos sirven como tanque combinado de sedimentación y desnatación, como digestor anaeróbico sin calentamiento y como tanque de almacenamiento de lodos. Un sistema que cuente con tanque séptico seguido de una instalación para disposición del efluente por método de absorción sobre el suelo, se conoce como sistema convencional para el manejo in situ de aguas residuales. <sup>[9]</sup>

En general, la remoción para aguas residuales domésticas típicas de DBO y DQO en un tanque séptico puede ser del 30% al 50% y del 50% al 70% para sólidos suspendidos siendo esta última su principal función. <sup>[4]</sup>

**1.4.1 Principios de funcionamiento de las fosas sépticas.** Dentro de una fosa séptica se llevan a cabo tres procesos fundamentales que permiten realizar un tratamiento primario al agua afluyente, tales procesos se mencionan a continuación:

- **Eliminación de Sólidos.** A medida que las aguas negras entran en la fosa séptica, su velocidad de flujo se reduce de tal forma que los sólidos mayores se hunden al fondo o suben a la superficie. Estos sólidos se detienen en el depósito

principal de la fosa séptica y el efluente ya clarificado es descargado a tratamientos posteriores.

- **Tratamiento biológico.** Los sólidos o líquidos que se encuentran en el depósito principal de la fosa séptica son sometidos a descomposición por procesos naturales y bacteriológicos. Las bacterias presentes son de la variedad llamada anaerobia que prosperan en la ausencia de oxígeno libre. Esta descomposición o tratamiento de aguas negras en condiciones anaerobias es llamada "Séptica".

- **Tratamiento de Cieno y Natas.** . Cieno y natas en un menor grado, serán digeridos y compactadas a un menor volumen. Sin embargo, por eficiente que sea el proceso siempre permanecerá un residuo sólido de material inerte. Debe haber espacio en el interior de la fosa séptica para almacenar este residuo durante el intervalo entre limpiezas determinado en el diseño; de otra forma, el cieno y las natas podrían ser expulsados finalmente del depósito principal y podrían obstruir las tuberías o el campo de eliminación. <sup>[4]</sup>

**1.4.2 Funcionamiento y operación.** Los sólidos sedimentables que se encuentran en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo del tanque séptico. Las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie donde forman una capa flotante de espuma. La zona comprendida

entre la de lodos y la de espuma corresponde al agua tratada y se puede llevar para disposición en campos de infiltración o ser sometida a una unidad de tratamiento si ésta existe. La materia orgánica retenida en el fondo del tanque se somete a un proceso de descomposición anaerobia y facultativa, transformándose en compuestos y gases estables como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y sulfuro de hidrógeno. [7]

A pesar que la descomposición anaerobia reduce el volumen del material sólido depositado en el fondo del tanque, existe siempre una acumulación neta de lodo. Parte del lodo alimentado se adhiere a las burbujas de gas generadas en el proceso de descomposición del material sólido del fondo del tanque, y asciende junto con ellas aumentando el espesor de la capa de espuma formada en la superficie del tanque. A largo plazo, la acumulación de lodo y espuma hace que se reduzca la capacidad volumétrica efectiva del tanque; por tanto, es conveniente realizar bombeos periódicos del contenido del tanque a manera de mantenimiento programado. [7]

**1.4.2.1 Problemas en la operación.** El problema más importante que se presenta en la operación del tanque séptico es el arrastre de sólidos, grasas y aceites. Este arrastre de sólidos en el efluente del tanque séptico ocasiona la reducción prematura en la capacidad de asimilación de carga hidráulica en los campos de disposición de efluente por infiltración, dando origen a la formación de zonas

húmedas en la vecindad de las zanjas de infiltración y, en últimas, la acumulación del efluente en la superficie del suelo. <sup>[6]</sup> Esto puede solucionarse mediante la instalación de unidades separadoras de grasas y aceites (trampa de grasas), o se puede adecuar el tanque séptico transformando el diseño dando lugar a un Tanque separador de grasas y aceites.

El ingreso de aguas subterráneas al tanque séptico sin impermeabilización trae como resultado:

- Sobrecarga hidráulica de los sistemas de disposición en campos de infiltración, provocando la acumulación del efluente en la superficie del suelo
- Interrupción del proceso de digestión anaerobia que se desarrolla dentro del tanque séptico.
- Severa sobrecarga hidráulica en los procesos de tratamiento dispuestos aguas abajo, como es el caso de los filtros de lecho empacado intermitente y con recirculación. <sup>[6]</sup>

Para evitar el ingreso de aguas subterráneas se debe impermeabilizar previamente el tanque y posteriormente realizar la prueba de permeabilidad. Esta prueba se realiza llenado el tanque con agua y aguardando 24 horas. Si no se presentan fugas de agua después de dicho tiempo, el tanque es aceptado.

Debido a que parte del agua se absorbe en el concreto, es conveniente llenarlo de nuevo y esperar otras 24 horas; si se presentan pérdidas totales superiores a 1 galón de agua, el tanque es rechazado. Para evitar que la cubierta se separe del cuerpo del tanque durante las pruebas hidrostáticas, el nivel de agua se debe controlar. Es necesario que el procedimiento antes descrito se repita una vez el tanque es instalado. <sup>[6]</sup>

El mantenimiento adecuado del tanque séptico es primordial para su buen funcionamiento y evitar problemas de operación. Para esto es necesario tener en cuenta los intervalos de limpieza y las inspecciones rutinarias establecidas para estos tipos de depósitos.

**1.4.2.2 Inspección de rutina.** La inspección rutinaria de tanques sépticos realizada una o dos veces al año contempla:

- Revisión de la impermeabilidad del tanque.
- Revisión del ingreso de aguas extrañas al tanque
- Revisión de empaques en las conducciones, que conectan el tanque séptico con el sistema de disposición en campos de infiltración.
- Revisión de la acumulación de lodo y espuma.

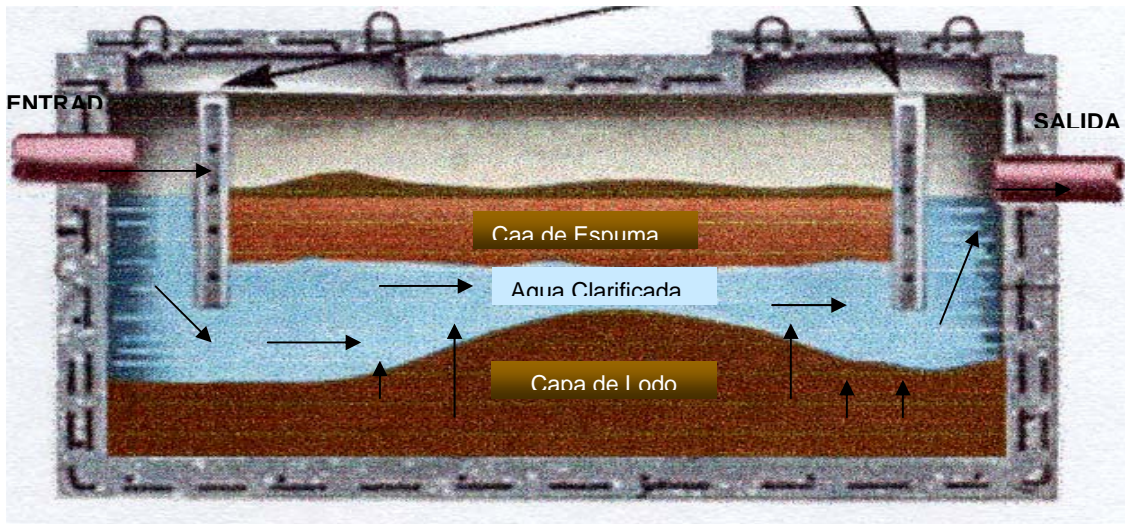
Para medir el espesor de la capa de espuma se utiliza una vara en forma de L, la cual se empuja a través de la capa de espuma hasta alcanzar el fondo de la misma. El espesor de la capa se determina al leer la escala de la vara. Así mismo para medir el espesor de la capa de lodo se utiliza el método de la extinción de la luz. Tal prueba consiste en sumergir una fuente luminosa en el interior del tanque; la fuente de luz se puede observar mientras atraviesa la columna de agua, ya que cuando alcanza la capa de lodo se extingue.

Para esto también se puede seguir el siguiente procedimiento:

1. Construir una vara lo suficiente mente larga para tocar el fondo de la Fosa séptica a la cual se le envolverá tela de toalla blanca.
2. Meter la vara hasta que toque el fondo del tanque.
3. Después de varios minutos, retirar la vara cuidadosamente mostrando la profundidad de los lodos y la profundidad del liquido del tanque. <sup>[4]</sup>

**1.4.2.3 Intervalo de limpieza.** La unidad deberá limpiarse antes de que se acumule demasiado lodo o natas. Si el lodo o la espuma se acerca mucho al dispositivo de salida pueden ser arrastrados fuera de la misma, provocando problemas de atascamiento. Los lodos y espumas acumuladas deben de retirarse en intervalos de tiempo equivalentes al periodo de limpieza del proyecto. Estos intervalos se pueden ampliar o disminuir siempre que se justifique y no afecten los rendimientos de operación. <sup>[4]</sup>

**Figura 1.** Tanque Séptico de tipo convencional con sus diferentes zonas.



## 1.5 PLANTA EXPERIMENTAL PILOTO

**1.5.1 Localización.** La planta experimental piloto para el tratamiento de aguas residuales domesticas, se encuentra ubicada en predios del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), finca Lope en el kilómetro 9 de la vía al oriente, sobre el margen izquierdo del río Pasto. ( Ver Anexos 1 al 9).

**1.5.2 Captación.** Se toma el agua proveniente de las cajillas de desagüe del Centro de Rehabilitación para el Menor SANTO ANGEL, y luego se conduce a una cajilla final provista de dos rejillas para retención de sólidos. Posteriormente el agua residual es transportada por una tubería tipo PVC de 2" de diámetro, y 175 m de longitud, a la planta experimental piloto.



**1.5.3 Etapas del sistema de tratamiento.** El sistema esta compuesto por las siguientes etapas de tratamiento:

- Desbaste o pretratamiento, (Ver Anexos 1 y 2).
- Fosa Séptica Mejorada, ( Ver Anexo 4 ).
- Filtro anaerobio de Soporte fijo.
- Decantador Secundario

**1.5.4 Funcionamiento del sistema.** El agua proveniente de las cajillas de desagüe del Centro de Rehabilitación SANTO ANGEL llega a la unidad de pretratamiento que consiste en una cajilla provista de una malla de 1/4 “dispuesta para la retención de los residuos de gran tamaño ( Ver Anexo 1 y 4 ), cumpliendo con un doble objetivo: - proteger la planta experimental piloto de la llegada intempestiva de material grueso que puede provocar obstrucción en las diferentes unidades de la instalación incluyendo las conducciones, - separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrasadas por el agua residual bruta, que podrían complicar la eficiencia del tratamiento.

El agua pretratada llega a la unidad de tratamiento primario (FOSA SEPTICA MEJORADA) a través de una tubería PVC de 2” de diámetro. El cuerpo principal del tanque Séptico es un deposito por el que pasa el agua residual con el objetivo

de someterla a una sedimentación. A su vez el fango sedimentado se almacena en el mismo deposito siendo sometido a una digestión anaerobia.

Posteriormente el efluente se distribuye a dos unidades por medio de vertederos ( Ver Anexo 8 ), una de tratamiento aerobio de lecho bacteriano ( Filtro Aerobio ) y la segunda unidad es de tratamiento anaerobio de lecho granular fijo ( Filtro Anaerobio ) En este ultimo el agua residual es puesta en contacto con la biopelícula adherida al medio de soporte ( grava ) circulando de abajo hacia arriba para estabilizar la materia orgánica. Esta unidad alimenta un decantador secundario con el objetivo de remover la cantidad de biopelícula que desprende el material de soporte cuando este pierde la capacidad de adhesión y es arrastrada por el efluente.

La conexión de las unidades descritas anteriormente originan dos líneas de tratamiento:

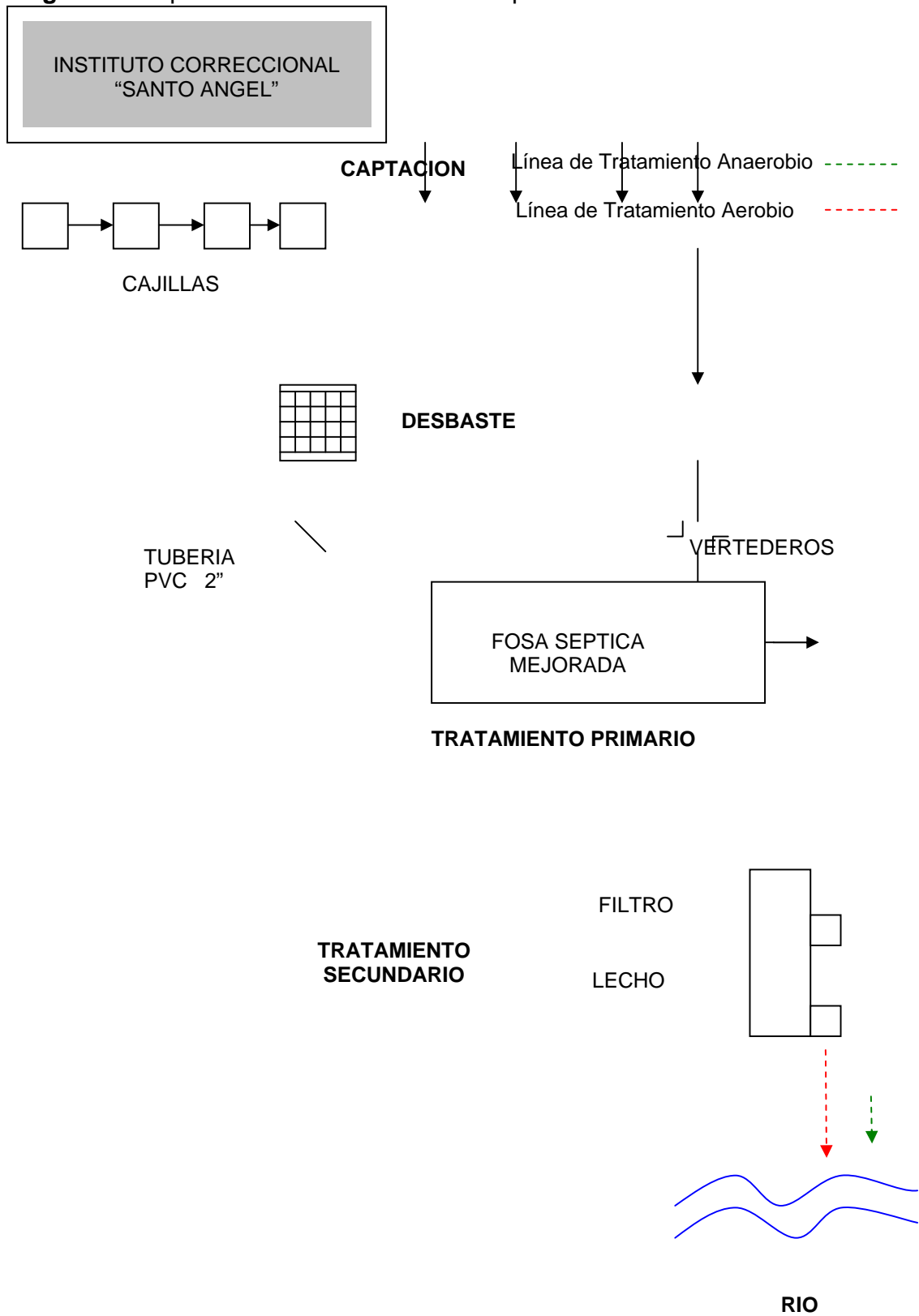
- Línea de tratamiento anaerobio - aerobio: fosa séptica y lecho bacteriano.
- Línea de tratamiento anaerobio: fosa séptica, filtro anaerobio y un decantador secundario

**1.5.5 Adecuación de la Planta Experimental Piloto.** Al culminar la anterior fase F.A.L.G II <sup>[5]</sup> fue necesario realizar algunos arreglos para dar inicio a la presente

fase F.A.L.G III ya que en el momento de recibir las instalaciones se observaron ciertas fallas en el funcionamiento de la planta experimental. Estos arreglos fueron:

- Limpieza y mantenimiento: donde se incluyo corte y eliminación de maleza que rodean el lugar, mantenimiento de las diferentes unidades además de proporcionarles una capa de cal.
- Sondeo de Tubería y Cajillas: esto fue necesario ya que se encontraba obstruida con material pétreo, papeles, palos, etc.
- Cambio de un tramo de la Tubería de conducción: este se perforo debido a que se encontraba sobre la superficie del área utilizada para el arado por parte de los reclusos.
- Cambio de las rejillas de la cámara de recolección: el estado de estas era deplorable y los residuos sólidos de gran tamaño en su mayoría no eran retenidos,( Ver Anexo 1 y 2 ).
- Cambio de las rejillas del vertedero de salida de la Fosa Séptica Mejorada: ya que se encontraban oxidados y no cumplían con su función.
- Cambio de las flautas de distribución de caudal del Filtro aerobio: la mayoría de los orificios se encontraban obstruidos y algunos tramos estaban rotos.

**Figura 2.** Esquema General de la Planta Experimental Piloto. F.A.L.G.



## 1.6 FOSA SÉPTICA MEJORADA

**1.6.1 Generalidades.** La fosa séptica mejorada consiste en un depósito cerrado dentro del cual se realiza un tratamiento primario de aguas residuales aplicable a viviendas aisladas, comunidades o núcleos rurales con una población no superior a 100 habitantes en servicio doméstico. Dicho tratamiento cumple con un doble objetivo:

- Decantación primaria donde hay una reducción de sólidos suspendidos y de material flotante.
- Digestión anaerobia y almacenamiento de fangos.

Una característica en cierta medida desfavorable de las fosas sépticas convencionales es que engloban a un mal decantador junto a un digester deficiente, por cuanto la digestión de los fangos decantados, producen gases que dificultan la sedimentación de los mismos en el depósito principal. Por tratarse de dos fenómenos incompatibles en la fase F.A.L.G I<sup>[1]</sup> se optó por realizar una mejora, que consistió en dividir por medio de una lamina inclinada el compartimento principal en tres zonas; una superior o zona de sedimentación, otra inferior o zona de almacenamiento y digestión y una zona de evacuación de gases, ( Ver Figura 4 ) de aquí el nombre de “FOSA SEPTICA MEJORADA”.

En la F.A.L.G II<sup>[5]</sup> se obtuvieron resultados de remoción para los parámetros de DQO, DBO y SS de 44.28%, 41.84% y 59.71% respectivamente demostrando ser un buen sedimentador, estos valores serán utilizados en este trabajo de grado para hacer una comparación con las eficiencias que se alcanzaron en la presente fase.

## **1.6.2 Componentes**

**1.6.2.1 Cámara de llegada y aquietamiento.** Está constituida por una cajilla de ladrillo en soga, revestido en su totalidad por un mortero de impermeabilización, (Ver Anexo 5 ).

La tubería que conduce el agua desde la captación está ubicada a una altura de 0.15 mts a partir del fondo de la cámara , (Ver figuras 3 y 5).

**1.6.2.2 Tubo de entrada.** Consiste en una Tee sanitaria de PVC de 3" de diámetro, ubicada su cota batea a 1,83 mts del fondo del depósito principal de la fosa séptica y a 0.15 mts del fondo de la cámara de entrada, ( Ver figura 4 ).

La Tee de entrada está acoplada a una tubería sanitaria en PVC de 3" de diámetro la cual penetra 0.15 mts cuando menos bajo el nivel del líquido en el depósito principal.

**1.6.2.3 Compartimento principal.** Es en si la parte mas importante del a Fosa Séptica Mejorada ya que dentro de este se llevan a cabo los procesos de sedimentación de sólidos suspendidos, tratamiento biológico por digestión de fangos y almacenamiento de cieno y natas, ( Ver Anexo 6 ).

Está constituido en muro doble de ladrillo y recubierto en su parte interna por una capa de mortero de repello, una capa de esmalte en cemento y una última capa de mortero especial para impermeabilización con el fin de prevenir filtraciones. La superficie externa está recubierta por un pañete de mortero impermeabilizado. El fondo del tanque está recubierto por una capa de mortero impermeable que provee el desnivel necesario para la evacuación del cieno a través de un desagüe de 6" de diámetro en tubería sanitaria de PVC, ( Ver Figuras 3, 4, 5 y 6).

**1.6.2.3.1 Lámina inclinada.** Constituida por una lámina de acero galvanizado de 1.20 mts de ancho por 2.40 mts de largo inclinada 35° respecto a la horizontal, empotrada en sus dos extremos a los muros de la fosa séptica atraviesa longitudinalmente el depósito principal, esta lámina además divide el depósito principal en las diferentes zonas, ( Ver Figuras 4, 5 y 6 ).

**1.6.2.3.2 Zona de sedimentación.** Comprende la parte superior sobre la lámina en el depósito principal. A esta zona llega el agua residual y se realiza la sedimentación de los sólidos suspendidos enviándolos a la parte inferior, ( Ver Figuras 3,4 y 6 ).

**1.6.2.3.3 Zona de digestión y almacenamiento de lodos.** Está ubicada en la parte inferior del tanque bajo la lámina inclinada. A esta zona llegan los sedimentos a través de una abertura situada en el fondo del compartimento superior. Está provista de un dintel metálico inclinado a 25 grados respecto a la horizontal que atraviesa el tanque longitudinalmente el cual tiene la función de impedir la resuspensión de los sólidos hacia la parte superior, ( Ver Figuras 4 y 5 ).

**1.6.2.3.4 Zona de gases.** Se encuentra ubicada aledaña al compartimento superior a todo lo largo del tanque con ancho de 0.35mts. esta zona se consigue por medio de un doblez longitudinal de la lámina metálica que forma una superficie vertical de 0.2 mts de alto en toda la longitud del depósito, ( Ver Figuras 3, 4 y 5 ).

**1.6.2.4 Tubo de salida.** Formado por una Tee de ventilación sanitaria en PVC de 2" de diámetro ubicada a 1.70mts a partir del fondo del tanque con una diferencia de 0.12mts entre la cota batea de la Tee de entrada y la cota batea de la Tee de salida. Internamente se acopla a un tubo sanitario de 2" de diámetro que penetra bajo el nivel del líquido 0.30mts con el fin de impedir la salida de natas y sólidos flotantes. Externamente se encuentra acoplado a la Tee un codo de 90° en PVC de 2" de diámetro el cual orienta el flujo hacia abajo en la cámara de distribución, ( Ver Figuras 3 y 5 ).

**1.6.2.5 Cámara de salida y distribución.** Esta estructura tiene la función de recibir el agua residual efluente del depósito principal una vez ya tratada y



distribuir equitativamente el caudal hacia las unidades de filtro granular de flujo ascendente y el filtro percolador de lecho bacteriano por medio de vertederos rectangulares contruidos en lámina metálica de acero galvanizado ( Ver Anexo 8 ) , las dimensiones de la cámara y vertedero se indican en las figuras 3, 4 y 5.

**1.6.2.6 Cubierta.** Constituida por una losa maciza de 0.08 mts de espesor que cubre la totalidad del deposito principal, elaborada en concreto reforzado. En esta se ubican dos accesos para inspección de sección cuadrada de 0.40 mts por 0.40 mts y tres orificios de 6" de diámetro para ventilación y salida de gases en los cuales se encuentran acoplados conos de ventilación elaborados en lámina metálica de acero galvanizado como se indica en la figura 7. Cabe recordar que esta cubierta por sus dimensiones y peso fue construida en el sitio.

**1.6.3 Funcionamiento.** El agua residual a tratar llega a la cámara de aquietamiento donde se reduce la velocidad con que llega y se sedimentan algunos sólidos grandes que eventualmente hayan sobrepasado las rejillas en la caja de recolección. Posteriormente el agua residual atraviesa longitudinalmente el compartimento superior que cumple la función de zona de sedimentación; los sólidos suspendidos presentes en el agua residual y que sedimentan, caen al compartimento inferior que sirve de zona de almacenamiento y digestión de fangos a través de una abertura situada en el fondo del compartimento superior y que es la única zona de comunicación entre los dos compartimentos. Transcurrido el periodo de retención el agua sale del deposito principal a través del tubo de

salida que descarga el flujo en la cámara de derivación en la cual el caudal es dividido en partes iguales por medio de un vertedero metálico rectangular. De esta zona el agua residual se dirige por medio de tuberías hacia el filtro anaerobio y al aerobio que hacen parte del tratamiento posterior.

**1.6.4 Datos Preliminares.** El diseño de la Fosa Séptica mejorada, se realizó en la primera etapa F.A.L.G I<sup>[1]</sup> teniendo en cuenta las antiguas instalaciones existentes en los predios del SENA. y se trabajaron los siguientes datos:

- Numero de habitantes = 25 personas
- Volumen útil = 5.2 m<sup>3</sup>
- Dimensiones del tanque
  - Longitud L = 2.35 mts
  - Ancho W = 1.3 mts
  - Altura H = 1.7 mts.
- Tiempo de Retención = 0.92 días o 22 horas.
- Intervalo de evacuación de fangos = 1 año.

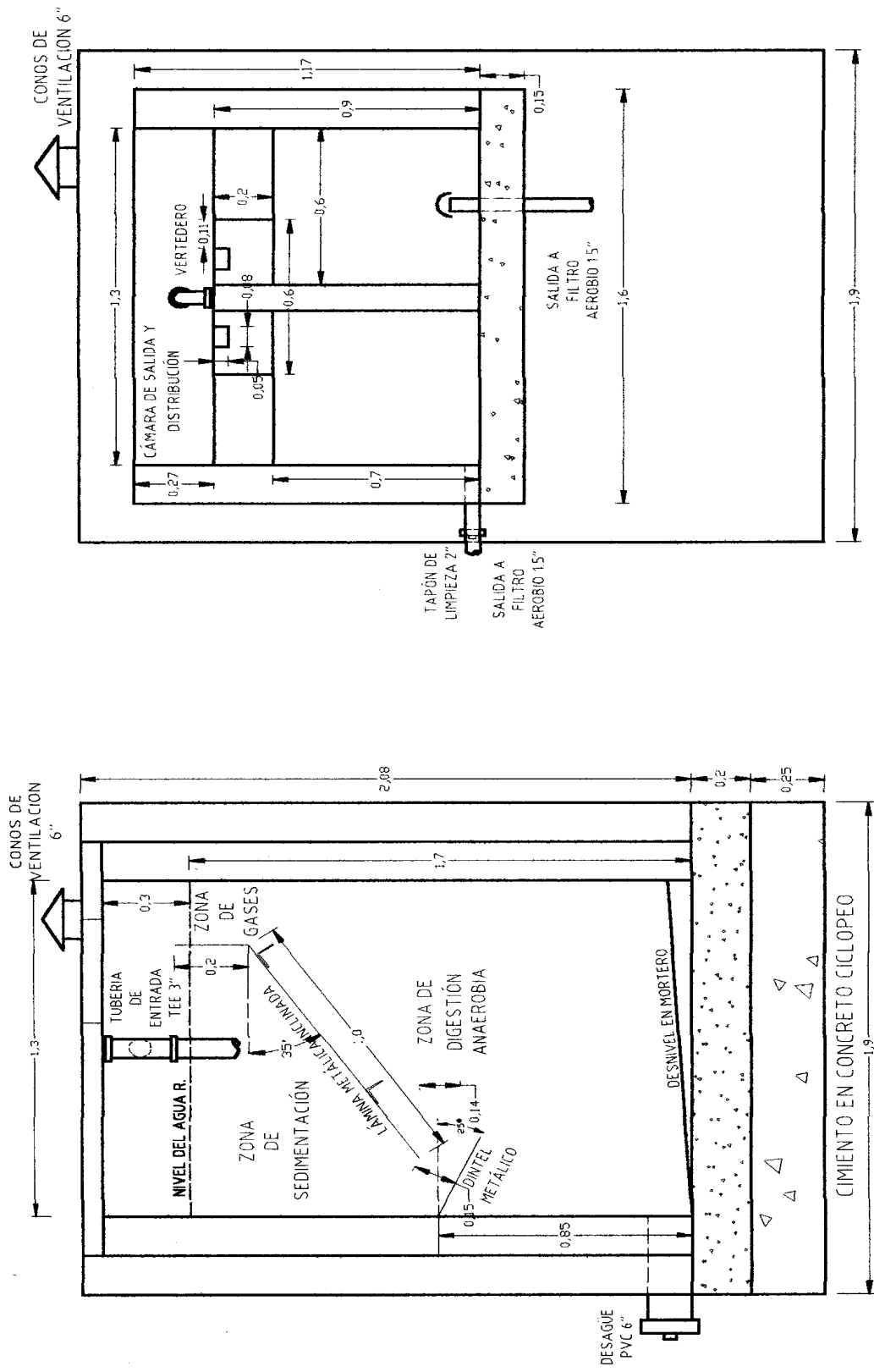


Figura 3. Cámara distribución y vertederos

Figura 4. Zonas Fosa Séptica Mejorada

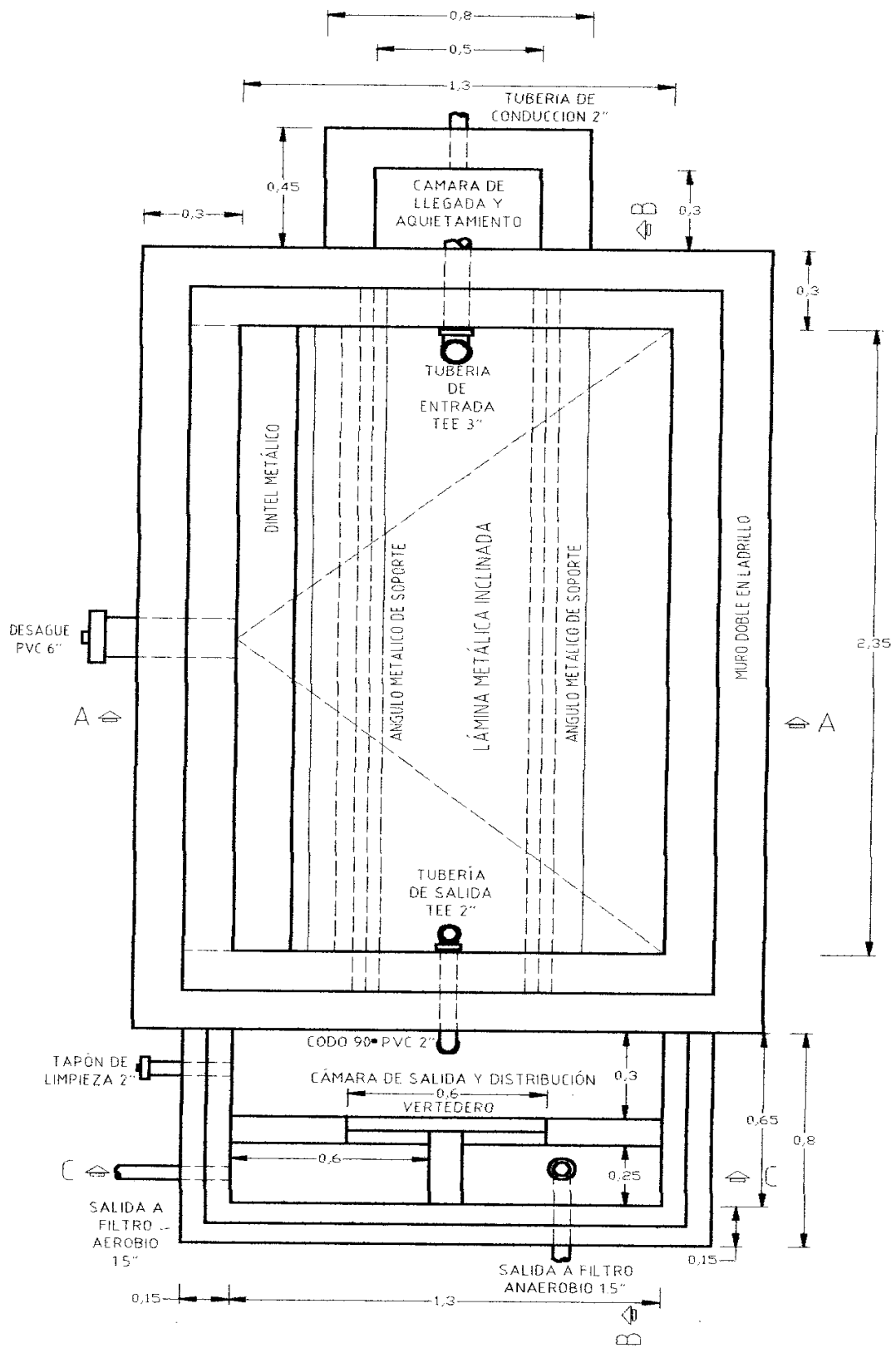


Figura 5. Vista en Planta. Fosa Séptica Mejorada

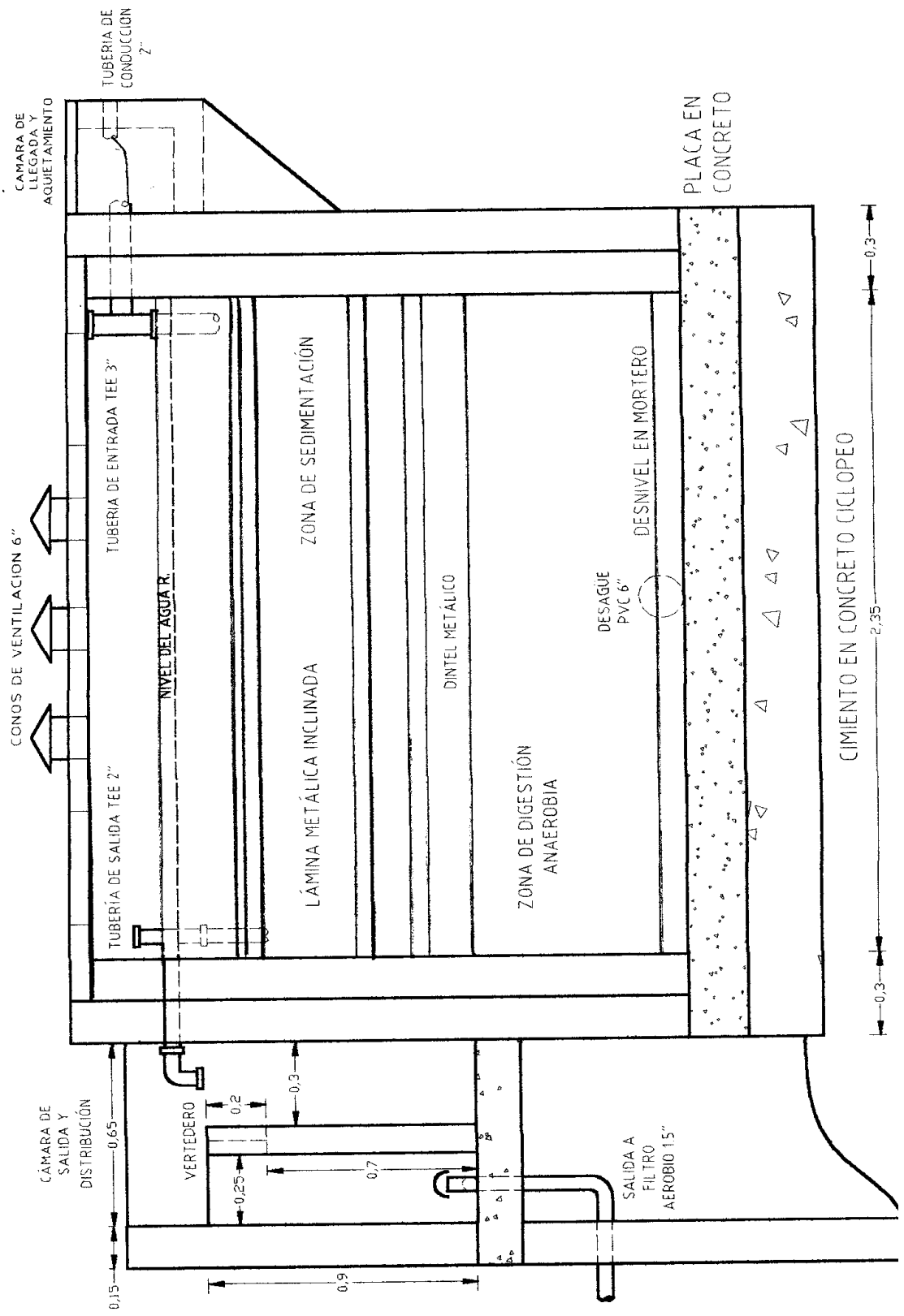


Figura 6. Perfil Fosa Séptica Mejorada

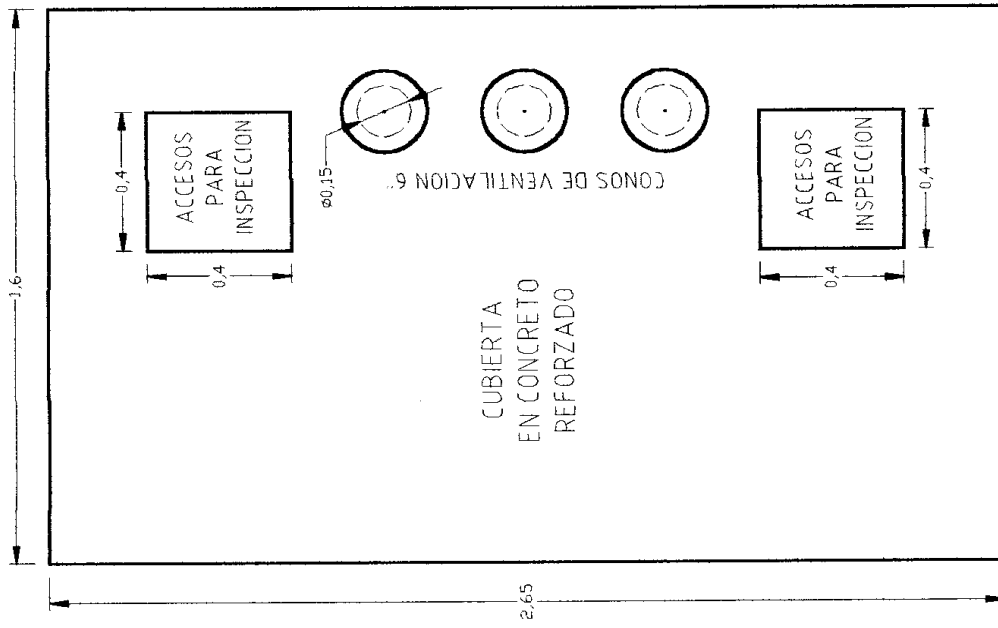
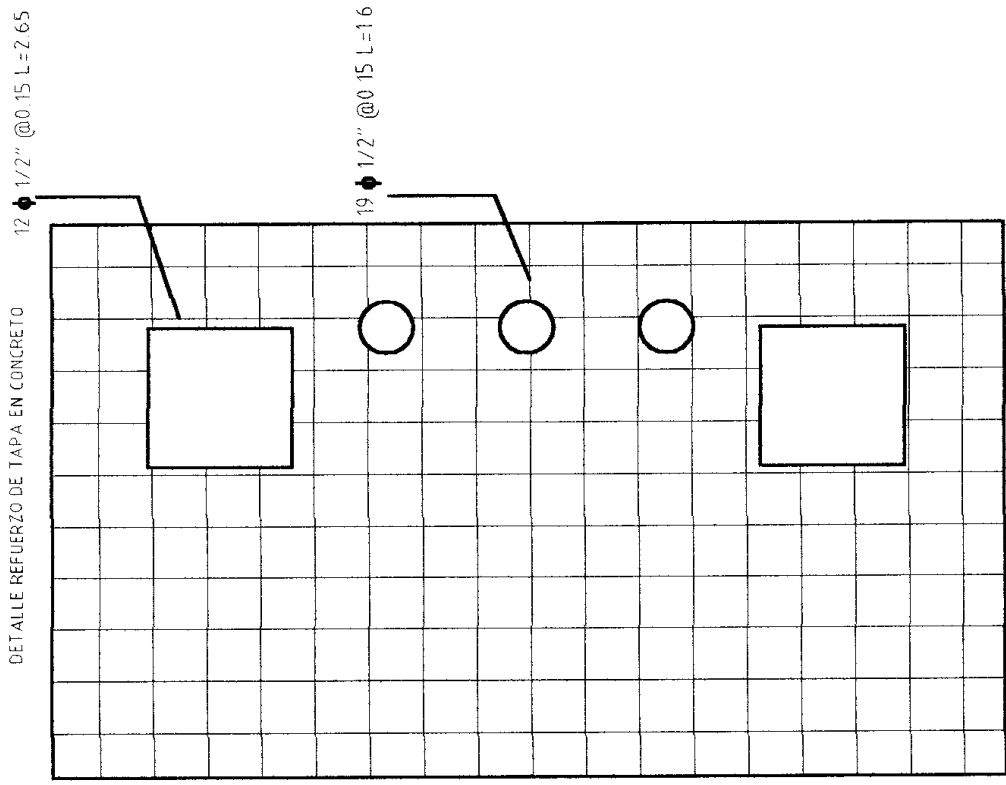


Figura 7. Cubierta Fosa Séptica Mejorada

## 1.7 FUNCIONAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA - III ETAPA

**1.7.1 Antecedentes.** Como ya se menciona anteriormente en la primera fase (F.A.L.G I)<sup>[1]</sup> de esta investigación se llevó a cabo la puesta en marcha y la evaluación de las condiciones iniciales del sistema, donde fue necesaria la inoculación de la fosa séptica mejorada con residuos ganaderos, así mismo se realizaron los primeros ensayos de laboratorio para la caracterización inicial de las aguas residuales a tratar de manera física y bacteriológica. En su segunda etapa (F.A.L.G II)<sup>[5]</sup> se estudio el proceso de maduración para determinar las eficiencias que pueden alcanzar las diferentes unidades de tratamiento, observando en sus resultados el comienzo de la estabilidad del proceso.

Para esta tercera etapa (F.A.L.G III) se busca determinar la continuidad y eficiencia de la Fosa Séptica Mejorada sometida a cargas extremas contaminantes de origen doméstico, además de conocer la incidencia que presenta el cloro en este tipo de proceso, todo esto teniendo en cuenta las condiciones de baja temperatura y tomando como referencia la fase II donde se alcanzaron unos resultados de acuerdo a los requerimientos esperados.

Por tal razón, las actividades desarrolladas en esta fase comprendieron operación, mantenimiento, realización de laboratorios (incluyendo el uso de trazadores para el calculo de retención hidráulico) y análisis de resultados.

## **1.7.2 Mantenimiento de la Fosa Séptica Mejorada.**

**1.7.2.1 Limpieza de la cámara de quietamiento.** Este mantenimiento se realizó dos veces a la semana, para ello se remueven los sólidos que decantan en el fondo de la estructura con la ayuda de un colador plástico, al mismo tiempo se restriega las paredes de la cámara y la tubería de entrada utilizando un cepillo, el cual remueve cualquier partícula que pueda adherirse a la superficie.

**1.7.2.2 Limpieza del compartimento principal.** Este se realizó dos veces por semana y consistió en:

- Eliminar grasas, natas y sólidos flotantes presentes en la superficie del agua, para lo cual se utiliza un colador acoplado a un mango largo el cual se desplaza a través de los compartimentos de inspección con sumo cuidado para no provocar turbulencias y por lo tanto resuspensión de sólidos, ( Ver Figura 7).
- Raspar la superficie de la lámina inclinada de decantación para remover los sólidos que se hayan adherido a ella y puedan descomponerse. Esto se logra con la utilización de un cepillo plástico de mango largo que se maniobra con sumo cuidado a través de los compartimentos de inspección para no provocar resuspensión de estos sólidos ni salpicaduras a quien realiza esta operación.



En la limpieza del compartimento principal debe tenerse en cuenta las siguientes precauciones:

- Mantener abiertos los compartimentos de inspección antes de cualquier operación en el interior del tanque como mínimo 15 minutos, permitiendo la salida de gases tóxicos o explosivos que pudieran estar retenidos en el interior.
- Nunca se debe utilizar fósforos o antorchas para inspeccionar el tanque ya que esto podría ocasionar severos daños.

El periodo de extracción de lodos almacenado en el compartimento principal no se realizó, este periodo es de un año<sup>[1]</sup>, para esto es necesario desocupar completamente la unidad y es importante recordar que cuando se realice esta operación no se debe lavar ni desinfectar con sustancias químicas el tanque y que tampoco se busca eliminar totalmente los lodos, porque sería perjudicial ya que se extinguirían las bacterias encargadas del proceso de la transformación de la materia orgánica.

**1.7.2.3 Limpieza de la cámara de distribución.** La cámara de distribución requiere la extracción de algunos sólidos flotantes tales como hojas de árboles aledaños a la Fosa Séptica, además se deben mantener libres de impurezas el vertedero metálico, el fondo y paredes de la cámara para prevenir el taponamiento

de las tuberías que conducen a los filtros.

## **1.8 FACTORES NEGATIVOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

**1.8.1 Cloro.** La Presencia de cloro residual como producto de procesos de limpieza y desinfección de las unidades sanitarias y lavado de pisos en las instalaciones del SANTO ANGEL, además del residuo de potabilización del agua; Se podría pensar que este es un gran inconveniente, ya que ataca a los microorganismos encargados de la digestión de la materia orgánica, disminuyendo la eficiencia de remoción. Pero para determinar el efecto sobre las mismas es necesario tener en cuenta la concentración en que se encuentra en el agua, ya que en bajas concentraciones es poco su efecto desinfectante, debido a esto se requieren altas cantidades para la potabilización de agua de consumo humano. Así mismo las reacciones que este produce al entrar en contacto con el agua las cuales dependen del ph.<sup>[8]</sup>

**1.8.2 Temperatura.** La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango de 77 a 95°F (de 25 a 35°C) Termofilo. Los procesos de nitrificación se detienen cuando la temperatura alcanza valores del orden de los 122°F (50°C). Cuando la temperatura se acerca a los 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, y alrededor de los 41°F (5°C), las bacterias autotróficas nitrificantes dejan de actuar. Cuando la temperatura es de

36°F (2°C), se alcanza incluso la inactivación de bacterias quimioheterotróficas que actúan sobre la materia orgánica carbonácea.<sup>[9]</sup>

**1.8.3 Carga Orgánica.** Este es un factor negativo ya que el aumento de la población que genera el efluente produce mayores cargas orgánicas; que no estaban contempladas en el diseño inicial del sistema.<sup>[10]</sup>

## **1.9 LABORATORIOS REALIZADOS**

En este trabajo de grado se realizaron muestreos de tipo compuesto durante 22 semanas; las muestras compuestas son la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.<sup>[6]</sup> Estos muestreos se hicieron en 2 lugares correspondientes a la entrada y a la salida de la unidad.

**1.9.1 Demanda Química De Oxígeno (DQO).** Los resultados de mg/L de DQO se definen como los mg de O<sub>2</sub> consumido por litro de muestra bajo las condiciones de este procedimiento, después de homogeneizar 100 ml de muestra se toman muestras de 2 ml que se agregan al tubo de ensayo con el reactivo para ser calentado a 150°C en el reactor COD durante 2 horas, se enfría y posteriormente se comparan las muestras con la solución blanco inicial ( Reactivo sin agregar muestra ), en el equipo HACH DR-700 por medio de colorimetría.

Internamente el equipo hace comparaciones de color por medio de transmisión de luz y fotoceldas receptoras.

**1.9.2 Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO5).** En las botellas ámbar, se deposita un volumen determinado de muestra de acuerdo al DBO esperado ( $0.5 \cdot \text{DQO}$ ) basándose en la tablas; se adicionan 2 perlas de Hidróxido de Sodio, se tapan y se llevan a la incubadora por un periodo de 5 días, el equipo OXITOP registra electrónicamente la presión negativa dentro de la botella causada por el consumo de  $\text{O}_2$ .

**1.9.3 Alcalinidad.** Una muestra de 100ml preparada con indicador de fenoftaleina, se titula con ácido sulfúrico hasta un punto final colorimétrico (Cambio de color de la muestra) correspondiente a un pH específico. La fórmula para determinar la alcalinidad.

Lectura del Titulador \* Factor de Multiplicación (Tablas) = Mg/Lt como  $\text{CaCO}_3$  Alcalinidad Total

**1.9.4 Dureza.** Una muestra de 100ml con solución patrón de hidróxido de potasio e indicador de calcio Calver 2, se titula con cartucho de EDTA, hasta un punto final colorimétrico (Cambio de color de la muestra). La fórmula para la determinación de dureza es:

Lectura del titulador\*Factor de Multiplicación (Tablas) = Mg/Lt Dureza de Calcio como  $\text{CaCO}_3$

**1.9.5 Potencial de Hidrogeno (Ph).** Los iones hidrógeno presentes en una muestra son el resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos, los cuales se neutralizan por titulación con un compuesto básico. En titulaciones rutinarias, de control o estimación preliminar de la acidez, el cambio de color de un indicador puede ser utilizado como punto final. Idealmente el punto final de la titulación de la acidez correspondería al punto de equivalencia estequiométrico de la titulación de los ácidos presentes. El pH en el punto de equivalencia dependerá del tipo de muestra, de la escogencia entre los puntos múltiples de inflexión y del uso que de los datos se pretende hacer. En este trabajo de grado, se realiza el ensayo de pH por método de comparación conductiva, por medio de un electrodo que hace comparaciones de transmisión eléctrica de acuerdo a la cantidad de iones H<sup>+</sup> presentes en el agua.

**1.9.6 Conductividad.** Se utiliza el conductímetro digital, que hace lecturas por medio de un electrodo con dos platinas separadas a determinada distancia, el equipo mide la resistencia de la corriente eléctrica al pasar a través del líquido y muestra el resultado de Microhms ( $\mu$ s)

**1.9.7 Nitritos.** Se introducen 10ml de muestra en una celda del equipo HACH DR-700, se agrega el contenido de una almohadilla de polvo reactivo de nitrito NitriVer 3, y se hacen comparaciones colorimétricas con el blanco (Agua destilada). Los resultados son en Mg/Lt de nitrito expresado como Nitrógeno.

**1.9.8 Nitratos.** Se introducen 10ml de muestra en una celda del equipo HACH DR-700, se agrega el contenido de una almohadilla de polvo reactivo de nitrito NitraVer 5, y se hacen comparaciones colorimétricas con el blanco (Agua destilada). Los resultados son en Mg/Lt de nitrato expresado como Nitrógeno.

**1.9.9 Sólidos Suspendidos (SS).** Se introducen 25 ml en una celda del equipo HACH DR-700, y se hacen comparaciones con la muestra Blanco (Agua destilada) por método Fotométrico, el cual consiste en hacer atravesar la luz a través de la celda, se toma el blanco como cero y la muestra es comparada a partir de este valor gracias a la difracción de la luz generada por los sólidos en suspensión.

**1.9.10 Oxígeno Disuelto (OD).** Se realiza el ensayo por medio del oxímetro digital, el cual mide la cantidad de oxígeno disuelto por medio de la conductividad del agua residual, el valor es presentado de Mg/Lt de Oxígeno Disuelto.

**1.9.11 Cloro Residual.** En una celda del equipo HACH DR-700 se introducen 10ml de muestra, y se adiciona una almohadilla de polvo reactivo DPD, si hay presencia de cloro, la muestra se torna de color rosado, posteriormente se hacen comparaciones con una muestra Blanco (Agua destilada) por método Colorimétrico.

**1.9.12 Ensayo de Trazadores para determinar el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) de la Fosa Séptica Mejorada.** La determinación del TRH en esta investigación se realizó mediante el ensayo de trazadores el cual consiste en agregar sustancias llamadas trazadoras en el afluente del tanque o reactor que se quiere analizar, con una concentración conocida y determinando a la salida del mismo la forma como dicha concentración se distribuye a través del tiempo, ( Ver Anexo 12). Este comportamiento se puede observar en la gráfica 12.

Las sustancias trazadoras pueden ser:

- Colorantes
- Iones como cloruros, especialmente de sodio y potasio, fluoruros o nitratos especialmente de sodio.
- Elementos radioactivos como isótopos.
- Ácidos: clorhídrico, benzoico
- Otras sustancias químicas: alizarim, sapirool, naptol<sup>[3]</sup>

En nuestro caso se utilizó anilina como sustancia trazadora, de la cual se disolvieron 1000 gr en un litro de agua y se aplicaron en forma de dosis instantánea a la entrada de la unidad por medio de un embudo. A la salida del tanque se determinó la concentración de color mediante método colorimétrico con el equipo HACH DR-700 y se hizo lecturas cada hora observando una curva creciente hasta que llegó a un punto máximo y comenzó a decrecer a medida que

disminuía la concentración de anilina en el efluente hasta aproximarse al valor inicial.

**1.9.13 Determinación del caudal real.** El aforo del caudal se realizó durante 24 hrs semanalmente en el periodo de las veinte semanas de ensayos y los valores obtenidos se promediaron, ( Ver Anexo 11 ). Esta medición se hizo con el fin de verificar si el caudal que estaba llegando a la fosa séptica había disminuido o aumentado con respecto al caudal de diseño que se obtuvo en la primera parte de la investigación, así mismo con respecto a la segunda fase investigativa. Además para verificar el correcto funcionamiento de los vertederos.

El método de aforo utilizado fue el volumétrico que consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este. Es útil para el aforo de vertimientos puntuales de pequeño tamaño.<sup>[8]</sup> Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 1.** Calculo del caudal real para la fosa séptica mejorada.

HORA	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (SEG)	Caudal (LPS)
8-12 a.m.	1500	14400	0.1042
12-16 p.m.	1100	14400	0.0763
16-20 p.m.	300	14400	0.0208
20-8 a.m.	900	43200	0.0208



Se calculo un caudal promedio así:

$$Q_{tot} = \frac{\text{Sumatoria de Caudales}}{\text{Numero de Tomas.}}$$

$$Q_{tot} = \frac{0.2221}{4} = 0.055 \text{ lps.}$$

$$Q_{tot} = 0.055 \text{ lps.}$$

El caudal promedio calculado fue de 0.055 lps (4.74 m<sup>3</sup>/d) el cual supera al de diseño que era de 0.04 lps, así mismo al caudal obtenido en la anterior etapa (F.A.L.G II) que era de 0.046 lps. El caudal obtenido se distribuye por igual a las líneas aerobia y anaerobia.

#### **1.9.14 Observaciones**

**1.9.14.1 Coliformes Totales.** Este ensayo se realizo durante 2 semanas, obteniéndose resultados constantes de 24000NMP/100ML en la unidad, igualmente con respecto a las anteriores fases, por esta razón se opto por suspender la realización de este ensayo. Además la Fosa séptica Mejorada no tiene como función principal remover Coliformes.

**1.9.14.2 Parámetros de Temperatura, Alcalinidad, dureza, Nitritos, Nitratos, Ph y Oxígeno Disuelto.** Estos ensayos se realizaron según lo propuesto en el presente trabajo de grado, durante las 22 semanas que duró el mismo. Teniendo en cuenta que el sistema no tiene como función la de remoción de ninguno de estos parámetros y tampoco sufren una variación considerable, nos limitamos a referenciarlos en los anexos con sus respectivas tablas a manera de información general, ( Ver Anexos 21 al 27 ).

## 2. ANALISIS DE RESULTADOS

Para efectos de este trabajo de grado, la eficiencia de las unidades se obtuvo tomando como el 100% la carga contaminante media que entra en cada una de estas, aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ EFICIENCIA} = ( ( \text{Valor de entrada} - \text{Valor de salida} ) / \text{Valor de entrada} ) * 100^{[8]}$$

Para la Fosa Séptica Mejorada los valores obtenidos se comparan con los presentados por decantadores secundarios y por tratamientos primarios<sup>[7]</sup>: los valores obtenidos al final de la línea anaerobia son comparados con las normas de vertimiento de aguas residuales: Decreto 1594 de 1984 Art. 72 y 73, ( Ver Anexo 13 ).

### 2.1 RESULTADOS FOSA SÉPTICA MEJORADA

**Gráficas 1 y 2:** estas muestran la relación dco-dbo tanto en la entrada como en la salida de la fosa séptica mejorada, ( Ver Anexos 14 y 15 ). Esta gráfica es importante ya que nos ayuda a controlar que los datos de laboratorio realizados para estos dos parámetros no sean erróneos, esto teniendo en cuenta que la DBO no debe sobrepasar la DQO. Si esto llegase a ocurrir se demostraría que los ensayos están mal realizados o que se presento problemas en las lecturas.

Además por encontrarse dentro de los rangos estipulados para DQO y DBO (0-500 mg/l y 0-400 mg/l respectivamente) se clasifica el agua residual como tipo domestico.<sup>[9]</sup>

**Gráfica 3:** se puede observar la variación de DQO en mg/lit tanto en la entrada como en la salida de la Fosa Séptica mejorada. La separación de las dos curvas nos indica la remoción, cuanto más alejadas están mas alta es esta. Durante las semanas 19 y 26 , 31 y 39 se observan remociones aproximadamente constantes y altas; durante las semanas 26 y 30 las remociones fueron bajas, estos valores bajos en la remoción se debían la mayoría de las veces a daños en las tuberías , ( Ver Anexo 16).

**Gráfica 4:** muestra que el porcentaje de remoción ha aumentado con respecto a la fase anterior, indicado por la línea de tendencia de carácter potencial representada en color negro, además de que las remociones tienden a ser más estables durante la presente fase que en la anterior.

**Gráfica 5:** se puede observar claramente la diferencia de las remociones gracias a las dos líneas de tendencia, en color rojo la línea de tendencia de carácter logarítmica para los datos de la fase II, y en negro los de la fase III de carácter también logarítmico. La línea de tendencia para los valores de la fase III indican que la remoción aumento con respecto a la anterior fase aunque no en mayor proporción, ( Ver Anexo 16 ).

**Gráfica 6:** se presentan los datos de variación de DBO en la entrada y salida de la Fosa Séptica Mejorada, En estos se observa el aumento de la entrada de DBO con relación a la anterior fase, esto como consecuencia del incremento de la población.

**Gráfica 7:** se observa un comportamiento casi constante de los valores de remoción de DBO, con un leve incremento, definido por la pendiente de la línea de tendencia potencial ( Color negro ), los valores de remoción para esta fase, varían entre el 30 y 76%, ( Ver Anexo 17 ).

**Gráfica 8:** es una comparación de los porcentajes de remoción de las fases II y III, se observa un incremento en la remoción de DBO en esta etapa con respecto a la anterior aproximadamente de un 6% y tiende a mantenerse constante a través del tiempo.

**Gráfica 9:** se muestra la variación de S.S. en la fosa séptica mejorada, también se observa un gran incremento de entrada de Sólidos con respecto a la etapa anterior. Muestra además una buena remoción de este parámetro ya que la diferencia en la ubicación entre la línea de entrada y la de salida es amplia y en general constante, ( Ver Anexo 18 ).

**Gráfica 10:** relaciona los valores de remoción de S.S. de la Fosa séptica mejorada durante las fases II y III y se observa un gran aumento en el porcentaje

de remoción, reflejada en la línea de tendencia. Además se podría afirmar que hay cierta estabilidad en la unidad para la remoción de S.S.

**Gráfica 11:** indica la comparación de la remoción de S.S. entre las fases II y III, notándose un incremento que tiende a ser constante con respecto de la remoción de la fase II. Se observa inestabilidad en las remociones de la anterior fase, contrario a la fase II en estudio.

**Gráfica 12:** nos muestra con cada línea de diferente color un ensayo realizado; el promedio de los valores máximos de cada curva nos sirve para obtener un valor aproximado del tiempo de retención hidráulico del tanque, Para nuestro caso, este promedio es aproximadamente igual a 16 horas, dato que disminuye con respecto al de diseño que era de 22 hrs, el cual se obtuvo mediante la utilización de la tabla que relaciona la contribución diaria del caudal con el tiempo de retención <sup>[1]</sup>, ( Ver Anexo 10 ).

**Gráfica 13 y 14:** estas representan el porcentaje de remoción de DQO y DBO respectivamente en presencia del cloro en la Fosa séptica mejorada durante la Fase III. En esta se puede observar la influencia del cloro en el proceso de remoción en los sitios picos donde las curvas son opuestas. Cuando la concentración de cloro aumenta disminuye el porcentaje de remoción, ( Ver Anexos 19 y 20 ).

A continuación se presentan los cuadros resumen de los resultados obtenidos en los ensayos para la Fosa Séptica mejorada, incluyendo los rangos típicos de remoción para tratamientos primarios y los alcanzados por Fosas Sépticas Convencionales sometidas a aguas residuales de origen domestico:

### ANALISIS FASES II Y III

- Porcentajes de remoción obtenidos en la Fosa séptica Mejorada para los parámetros de DQO, DBO y S.S. durante las fases II y III de la investigación.

**Tabla 2.** Resumen del % de remoción obtenida para DQO durante las fases II y III

UNIDAD	VALOR MAXIMO	MEDIA	VALOR MINIMO	Tratamiento primario	Fosa S. Convencional
Fosa Séptica Mejorada	82.76%	45.17%	15.38%	30 – 35%	30-50%

**Tabla 3.** Resumen del % de remoción obtenida para DBO durante las fases II y III

UNIDAD	VALOR MAXIMO	MEDIA	VALOR MINIMO	Tratamiento Primario	Fosa S. Convencional
Fosa Séptica Mejorada	76%	45.50%	17.95%	30 – 35%	30-50%

**Tabla 4.** Resumen del % de remoción obtenida para SS durante las fases II y III

UNIDAD	VALOR MAXIMO	MEDIA	VALOR MINIMO	Tratamiento Primario	Fosa S. Convencional
Fosa Séptica Mejorada	91.22%	63.81%	25.81%	60-65%	50-70%

De acuerdo a los datos de las tablas anteriores se pueden observar que los porcentajes de remoción de DQO, DBO y S.S. sobrepasan o se encuentran dentro de los rangos estipulados para tratamiento primario cumpliendo en consecuencia su papel como tal, igualmente están dentro de los rangos obtenidos para Fosas Sépticas Convencionales.

### COMPARACION ENTRE FASE II Y III

- Comparación de las eficiencias de remoción presentadas para los parámetros de DBO, DQO y SS entre las fases II y III de la investigación.

**Tabla 5.** Resumen del % de remoción obtenida para DQO entre las fases II y III

UNIDAD	FASE II	FASE III	DIFERENCIA	Tratamiento primario	Fosa S. Convencional
Fosa Séptica Mejorada	44.28%	46%	1.72%	30 – 35%	30 – 50%

**Tabla 6.** Resumen del % de remoción obtenida para DBO entre las fases II y III

UNIDAD	FASE II	FASE III	DIFERENCIA	Tratamiento primario	Fosa S. Convencional
Fosa Séptica Mejorada	41.84%	48.02%	6.18%	30 – 35%	30 – 50%

**Tabla 7.** Resumen del % de remoción obtenida para SS entre las fases II y III

UNIDAD	FASE II	FASE III	DIFERENCIA	Tratamiento primario	Fosa S. Convencional
Fosa Séptica Mejorada	59.71%	67.43%	7.72%	30 – 35%	30 – 50%



Se puede observar un incremento en los porcentajes de remoción entre las dos fases para la Fosa séptica Mejorada en los parámetros de DQO, DBO y SS, este comportamiento es indicador que la unidad continua con su proceso de estabilización y funciona en forma adecuada.

## **2.2 RESULTADOS SISTEMA ANAEROBIO**

A continuación se analiza para el sistema anaerobio la caída del cloro a través de las unidades, así como los parámetros de sólidos suspendidos, DQO y DBO. Comparando las remociones de estos tres últimos con el Decreto 1594 de 1984 ( Ver Anexo 13). Si bien es cierto que la Fosa Séptica hace parte del sistema o línea anaerobia no es finalidad en este trabajo de grado profundizar sobre la misma por lo tanto los datos de laboratorio obtenido correspondientes de la línea anaerobia se encuentran referenciadas en los anexos, ( Ver Anexos 28 al 30 ).

**Gráfica 15:** la gráfica muestra la caída de la concentración de cloro a través del sistema, en esta gráfica cada línea representa el promedio de 4 ensayos, escogidos aleatoriamente. Se observa que el cloro residual disminuye a medida que recorre cada una de las unidades lo cual es positivo para el funcionamiento del sistema.

A continuación se presentan los cuadros resumen de los resultados obtenidos para DQO, DBO y SS:

- Porcentajes de remoción obtenidos en el sistema anaerobio (Fosa Séptica Mejorada + Filtro Anaerobio) para los parámetros de DQO, DBO y SS durante las fases II y III de la investigación.

**Tabla 8.** Resumen del % de remoción obtenida para DQO durante las fases II y III

UNIDAD	VALOR MAXIMO	MEDIA	VALOR MINIMO	Decreto 1594 de 1984	
				Usuario Nuevo	Usuario existente
SISTEMA ANAEROBIO (sin decantador)	92.89%	64.84%	4.83%	80%	30%
SISTEMA ANAEROBIO (con decantador)	90.86%	81.68%	47.95%	80 %	30%

**Tabla 9.** Resumen del % de remoción obtenida para DBO durante las fases II y III

UNIDAD	VALOR MAXIMO	MEDIA	VALOR MINIMO	Decreto 1594 de 1984	
				Usuario nuevo	Usuario existente
SISTEMA ANAEROBIO (sin decantador)	96.30%	57.11%	20.83%	80%	30%
SISTEMA ANAEROBIO (con decantador)	91.08%	80.27%	58.54%	80%	30%

**Tabla 10.** Resumen del % de remoción obtenida para SS durante las fases II y III

UNIDAD	VALOR MAXIMO	MEDIA	VALOR MINIMO	Decreto 1594 de 1984	
				Usuario nuevo	Usuario existente
SISTEMA ANAEROBIO (sin decantador)	87.94%	69.51%	25.71%	80%	50%
SISTEMA ANAEROBIO (con decantador)	97.23%	86.98%	68.06%	80%	50%

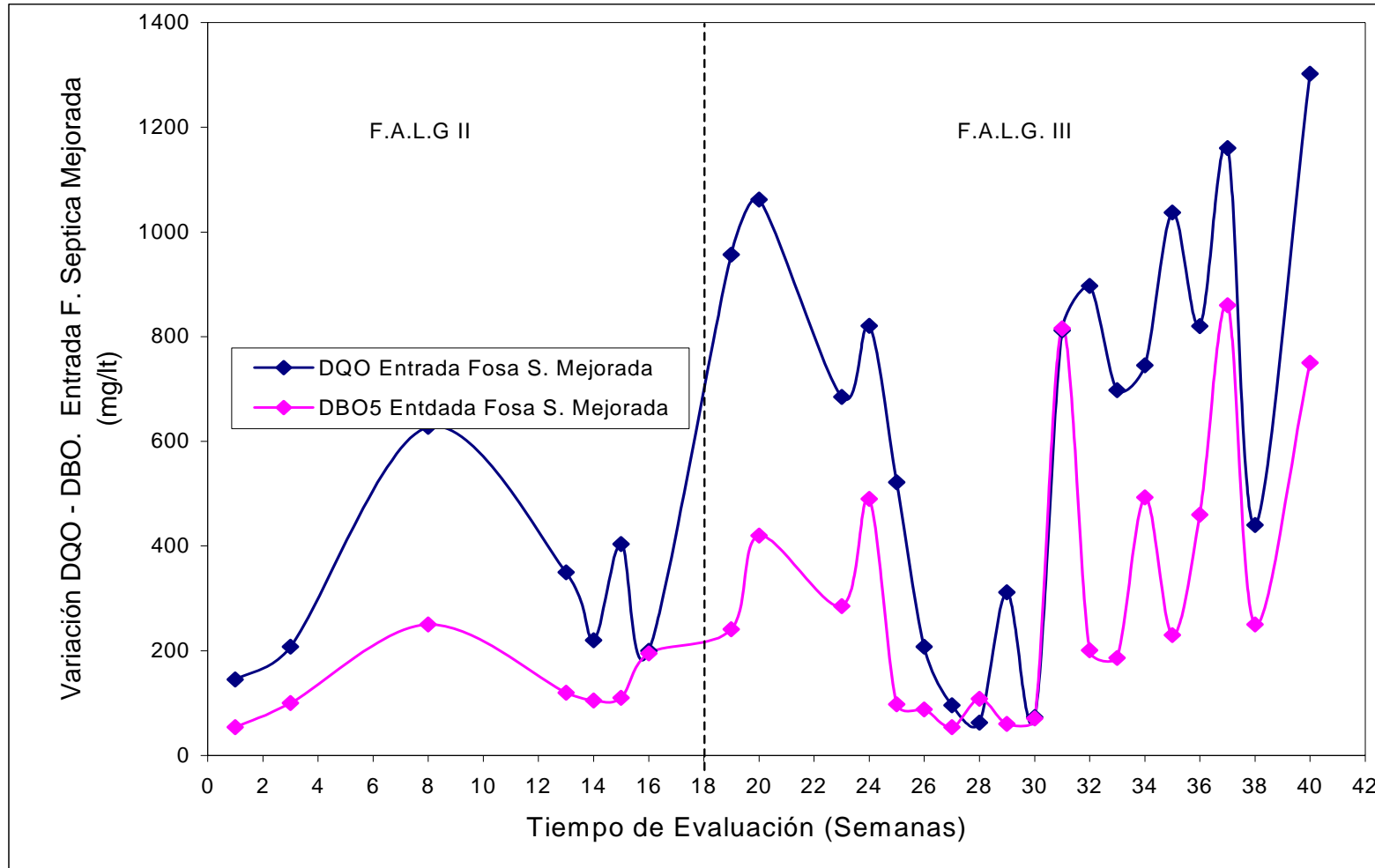
En cuanto a DQO estos valores indican un adecuado comportamiento del sistema en conjunto, en cuanto remoción de materia orgánica, pero debe tenerse en cuenta que el sistema cumple con lo exigido en el decreto 1594 de 1984 siempre y cuando se incluya el sedimentador secundario.

En cuanto a DBO la remoción de materia orgánica biodegradable que presenta el sistema es del 80.27%, el cual cumple con los requerimientos legales. Estos resultados permiten al igual que para DQO confirmar el adecuado funcionamiento de los tratamientos pero debe tenerse en cuenta que para lograr esto el decantador secundario es imprescindible. También se observa que la remoción obtenida esta apenas sobre el mínimo exigido por el ya mencionado decreto lo cual puede ser reflejo de las bajas temperaturas en que funciona el sistema.

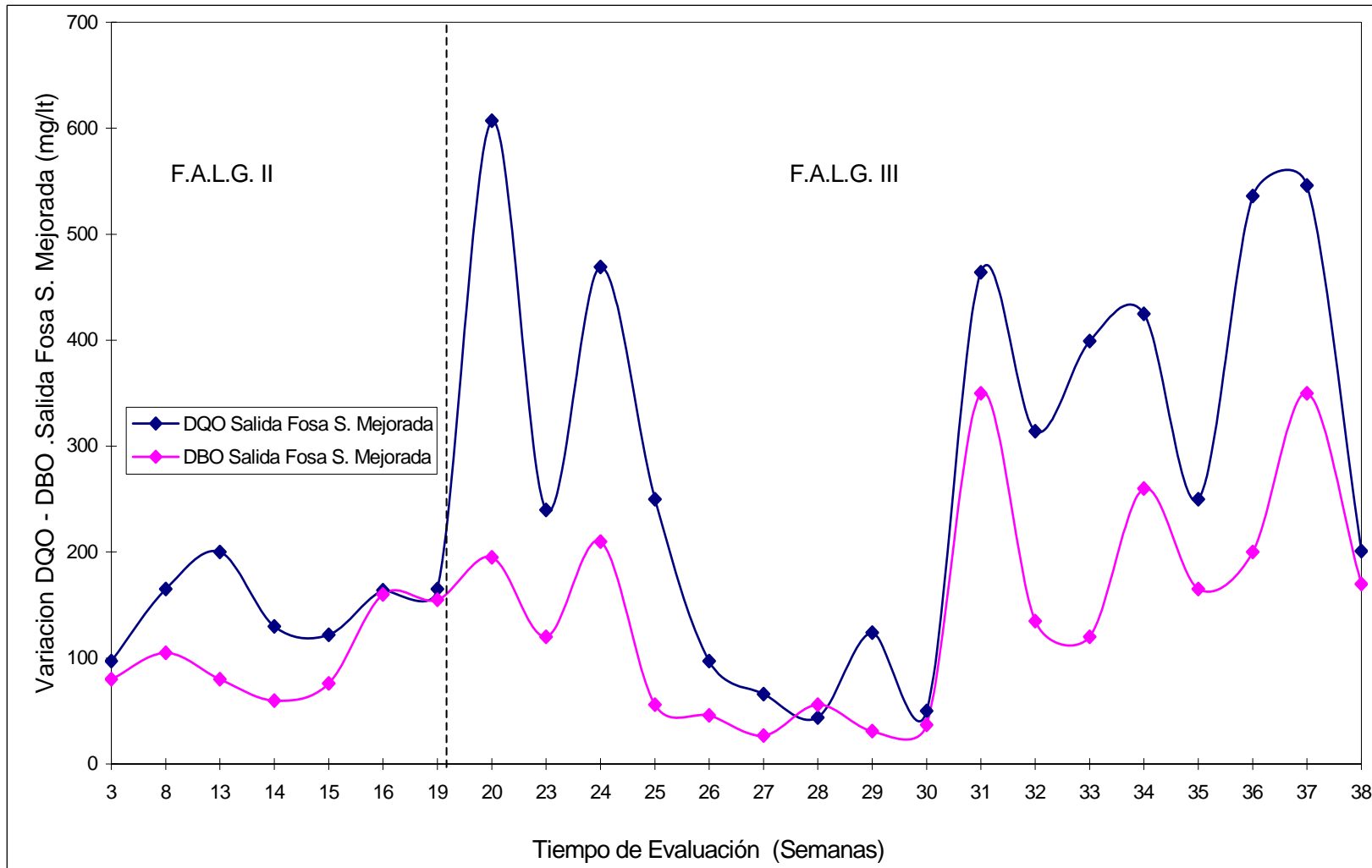
Sólidos Suspendidos, el sistema presenta una remoción total de sólidos suspendidos del 86.98, cumpliendo la fosa séptica con su papel de tratamiento primario al encargarse del 67.43% de la remoción de los sólidos suspendidos. Correspondiendo el 19.55% a las demás unidades, valor adecuado ya que la eliminación de sólidos no es la función principal de tratamientos secundarios. Igual que en los anteriores parámetros es necesario el uso del decantador secundario para cumplir con las exigencias de vertimientos de aguas residuales.



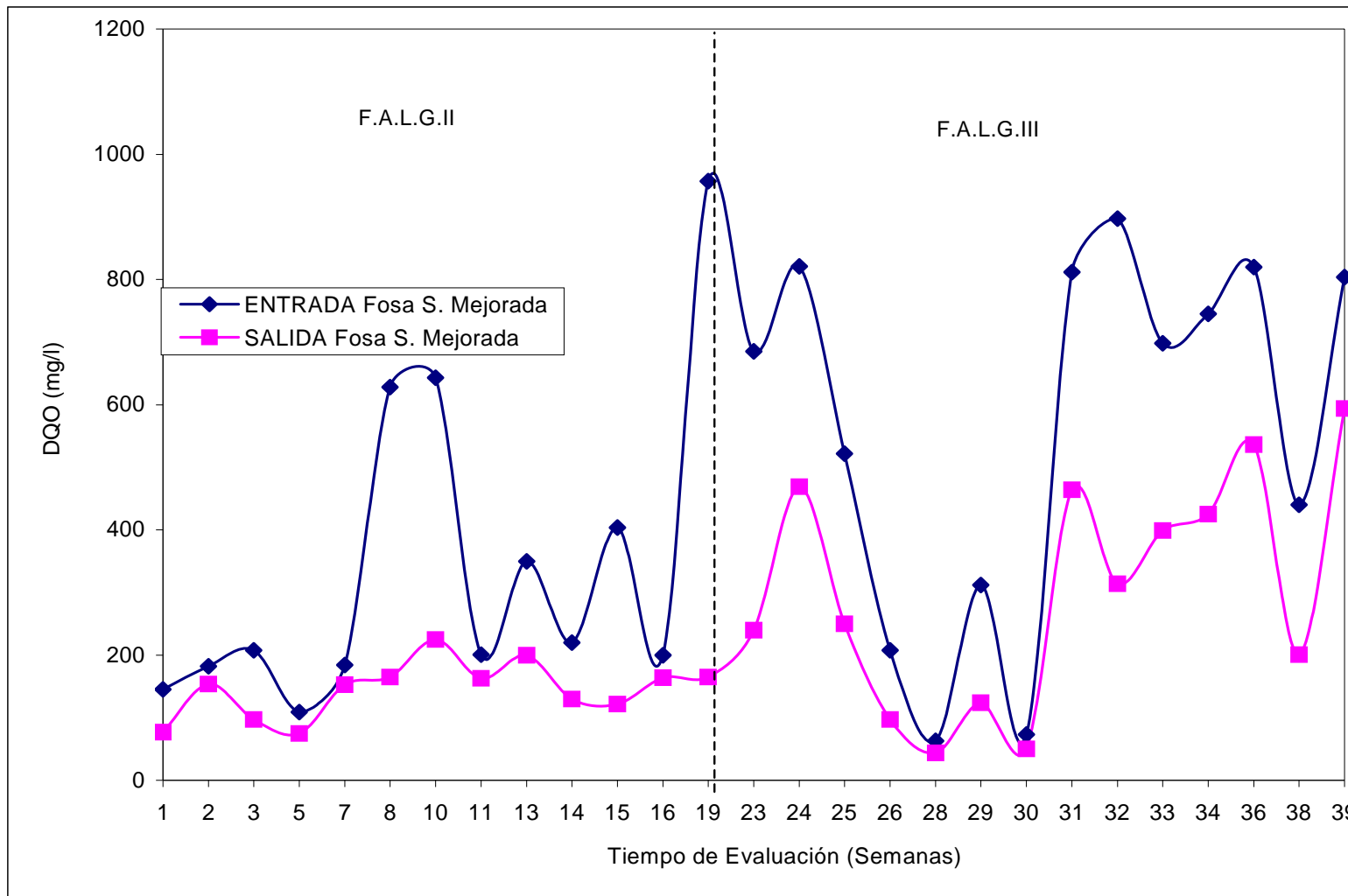
**Figura 8.** Variación DQO – DBO entrada fosa séptica mejorada.



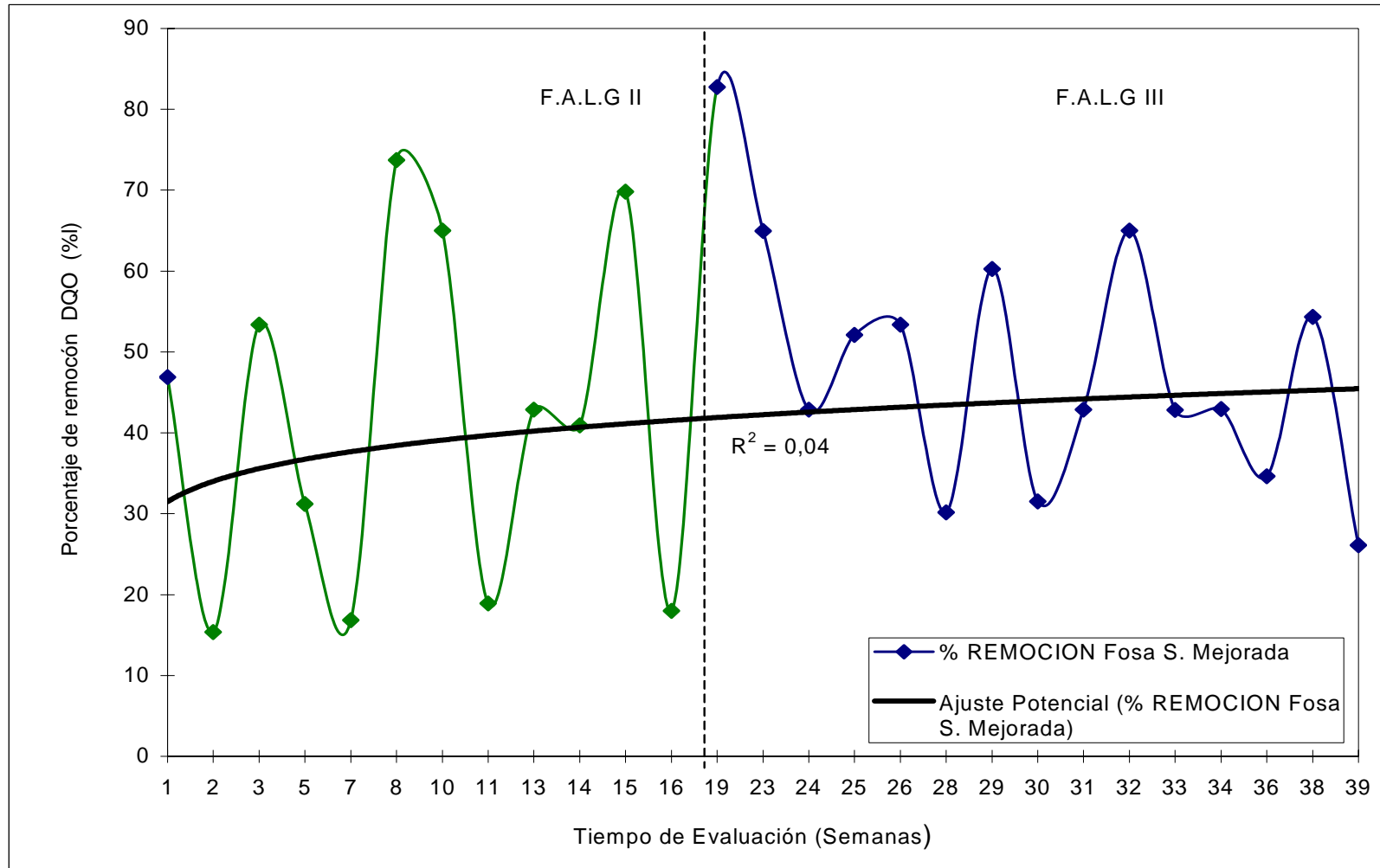
**Figura 9.** Variación DQO – DBO salida fosa séptica mejorada.



**Figura 10.** Variación DQO. Fosa séptica Mejorada.

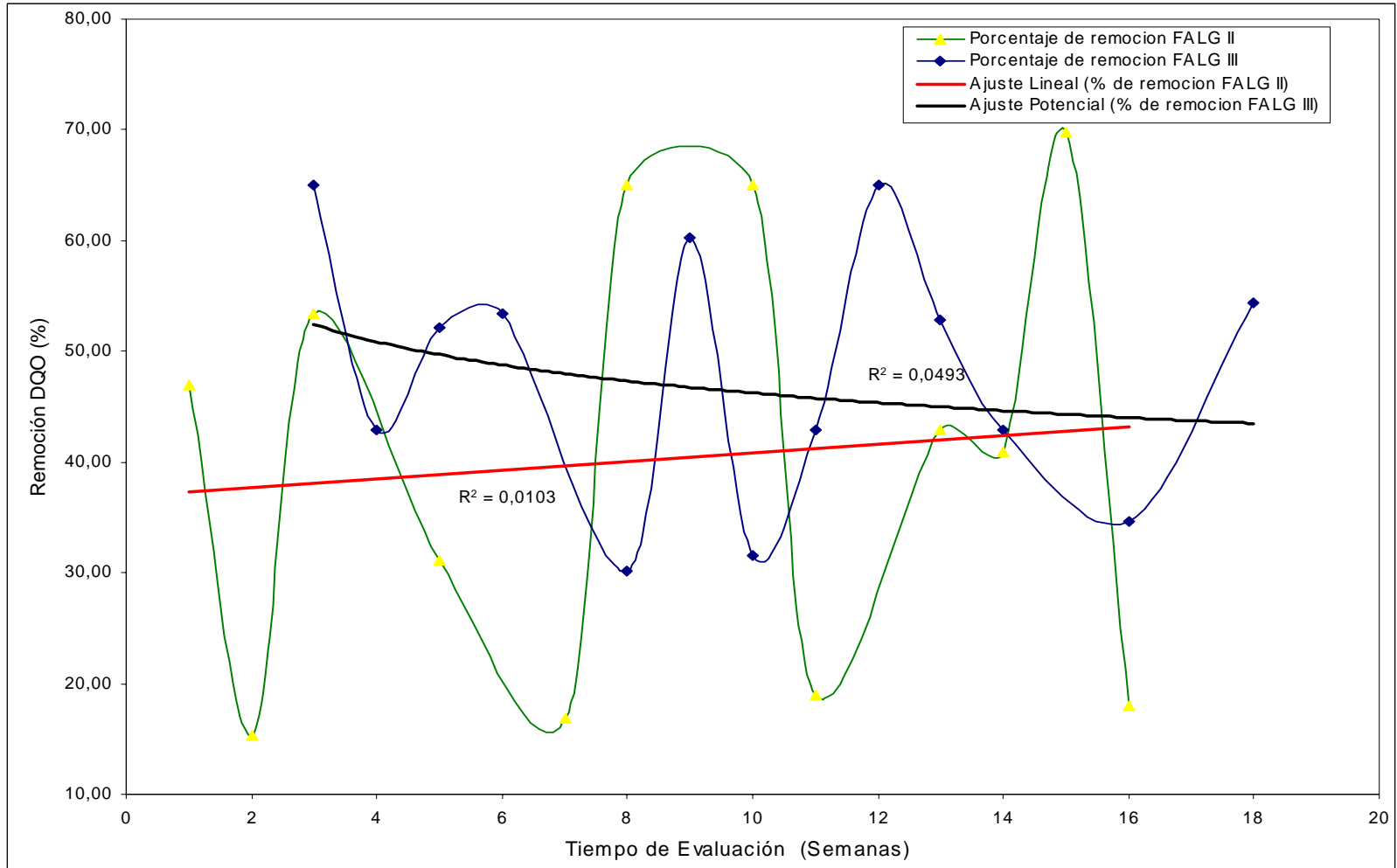


**Figura 11.** Porcentaje de remoción de DQO durante las fases II y III. Fosa séptica mejorada.

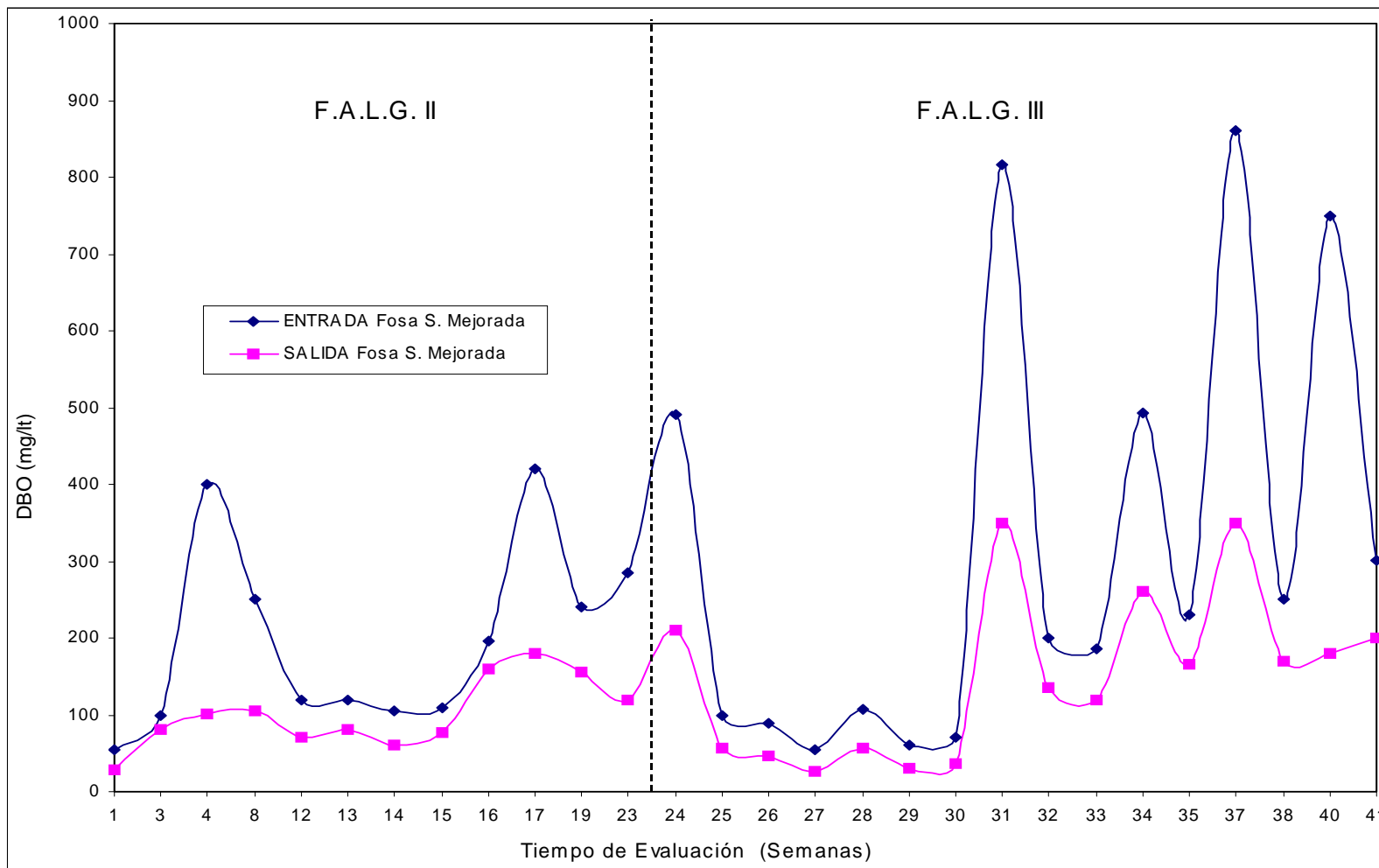




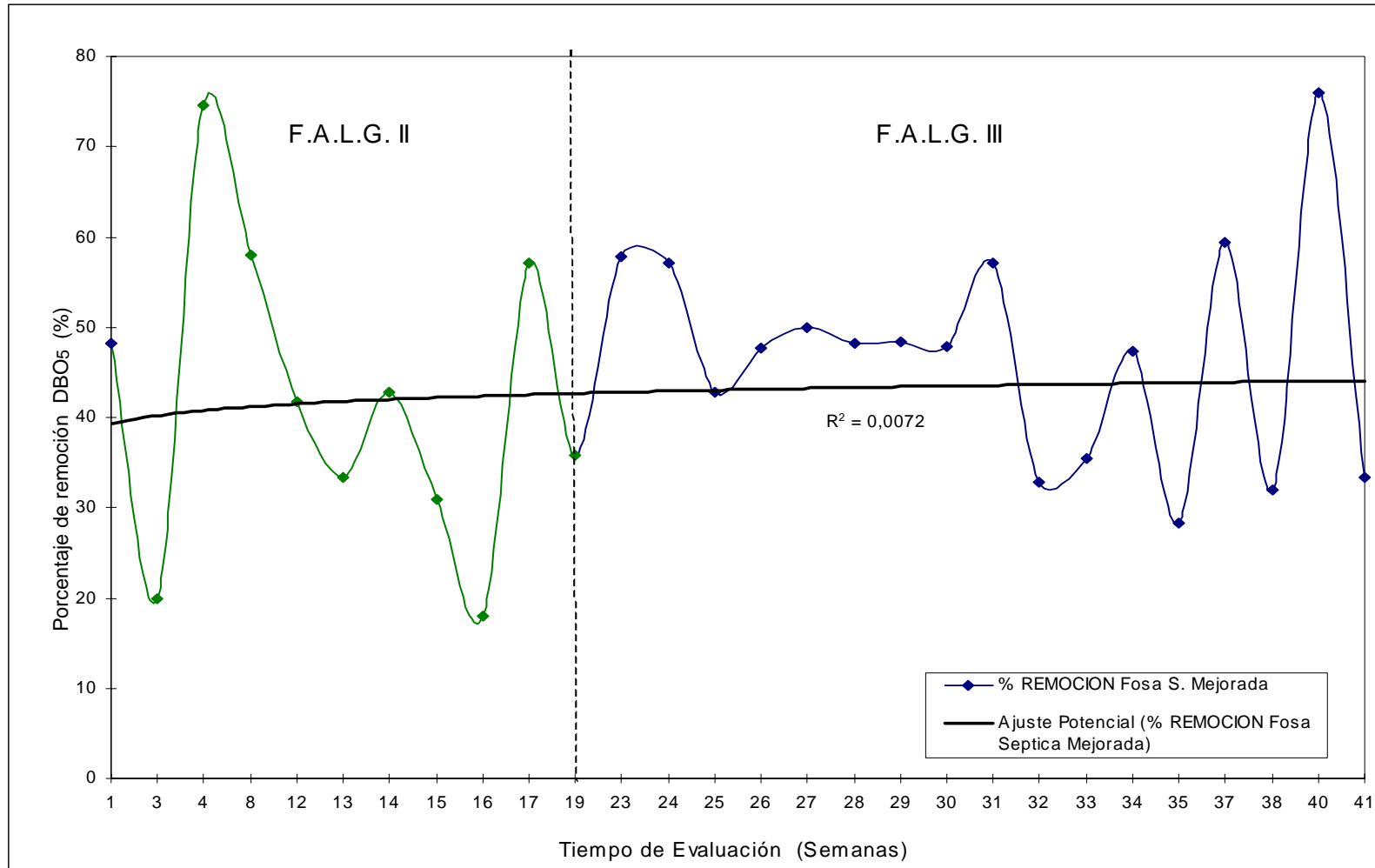
**Figura 12.** Comparación del porcentaje de remoción de DQO entre las fases II y III.



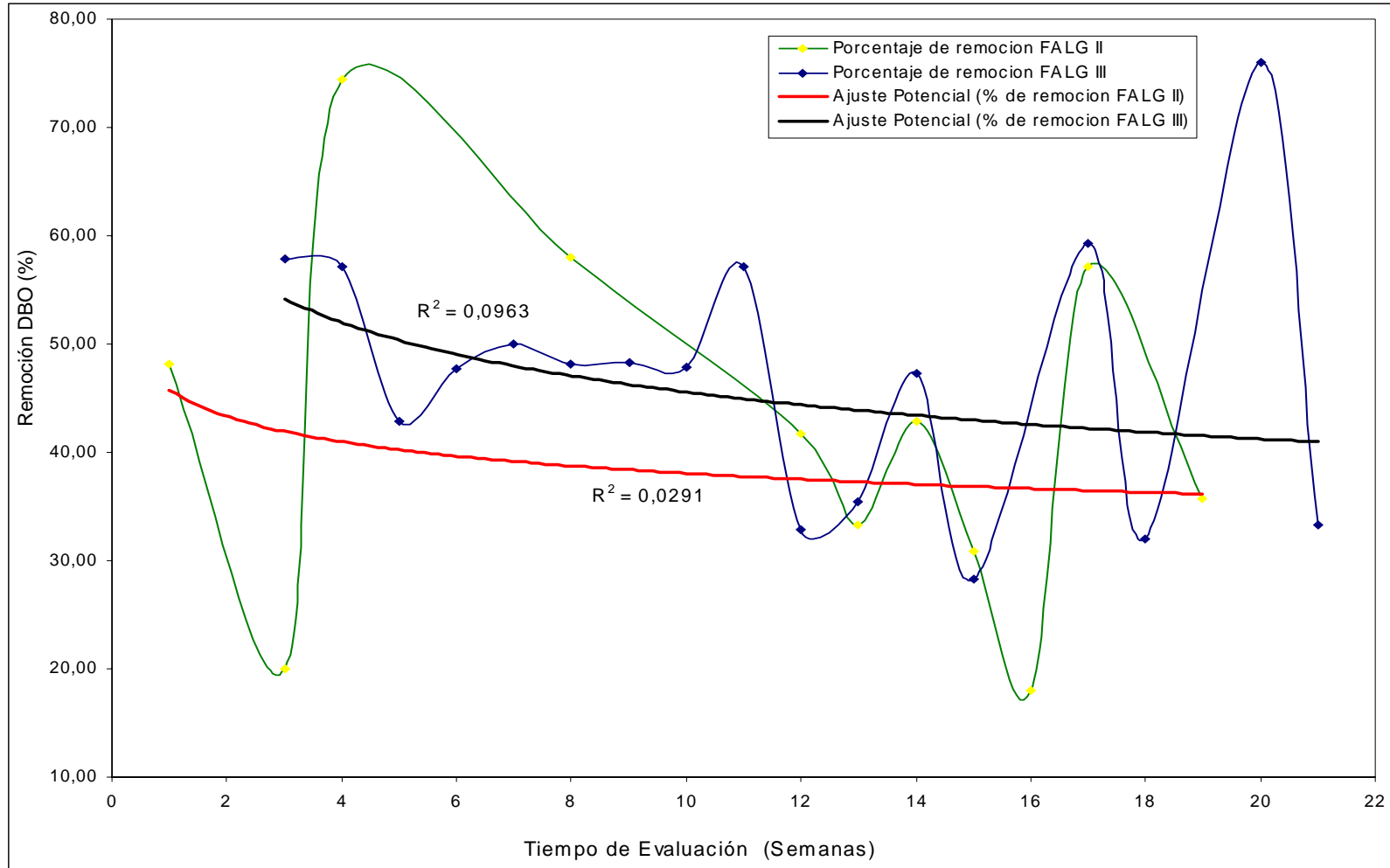
**Figura 13.** Variación DBO. Fosa séptica mejorada.



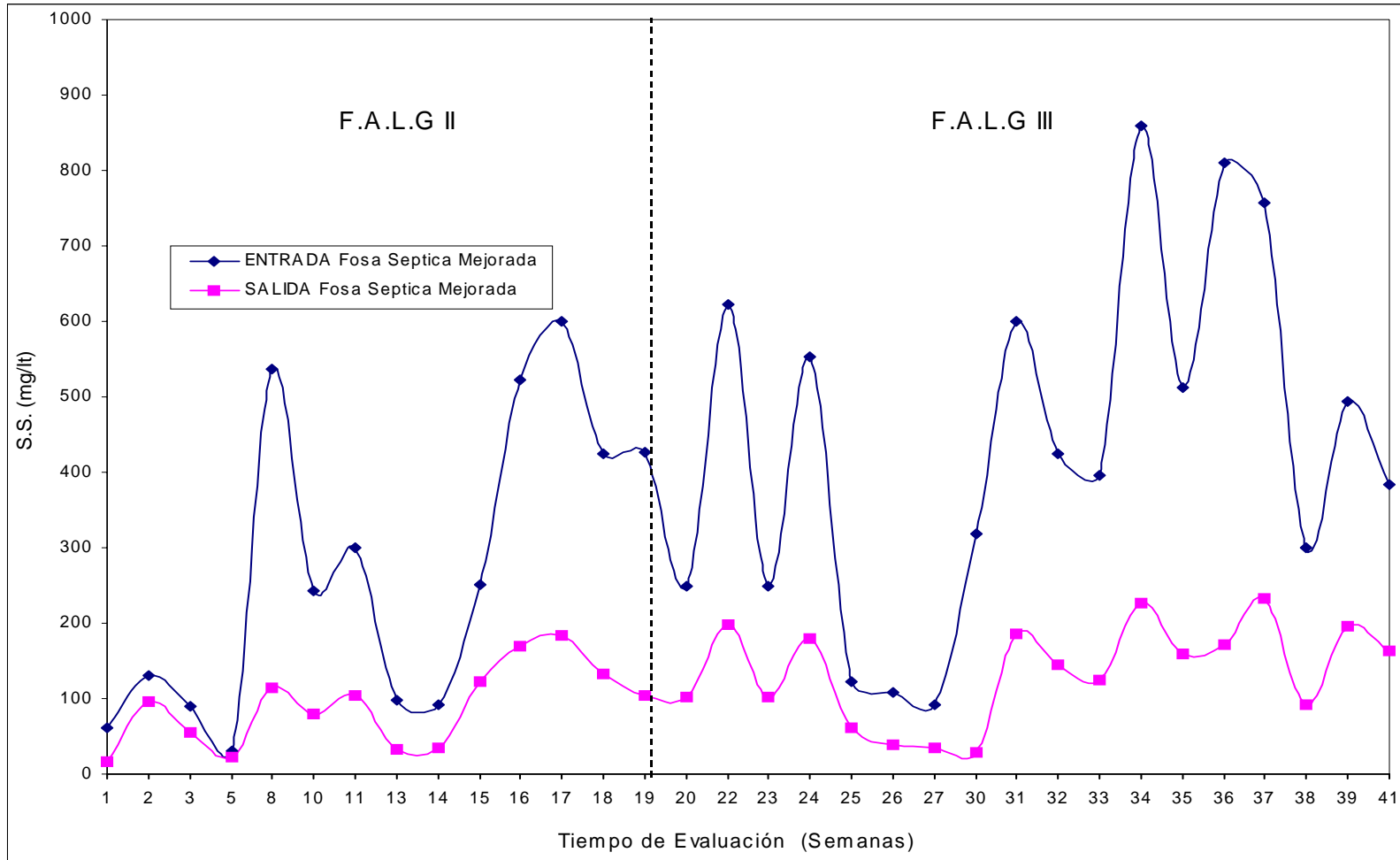
**Figura 14.** Porcentaje de remoción de DBO durante las fases II y III. Fosa séptica mejorada.



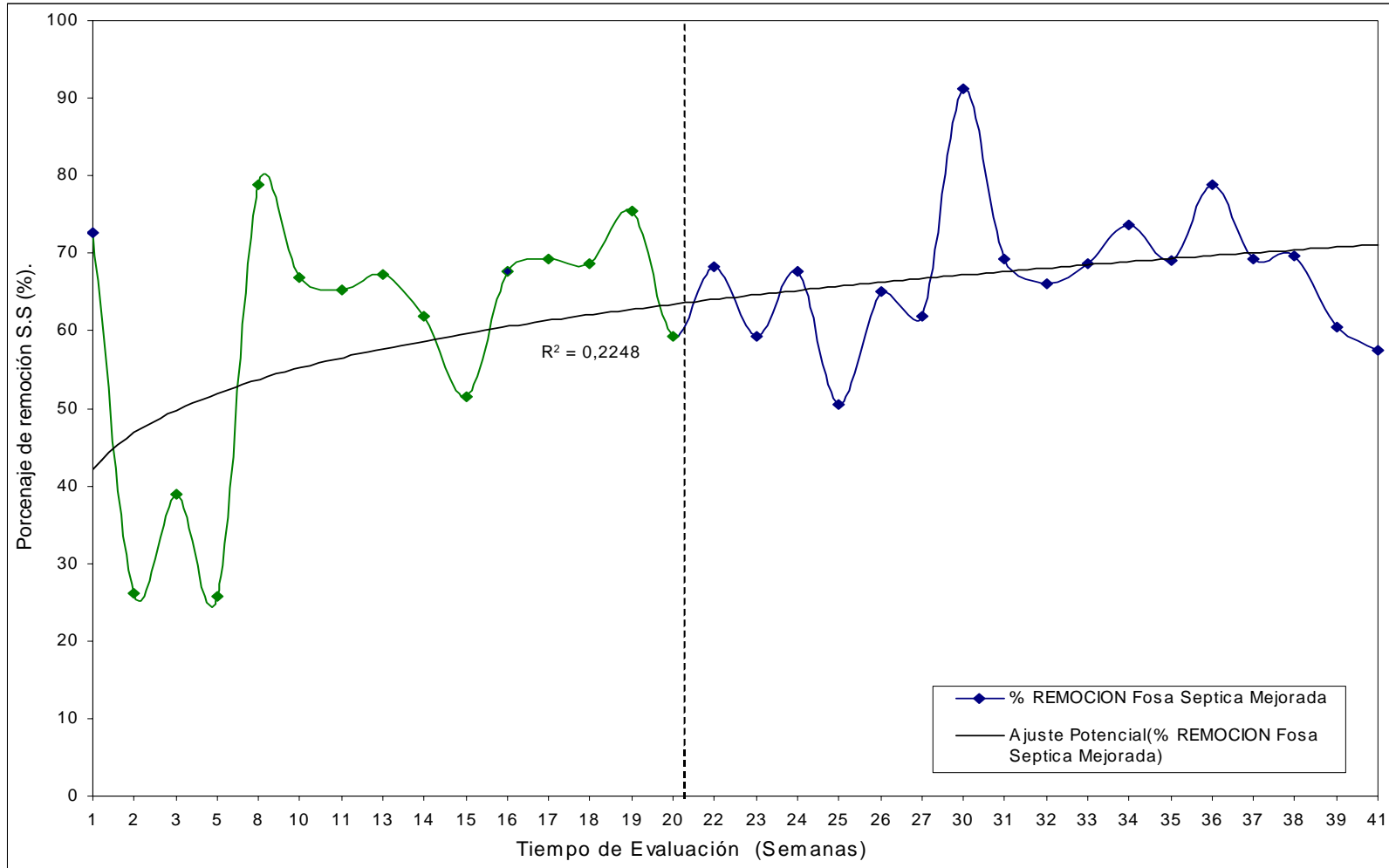
**Figura 15.** Comparación del porcentaje de remoción de DBO entre las fases II y III.



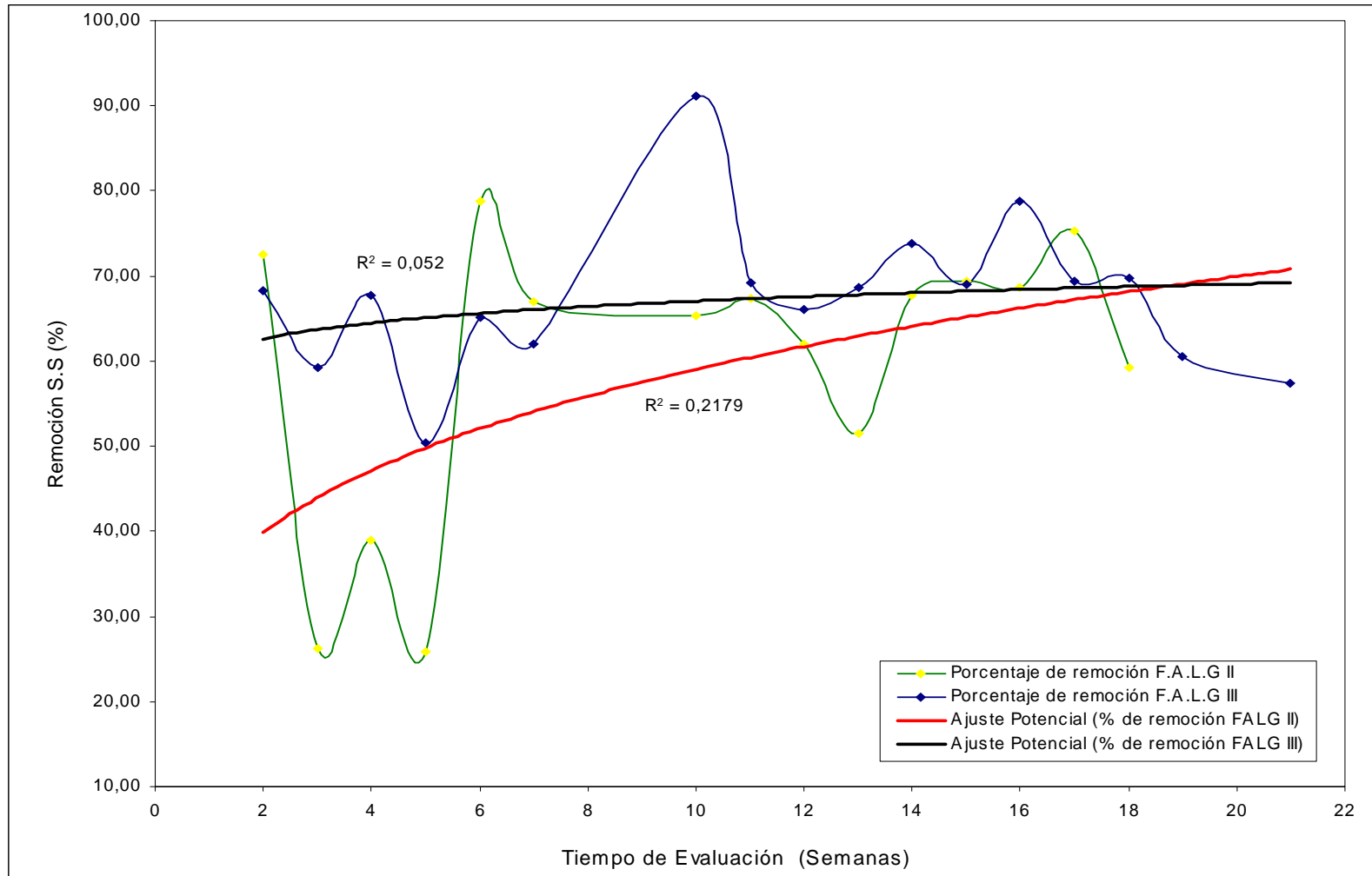
**Figura 16.** Variación sólidos suspendidos. Fosa séptica mejorada.



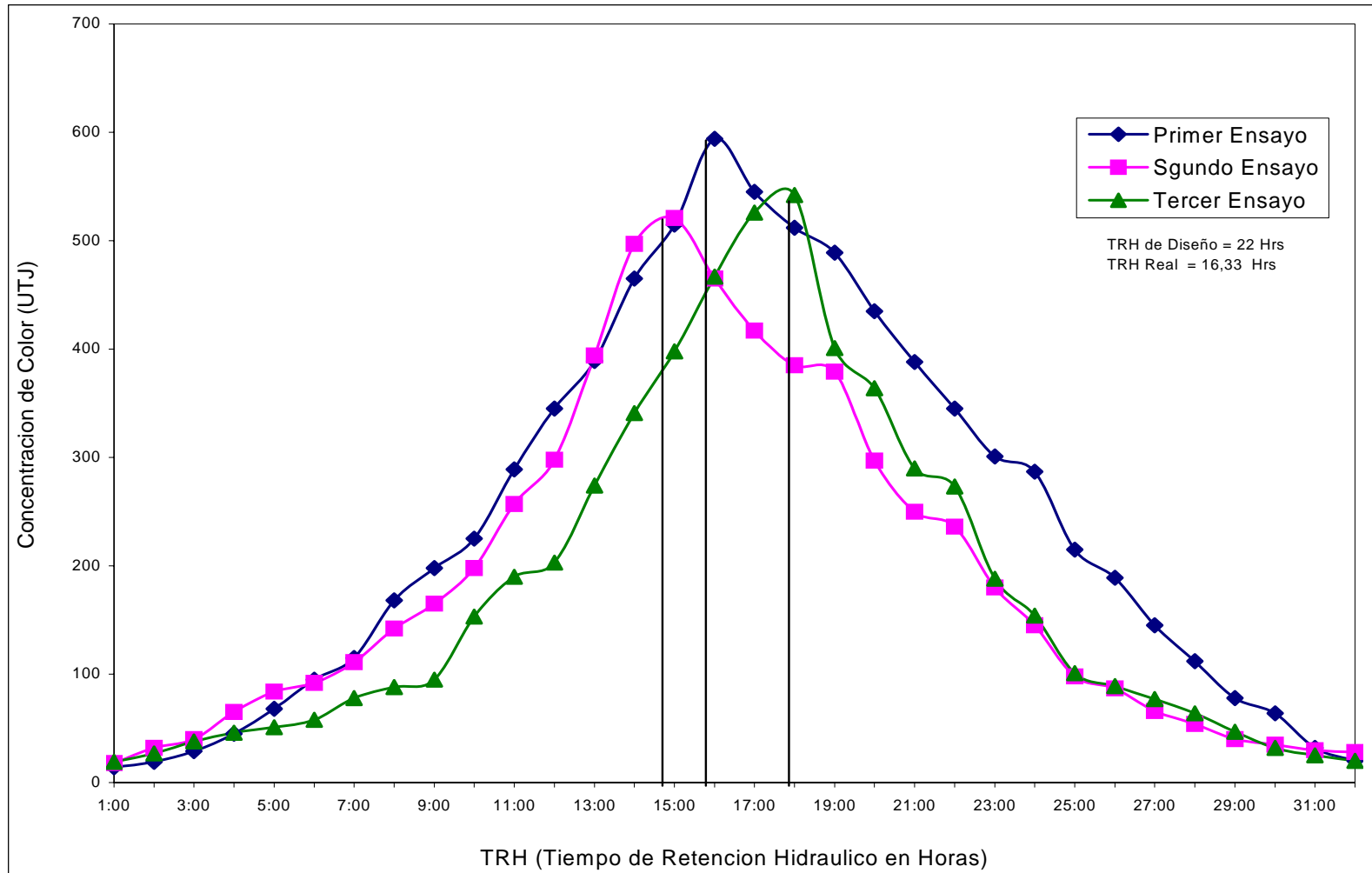
**Figura 17.** Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos durante las fases II y III. Fosa S. Mejorada.



**Figura 18.** Comparación del porcentaje de remoción de Sólidos suspendidos entre las fases II y III.

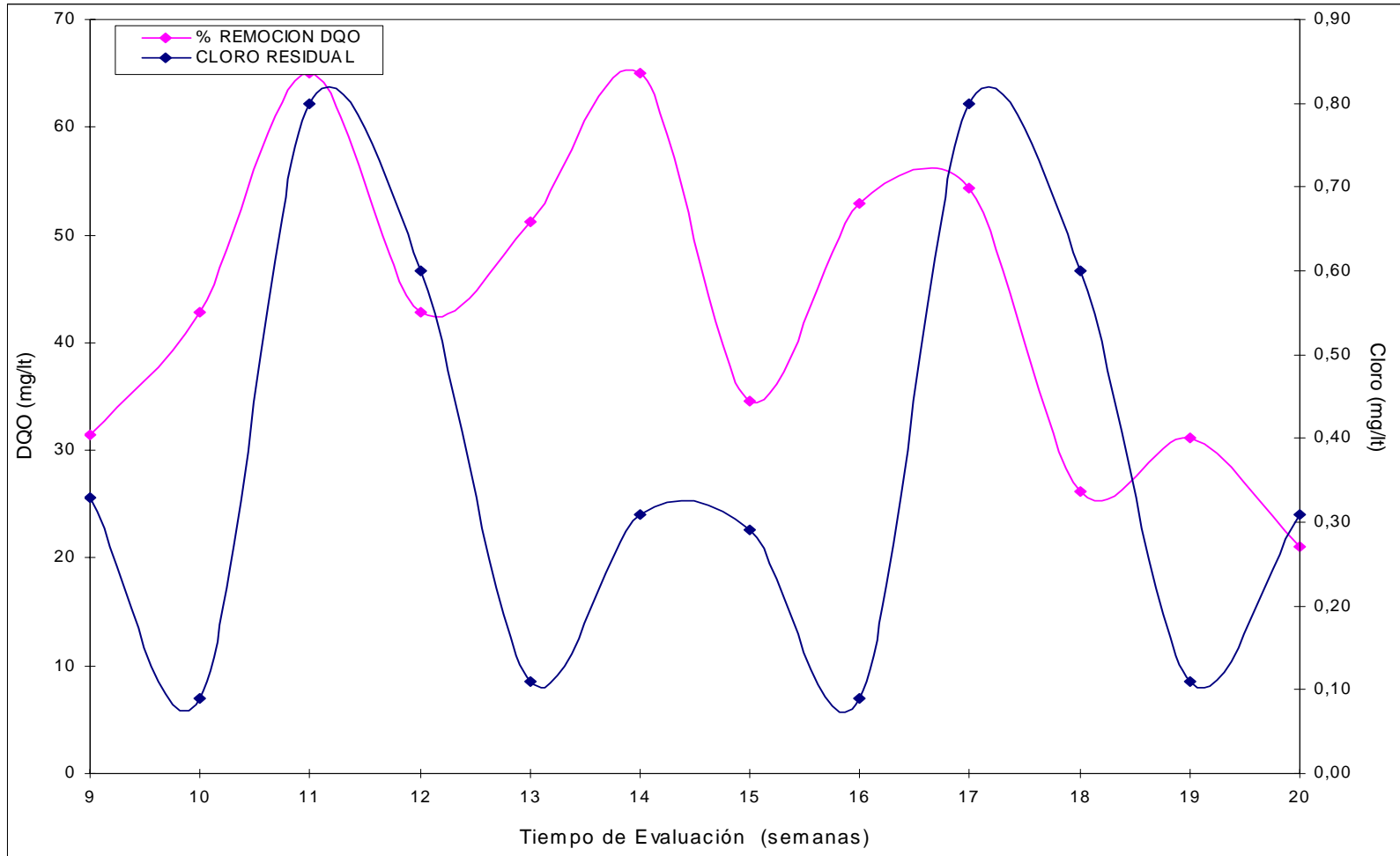


**Figura 19.** Ensayo de trazadores para determinar el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH).





**Figura 20.** Porcentaje de remoción de DQO en presencia de cloro residual.



**Figura 21.** Porcentaje de remoción de DBO en presencia de coloro residual.

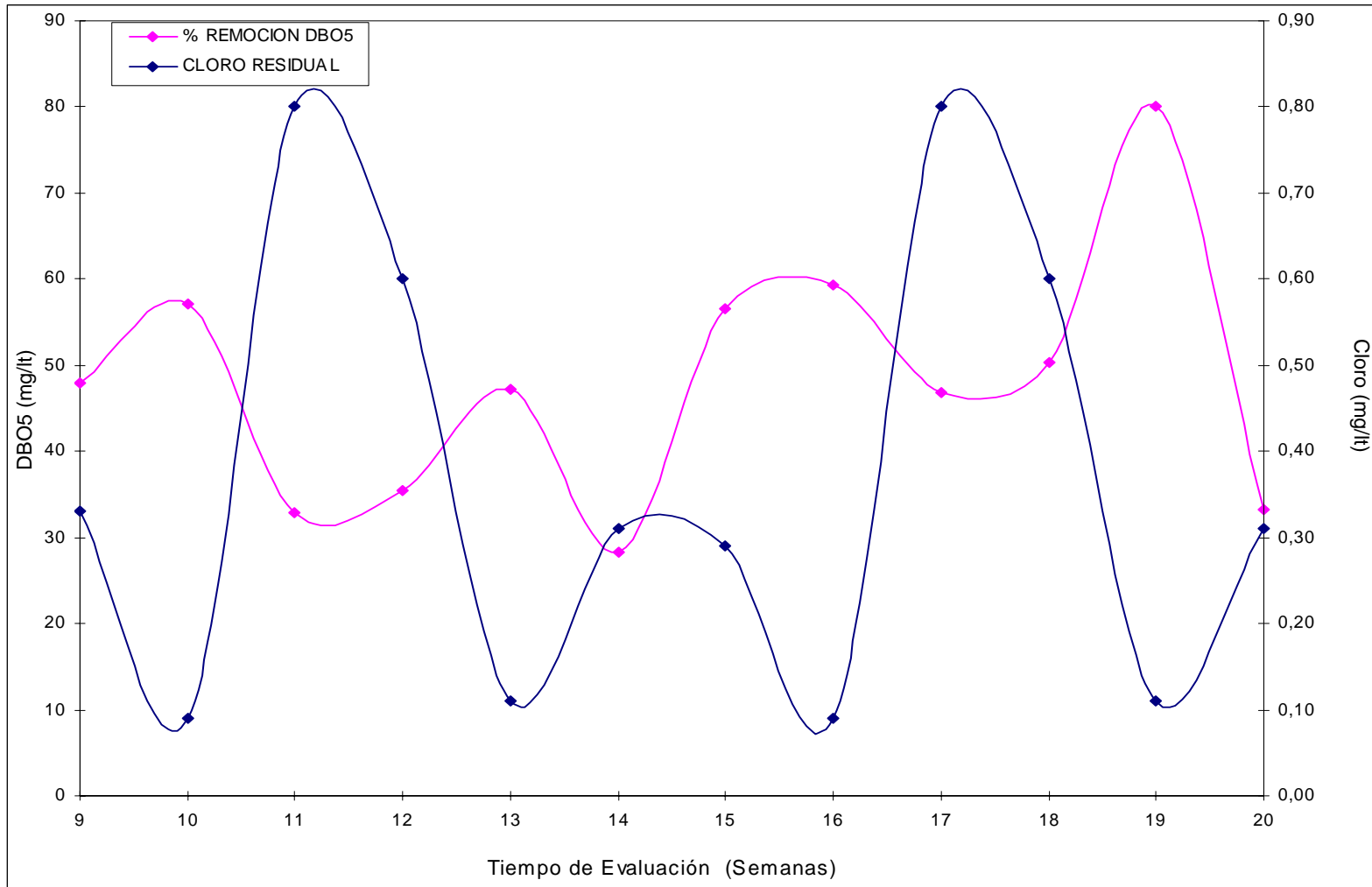
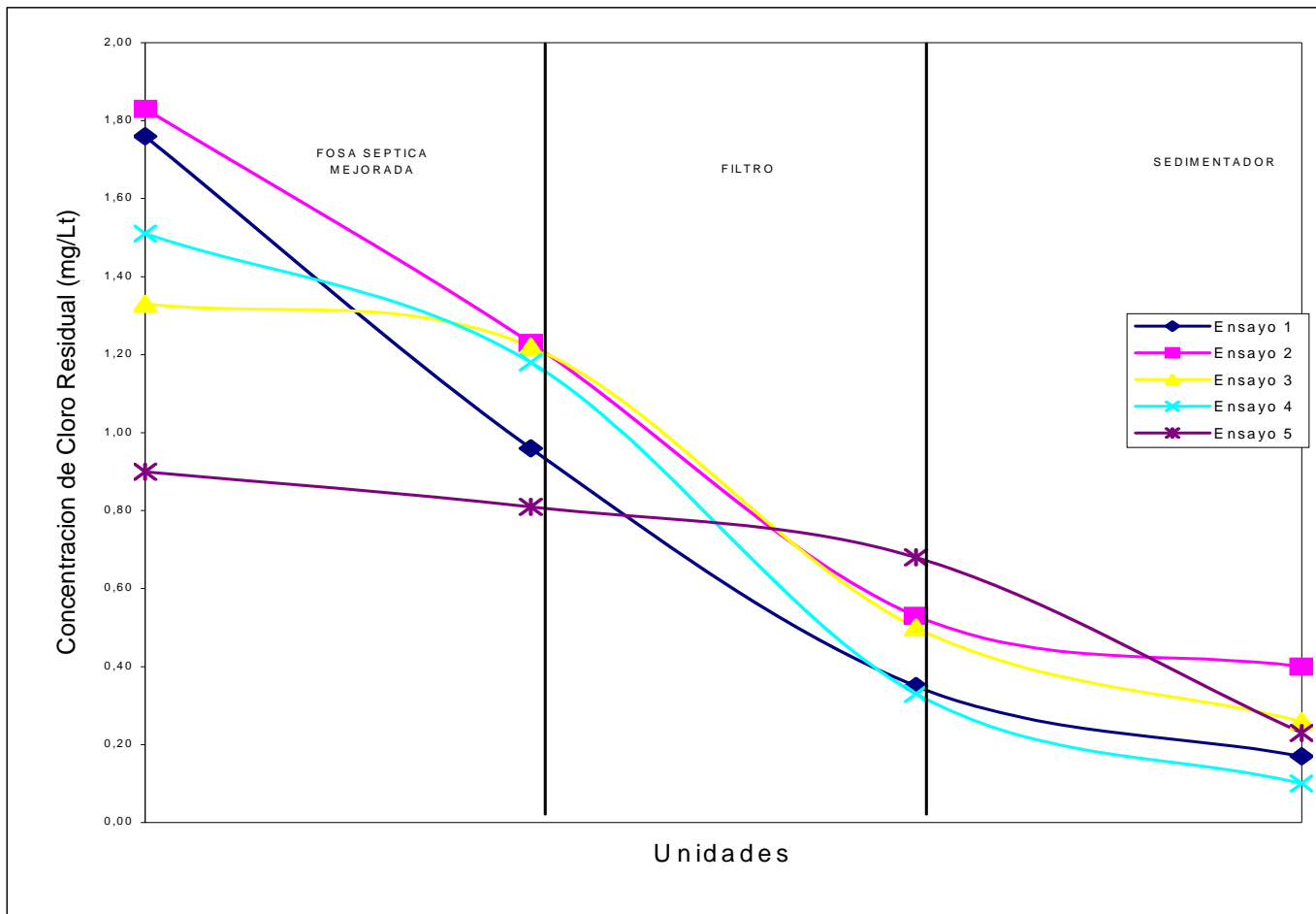


Figura 22. Caída de la concentración del cloro residual a través del sistema.



### 3. CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta las condiciones (bajas temperaturas, presencia de Cloro, y aumento de Caudal) con las que trabajó la Fosa Séptica Mejorada, los resultados obtenidos en cuanto a remoción de sólidos y materia orgánica fueron adecuados ya que las eficiencias para una fosa séptica convencional están dentro del rango de 50 – 70 % para SS y 30 – 50% para DBO, observándose un incremento en las eficiencias respecto de la anterior fase del orden de 1.72% para DQO, 6.18% para DBO y 7.72% para S.S.
- Teniendo como base los resultados obtenidos en la anterior fase, la Fosa Séptica Mejorada demostró ser un buen decantador (siendo esta su principal función), presentando remoción del 67.43% superando inclusive las eficiencias alcanzadas por un decantador primario convencional (60-65%). Además presentó altas remociones de materia orgánica (48.02% para DBO y 46% para DQO) superando ampliamente a los decantadores primarios convencionales (rango 30-35%) no siendo esta una función específica de esta unidad de tratamiento primario.
- A pesar que en esta fase de investigación no se realizó evacuación de lodos del compartimento principal, vemos que las eficiencias no se vieron afectadas y

aumentaron en relación con la anterior fase (F.A.L.G II), por lo tanto las remociones no se generan en función del volumen útil del tanque. Sin embargo hay que tener en cuenta la posibilidad de que estas remociones aumenten si se realiza dicha extracción según experiencia de la fase anterior.

- Los valores de cloro residual se deben además del existente en el agua de abastecimiento, al utilizado en los procesos de limpieza y desinfección diaria de cocina, baños y pisos en las instalaciones del Santo Angel, donde se utilizan detergentes y desinfectantes con alto contenido de cloro.
- De los datos obtenidos en los ensayos de determinación de cloro, se puede concluir que el cloro residual presente en el agua, reaccionó con las bacterias presentando un decrecimiento de este entre la entrada y la salida, esto genera que los valores de remoción de DBO y DQO sean más bajos a mayor presencia de cloro residual.
- Mediante el uso del ensayo de trazadores se obtuvo un valor para el tiempo de retención hidráulica de 16 hrs aproximadamente, el cual es menor al de diseño que era de 22 hrs, esto debido al aumento del caudal como consecuencia del incremento de la población. La Fosa séptica Mejorada fue diseñada para descargas de aproximadamente 25 habitantes, pero actualmente se cuenta con mayor numero, concretamente 75 habitantes, sin embargo mantuvo

eficiencias adecuadas para este tipo de tratamiento.

- En general el Ph del agua osciló cerca del valor neutro (7.7 y 77.3) tanto en la entrada como en la salida del sistema. El que se haya presentado estabilidad en el valor del Ph se debe en gran medida a la alcalinidad del agua (la cual se mantuvo entre un rango de 100-200), lo cual evita variaciones bruscas de este parámetro ante la posible acidificación del reactor.
- Las comparaciones de las eficiencias en cuanto a remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y sólidos suspendidos se hicieron teniendo en cuenta datos obtenidos por rangos establecidos en las normas para Decantadores Primarios y Fosas sépticas convencionales. Por lo tanto no se obtiene una verdadera eficiencia, para esto es necesario hacer la comparación con una fosa séptica mejorada que trabaje bajo las mismas condiciones ambientales y físicas.

#### **4. RECOMENDACIONES**

- Retirar las natas y sólidos flotantes presentes en la superficie del líquido del depósito principal, así como revisar permanentemente el correcto funcionamiento de la cámara de quietamiento y cámara de distribución con el fin de realizar el mantenimiento preventivo cada vez que sea necesario.
- Considerar en la próxima etapa de investigación la implementación de un mecanismo de medición para los lodos que se acumulan en la zona de almacenamiento y así poder evaluar el límite de colmatación para esta zona reflejado en las eficiencias que presente la unidad.
- Evaluar la vida útil de la Fosa Séptica Mejorada manteniéndose al margen en el retiro de los lodos depositados en el interior del compartimento principal.
- Estudiar las diferentes alternativas que existan para el aprovechamiento del biogás producido en esta unidad.
- Para poder realizar una comparación representativa de las eficiencias alcanzadas por la Fosa Séptica Convencional se recomienda la construcción de una fosa Séptica de tipo convencional en las instalaciones de la planta

experimental Santo Angel o buscar una existente que trabaje bajo condiciones ambientales similares a esta.

- Buscar soluciones para la disminución o anulación del cloro residual en el agua antes que esta entre en el sistema, para evitar la disminución de remoción.
- Revisar constantemente los aparatos sanitarios en las instalaciones del Santo Angel, debido a que el daño de los mismos, puede generar la entrada de agua potable al sistema, diluyendo el agua residual y haciendo imposible la realización de los ensayos de laboratorio.
- Cuando se realice la limpieza de las cajillas en el instituto Santo Angel se debe desconectar la tubería de llegada al sistema, con el fin de evitar la entrada de agua potable.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] BASTIDAS BERNAL, Jairo; ROSERO OBANDO, Carlos. Sistema de Filtros Anaerobios de Lecho Granular para el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas – Fosa Séptica Mejorada, F.A.L.G.I. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería, 2000. 251 p.
- [2] CRITES, Ron. Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Tomo 2. Santa Fe de Bogotá: Mc Graw Hill, 2000. 200 p.
- [3] GALVIS C, Gerardo. Análisis de Flujos y Factores que determinan los periodos de retención. Universidad del Valle. Facultad de ingeniería, 1985. 86 p.
- [4] GOMEZ PONCELA, Juan Manuel. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Saneamiento. Santander – España: Servicio de Publicaciones e ingenieros de caminos. Universidad de Cantabria, 1989. 256 p.
- [5] GOYES ARAUJO, Wilmar. Sistema de Filtros de Lecho Granular para el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas – Fosa Séptica Mejorada. F.A.L.G II. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería, 2001. 216 p.

[6] HERNANDEZ MUÑOZ, Aurelio; HERNANDEZ LEHMANN, Aurelio y GALAN MARTINEZ, Pedro. Manual de Depuración URALITA. Sistemas para depuración de Aguas Residuales en núcleos hasta de 20.000 Habitantes. Madrid: Paraninfo 1996. 970 p.

[7] METCALF & EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y reutilización. Volumen 1. Madrid-España: Mc Graw Hill 1995. 1885 p.

[8] MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO; Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, República de Colombia, REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS - 2000, SECCION II, TÍTULO E TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Bogotá D.C., Noviembre del 2000. 144 p.

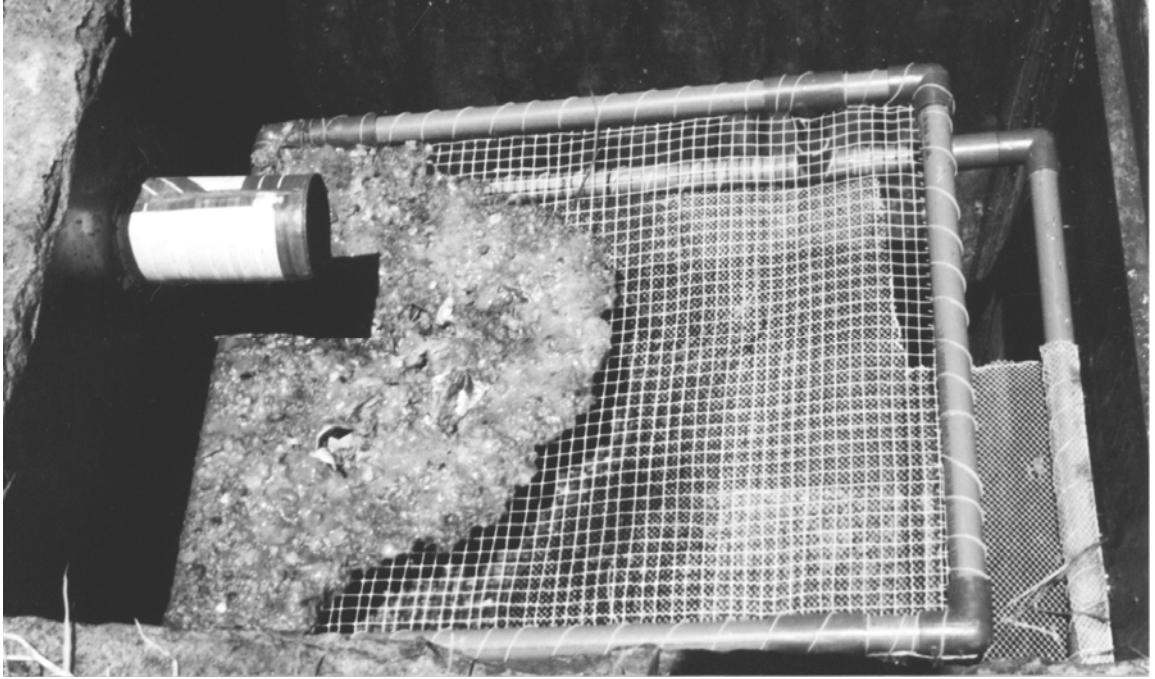
[9] ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Primera edición, Enero de 2000. 1232 p.

[10] SALAZAR CANO, Roberto. Ingeniería Ambiental, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, 2000. 250 p.

**Anexo 1.** Pretratamiento. Estado de las mallas de desbaste antes de ser mejoradas.



**Anexo 2. Mallas de desbaste mejoradas.**



**Anexo 3. Mantenimiento de las mallas de desbaste.**



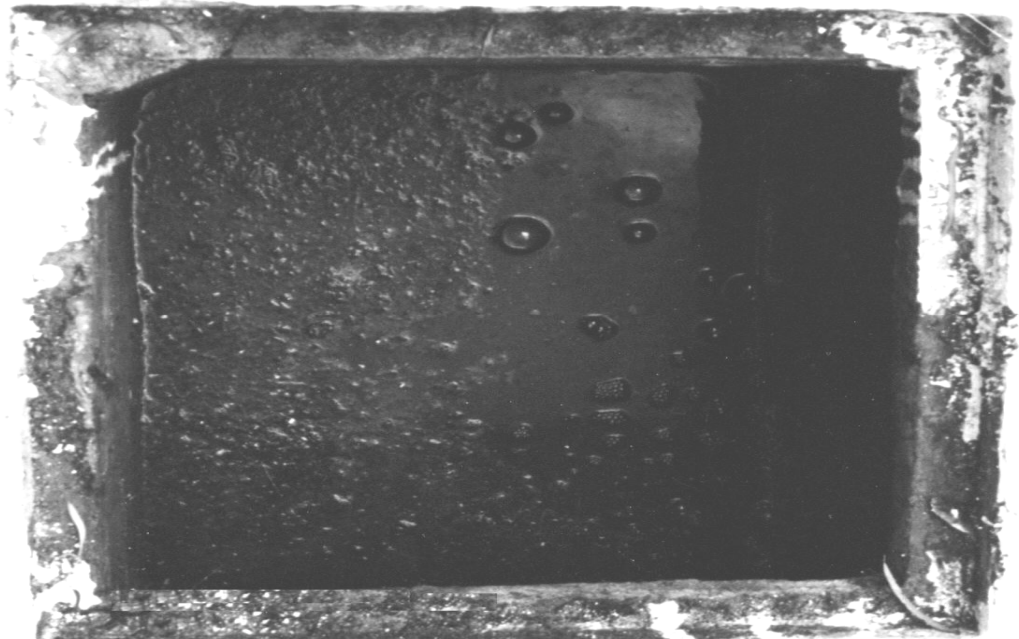
**Anexo 4.** Vista de la Fosa Séptica Mejorada.



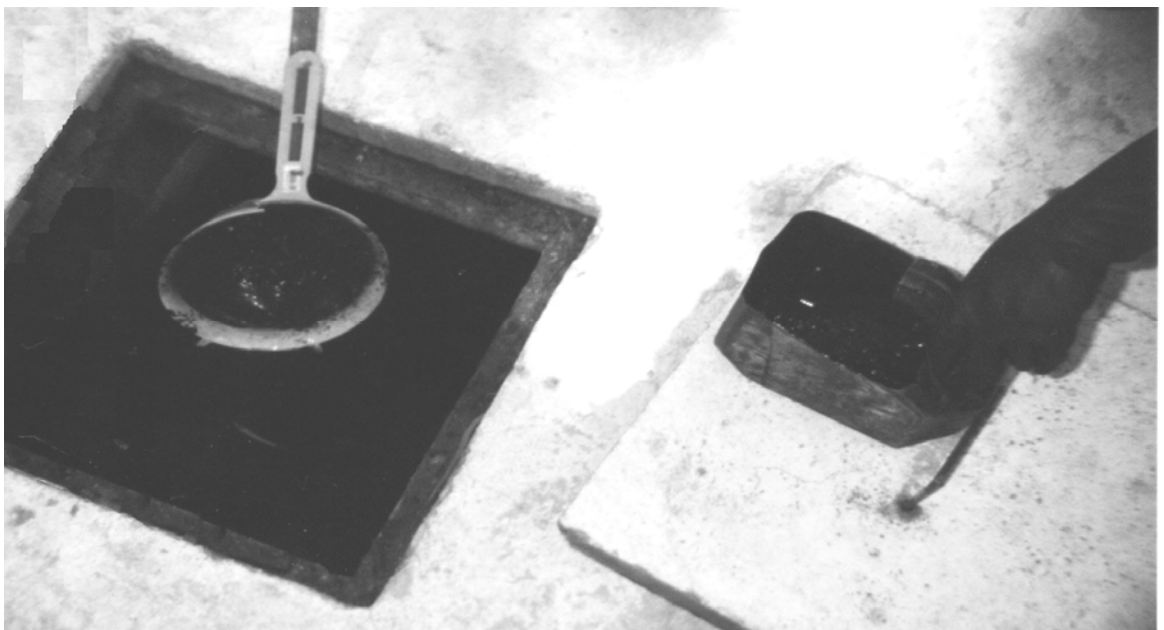
**Anexo 5.** Cámara de entrada. Fosa Séptica Mejorada.



**Anexo 6.** Ventanas superiores, Fosa Séptica Mejorada. Sirven de acceso para retirar materia flotante.



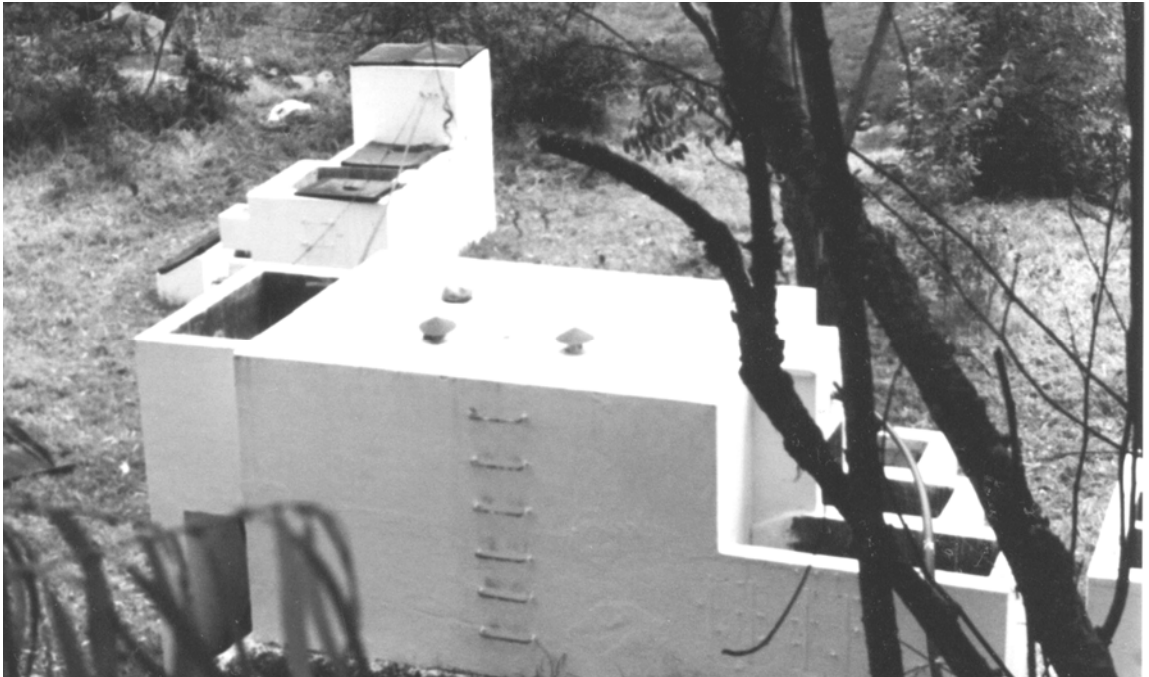
**Anexo 7.** Mantenimiento de la Fosa Séptica mejorada. Retiro de material flotante.



**Anexo 8.** Vertedero de salida de la Fosa Séptica Mejorada. El vertedero izquierdo dirige el agua al filtro aerobio y el derecho al filtro Anaerobio.



**Anexo 9.** Vista del sistema en general. Planta Experimental Piloto F.A.L.G.



**Anexo 10.** Tabla Tiempo de retención – Contribución diaria. Para el calculo del tiempo de retención teórico o de diseño.

<b>CONTRIBUCIÓN DIARIA (L)</b>	<b>TIEMPO DE RETENCIÓN (T)</b>	
	<b>Días</b>	<b>Horas</b>
Hasta 1.500	1.00	24
De 1.501 a 3.000	0.92	22
De 3.000 a 4.500	0.83	20
4.501 a 6.000	0.75	18
6.001 a 7.500	0.67	16
7.500 a 9.000	0.58	14
mas de 9.000	0.50	12



**Anexo 11. Tabla de aforos. Fosa Séptica Mejorada.**

SEMANAS	HORAS				VOLUMEN PROMEDIO (Lt)				TIEMPO (Seg)				CAUDAL (Lps)			
	8-12 a.m.	12-16 p.m.	16-20 p.m.	20-8 a.m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	X	X	X	X	1500	1100	300	900	14400	14400	14400	43200	0,1042	0,0764	0,0208	0,0208
2	X	X	X	X	1550	1095	301	902	14400	14400	14400	43200	0,1076	0,0760	0,0209	0,0209
3	X	X	X	X	1555	1080	310	910	14400	14400	14400	43200	0,1080	0,0750	0,0215	0,0211
4	X	X	X	X	1502	1045	320	905	14400	14400	14400	43200	0,1043	0,0726	0,0222	0,0209
5	X	X	X	X	1504	1115	305	910	14400	14400	14400	43200	0,1044	0,0774	0,0212	0,0211
6	X	X	X	X	1508	1120	304	906	14400	14400	14400	43200	0,1047	0,0778	0,0211	0,0210
7	X	X	X	X	1510	1119	307	903	14400	14400	14400	43200	0,1049	0,0777	0,0213	0,0209
8	X	X	X	X	1533	1109	310	900	14400	14400	14400	43200	0,1065	0,0770	0,0215	0,0208
9	X	X	X	X	1500	1094	295	910	14400	14400	14400	43200	0,1042	0,0760	0,0205	0,0211
10	X	X	X	X	1498	1100	294	911	14400	14400	14400	43200	0,1040	0,0764	0,0204	0,0211
11	X	X	X	X	1478	1110	287	912	14400	14400	14400	43200	0,1026	0,0771	0,0199	0,0211
12	X	X	X	X	1495	1036	290	917	14400	14400	14400	43200	0,1038	0,0719	0,0201	0,0212
13	X	X	X	X	1500	1035	300	906	14400	14400	14400	43200	0,1042	0,0719	0,0208	0,0210
14	X	X	X	X	1478	1090	310	910	14400	14400	14400	43200	0,1026	0,0757	0,0215	0,0211
15	X	X	X	X	1500	1120	305	899	14400	14400	14400	43200	0,1042	0,0778	0,0212	0,0208
16	X	X	X	X	1325	1150	303	880	14400	14400	14400	43200	0,0920	0,0799	0,0210	0,0204
17	X	X	X	X	1500	1090	270	870	14400	14400	14400	43200	0,1042	0,0757	0,0188	0,0201
18	X	X	X	X	1550	1173	268	872	14400	14400	14400	43200	0,1076	0,0815	0,0186	0,0202
19	X	X	X	X	1510	1120	309	870	14400	14400	14400	43200	0,1049	0,0778	0,0215	0,0201
20	X	X	X	X	1500	1099	312	907	14400	14400	14400	43200	0,1042	0,0763	0,0217	0,0210
<b>PROMEDIO</b>					<b>1500</b>	<b>1100</b>	<b>300</b>	<b>900</b>	<b>14400</b>	<b>14400</b>	<b>14400</b>	<b>43200</b>	<b>0,1042</b>	<b>0,0764</b>	<b>0,0208</b>	<b>0,0208</b>

**Anexo 12.** Ensayo de Trazadores para determinar el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH).

<b>DATOS</b>			
<b>TIEMPO</b>	<b>ENSAYOS</b>		
<b>(hrs)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1:00	14	18	19
2:00	19	32	27
3:00	29	40	38
4:00	45	65	46
5:00	68	84	51
6:00	95	92	58
7:00	115	111	78
8:00	168	142	88
9:00	198	165	95
10:00	225	198	153
11:00	289	257	190
12:00	345	298	203
13:00	389	394	274
14:00	465	497	341
15:00	515	<b>521</b>	398
16:00	<b>594</b>	465	467
17:00	545	417	526
18:00	512	385	<b>542</b>
19:00	489	379	401
20:00	435	297	364
21:00	388	250	290
22:00	345	236	273
23:00	301	180	188
24:00	287	145	154
25:00	215	98	101
26:00	189	87	89
27:00	145	66	77
28:00	112	54	64
29:00	78	40	47
30:00	64	35	32
31:00	32	30	25
32:00	20	28	20
<b>VALOR MAXIMO</b>	<b>594</b>	<b>521</b>	<b>542</b>

**Anexo 13.** Normas sobre Vertimiento de Aguas residuales en Colombia.

El decreto 1594 de 1984 en el capítulo VI (de las normas de vertimiento) establece lo siguiente:

**ARTÍCULO 72.** todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
PH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	$\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción $\geq 80\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
Sólidos suspendidos domésticos o industriales	Remoción $\geq 50\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO <sub>5</sub>		
Para desechos domésticos	Remoción $\geq 30\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
Para desechos industriales	Remoción $\geq 20\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga

**PARAGRAFO**

De acuerdo con las características del cuerpo receptor y del vertimiento, la EMA decidirá cual o cuales de las normas de control de vertimiento señaladas en este artículo podrán excluirse.

**ARTICULO 73:** Todo vertimiento a un alcantarillado público deberá cumplir por lo menos, con las siguientes normas:

REFERENCIA	VALOR
PH	5 a 9 unidades
Temperatura	≤ 40 °C
Acidos, bases o soluciones ácidas o básicas que pueden causar contaminación; sustancias explosivas o inflamables.	Ausentes
Sólidos sedimentables	≤ 10 ml/lt
Sustancias solubles en hexano	≤ 100 ml/lt

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
Sólidos suspendidos para desechos domésticos e industriales	Remoción ≥ 50% en carga	Remoción ≥ 80% en carga
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DBO<sub>5</sub></b>		
Para desechos domésticos	Remoción ≥ 30% en carga	Remoción ≥ 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción ≥ 20% en carga	Remoción ≥ 80% en carga
Caudal máximo	1.5 veces el caudal promedio horario	

### PARAGRAFO

De acuerdo con las características del cuerpo receptor y del vertimiento, la EMAR decidirá cual o cuales de las normas de control de vertimiento anotadas, podrán excluirse.

**Anexo 14.** Relación DQO – DBO entrada Fosa séptica mejorada.

SEMANA	DQO	DBO5	DBO/DQO	
1	145,00	54,00	0,37	
3	208,00	100,00	0,48	F.
8	628,00	250,00	0,40	A.
13	350,00	120,00	0,34	L.
14	220,00	105,00	0,48	G.
15	404,00	110,00	0,27	
16	200,00	195,00	0,55	II
19	957,00	241,20	0,20	
20	1062,00	420,00	0,23	
23	685,00	285,00	0,61	
24	821,00	490,00	0,35	
25	522,00	98,00	0,94	
26	208,00	88,00	0,47	
27	95,92	54,00	0,92	
28	63,00	108,00	0,86	F.
29	312,00	60,00	0,35	A.
30	73,00	71,00	0,82	L.
31	812,00	816,00	0,09	G.
32	897,00	201,00	0,91	
33	698,00	186,00	0,29	III
34	745,00	493,00	0,25	
35	1037,00	230,00	0,48	
36	820,00	460,00	0,28	
37	1160,00	860,00	0,40	
38	440,00	250,00	1,95	
40	1302,00	750,00	0,58	

**Anexo 15. Relación DQO – DBO salida Fosa séptica mejorada.**

SEMANA	DQO Salida Fosa S. Mejorada	DBO Salida Fosa S. Mejorada	DBO/DQO	
3	97,00	80,00	0,82	F.
8	165,00	105,00	0,64	A.
13	200,00	80,00	0,40	L.
14	130,00	60,00	0,46	G.
15	122,00	76,00	0,62	
16	164,00	160,00	0,98	II
19	165,00	155,00	0,94	
20	607,00	195,00	0,32	
23	240,00	120,00	0,50	
24	469,00	210,00	0,45	
25	250,00	56,00	0,22	
26	97,00	46,00	0,47	
27	66,00	27,00	0,41	F.
28	44,00	56,00	1,27	A.
29	124,00	31,00	0,25	L.
30	50,00	37,00	0,74	G.
31	464,00	350,00	0,75	
32	314,00	135,00	0,43	III
33	399,00	120,00	0,30	
34	425,00	260,00	0,61	
35	250,00	165,00	0,66	
36	536,00	200,00	0,37	
37	546,00	350,00	0,64	
38	201,00	170,00	0,85	
40	1302	750	0,58	

**Anexo 16.** Demanda Química de Oxígeno (DQO). Fosa séptica mejorada.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
1	145,00	77,00	68,00	46,90	
2	182,00	154,00	28,00	15,38	
3	208,00	97,00	111,00	53,37	
5	109,00	75,00	34,00	31,19	F.
7	184,00	153,00	31,00	16,85	A.
8	628,00	165,00	463,00	65,00	L.
10	643,00	225,00	418,00	65,01	G.
11	201,00	163,00	38,00	18,91	
13	350,00	200,00	150,00	42,86	III
14	220,00	130,00	90,00	40,91	
15	404,00	122,00	282,00	69,80	
16	200,00	164,00	36,00	18,00	
23	685,00	240,00	445,00	64,96	
24	821,00	469,00	352,00	42,87	
25	522,00	250,00	272,00	52,11	
26	208,00	97,00	111,00	53,37	F.
28	63,00	44,00	19,00	30,16	A.
29	312,00	124,00	188,00	60,26	L.
30	73,00	50,00	23,00	31,51	G.
31	812,00	464,00	348,00	42,86	
32	897,00	314,00	583,00	64,99	III
33	698,00	399,00	299,00	52,84	
34	745,00	425,00	320,00	42,95	
36	820,00	536,00	284,00	34,63	
39	440,00	201,00	239,00	54,32	
Valor máximo	897,00	536,00	583,00	69,80	
Valor mínimo	63,00	44,00	19,00	15,38	
Media	422,80	213,52	209,28	44,48	
Desviac. Est.	276,46	141,73	166,07	16,58	

**Anexo 17. Demanda Bioquímica de Oxígeno. Fosa séptica mejorada.**

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
1	54,00	28,00	26,00	48,15	
3	100,00	80,00	20,00	20,00	
4	400,00	102,00	298,00	74,50	
8	250,00	105,00	145,00	58,00	F.
12	120,00	70,00	50,00	41,67	A.
13	120,00	80,00	40,00	33,33	L.
14	105,00	60,00	45,00	42,86	G.
15	110,00	76,00	34,00	30,91	
16	195,00	160,00	35,00	17,95	II
17	420,00	180,00	240,00	57,14	
19	241,20	155,00	86,20	35,74	
23	285,00	120,00	165,00	57,89	
24	490,00	210,00	280,00	57,14	
25	98,00	56,00	42,00	42,86	
26	88,00	46,00	42,00	47,73	
27	54,00	27,00	27,00	50,00	
28	108,00	56,00	52,00	48,15	F.
29	60,00	31,00	29,00	48,33	A.
30	71,00	37,00	34,00	47,89	L.
31	816,00	350,00	466,00	57,11	G.
32	201,00	135,00	66,00	32,84	
33	186,00	120,00	66,00	35,48	III
34	493,00	260,00	233,00	47,26	
35	230,00	165,00	65,00	28,26	
37	860,00	350,00	510,00	59,30	
38	250,00	170,00	80,00	32,00	
40	750,00	180,00	570,00	76,00	
41	301,50	201,00	100,50	33,33	
Valor mínimo	54,00	27,00	20	17,95	
Valor máximo	860,00	350,00	570,00	76,00	
Media	265,01	126,26	138,75	45,50	
Desviac. Est.	234,28	88,71	158,72	14,37	



**Anexo 18. Sólidos suspendidos. Fosa séptica mejorada.**

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
1	62,00	17,00	45,00	72,58	
2	130,00	96,00	34,00	26,15	
3	90,00	55,00	35,00	38,89	
5	31,00	23,00	8,00	25,81	
8	537,00	114,00	423,00	78,77	F.
10	242,00	80,00	162,00	66,94	A.
11	300,00	104,00	196,00	65,33	L.
13	98,00	32,00	66,00	67,35	G.
14	92,00	35,00	57,00	61,96	
15	252,00	122,00	130,00	51,59	II
16	523,00	169,00	354,00	67,69	
17	600,00	184,00	416,00	69,33	
18	425,00	133,00	292,00	68,71	
19	426,00	105,00	321,00	75,35	
20	250,00	102,00	148,00	59,20	
22	622,00	197,00	425,00	68,33	
23	250,00	102,00	148,00	59,20	
24	554,00	179,00	375,00	67,69	
25	123,00	61,00	62,00	50,41	
26	109,00	38,00	71,00	65,14	
27	92,00	35,00	57,00	61,96	F.
30	319,00	28,00	291,00	91,22	A.
31	600,00	185,00	415,00	69,17	L.
32	425,00	144,00	281,00	66,12	G.
33	396,00	124,00	272,00	68,69	
34	860,00	226,00	634,00	73,72	III
35	513,00	159,00	354,00	69,01	
36	810,00	172,00	638,00	78,77	
37	757,00	232,00	525,00	69,35	
38	300,00	91,00	209,00	69,67	
39	494,00	195,00	299,00	60,53	
41	383,00	163,00	220,00	57,44	
Valor máximo	860,00	232,00	638,00	91,22	
Valor mínimo	31,00	17,00	8,00	25,81	
Media	364,53	115,69	248,84	63,81	
Desviac. Est.	231,25	63,52	175,62	13,56	

**Anexo 19.** Comparación del contenido del cloro con porcentaje de remoción DBO. Fosa séptica mejorada.

SEMANA	CLORO RESIDUAL		DBO5		DIFERENCIA	DIFERENCIA	% REMOCION
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	CLORO		
	FOSA S. M.	FOSA S. M.	FOSA S. M.	FOSA S. M.	RESIDUAL	DBO5	DBO5
9	1,51	1,18	71	37	0,33	34	47,9
10	0,9	0,81	816	350	0,09	466	57,1
11	1,76	0,96	201	135	0,80	66	32,8
12	1,83	1,23	186	120	0,60	66	35,5
13	1,33	1,22	493	260	0,11	233	47,3
14	1,56	1,25	230	165	0,31	65	28,3
15	1,49	1,2	46	20	0,29	26	56,5
16	0,9	0,81	860	350	0,09	510	59,3
17	1,76	0,96	320	170	0,80	150	46,9
18	1,83	1,23	379	188	0,60	191	50,4
19	1,33	1,22	750	150	0,11	600	80,0
20	1,56	1,25	301,5	201	0,31	100,5	33,3
Valor máximo	1,83	1,25	860,00	350,00	0,80	600,00	80,00
Valor mínimo	0,90	0,81	46,00	20,00	0,09	26,00	28,26
Media	1,48	1,11	387,79	178,83	0,37	208,96	47,94
Desviac. Est.	0,32	0,17	282,59	103,39	0,27	202,58	14,48

**Anexo 20.** Comparación de contenido de cloro con porcentaje de remoción DQO. Fosa séptica mejorada.

SEMANA	CLORO RESIDUAL		DQO		DIFERENCIA	DIFERENCIA	% REMOCION
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	COLORO		
	FOSA S. M.	FOSA S. M.	FOSA S. M.	FOSA S. M.	RESIDUAL	DQO	DQO
9	1,51	1,18	73	50	0,33	23	31,5
10	0,9	0,81	812	464	0,09	348	42,9
11	1,76	0,96	897	314	0,80	583	65,0
12	1,83	1,23	698	399	0,60	299	42,8
13	1,33	1,22	745	363	0,11	382	51,3
14	1,56	1,25	1037	363	0,31	674	65,0
15	1,49	1,2	820	536	0,29	284	34,6
16	0,9	0,81	1160	546	0,09	614	52,9
17	1,76	0,96	440	201	0,80	239	54,3
18	1,83	1,23	804	594	0,60	210	26,1
19	1,33	1,22	1302	896	0,11	406	31,2
20	1,56	1,25	597	471	0,31	126	21,1
Valor máximo	1,83	1,25	1302,00	896,00	0,80	674,00	65,00
Valor mínimo	0,90	0,81	73,00	50,00	0,09	23,00	21,11
Media	1,48	1,11	782,08	433,08	0,37	349,00	43,23
Desviac. Est.	0,32	0,17	324,27	211,42	0,27	197,51	14,67

## Anexo 21. Temperatura.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
1	18,20	16,90	1,30	
2	19,50	18,30	1,20	
4	15,30	14,70	0,60	
3	16,20	16,00	0,20	
5	15,40	15,80	-0,40	
6	20,30	19,40	0,90	
7	17,90	15,30	2,60	
8	19,00	18,80	0,20	F.
9	20,10	20,20	-0,10	A.
10	17,40	17,10	0,30	L.
11	19,30	19,10	0,20	G.
12	19,00	18,90	0,10	
13	19,80	18,70	1,10	II
14	15,30	14,70	0,60	
15	15,10	14,10	1,00	
16	14,10	14,90	-0,80	
17	15,00	14,90	0,10	
18	15,20	15,10	0,10	
19	13,60	13,80	-0,20	
20	15,60	15,70	-0,10	
22	13,50	13,00	0,50	
23	23,00	22,10	0,90	
24	24,30	23,80	0,50	
25	19,20	18,00	1,20	
26	18,60	18,00	0,60	
27	20,00	19,00	1,00	
28	21,00	20,40	0,60	
29	20,70	20,30	0,40	F.
30	20,60	20,50	0,10	A.
31	17,30	16,50	0,80	L.
32	21,80	21,80	0,00	G.
33	19,10	19,00	0,10	
34	16,20	15,60	0,60	III
35	23,00	22,60	0,40	
36	13,60	13,30	0,30	
37	15,70	15,30	0,40	
38	19,00	17,60	1,40	
39	19,10	18,80	0,30	
40	21,90	21,80	0,10	
41	16,14	16,00	0,14	
Valor máximo	24,30	23,80	2,60	
Valor mínimo	13,50	13,00	-0,80	
Media	18,13	17,65	0,48	
Desviac. Est.	2,83	2,76	0,59	

## Anexo 22. Alcalinidad.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
1	33,6	10,8	22,80	
2	89,6	218,4	-128,80	
3	164	124	40,00	
4	127,2	137,6	-10,40	
5	130,4	159,2	-28,80	
6	178,4	189,6	-11,20	
7	173,6	222,6	-49,00	
8	109,6	170,4	-60,80	F.
9	196,8	171,2	25,60	A.
10	33,6	18,4	15,20	L.
11	246	240	6,00	G.
12	27	25	2,00	
13	102	188	-86,00	II
14	250	130,6	119,40	
15	172	116	56,00	
16	90	125	-35,00	
17	160	116	44,00	
18	210	206	4,00	
19	454	112	342,00	
20	220	128	92,00	
22	343	334	9,00	
23	246	238	8,00	
24	266,5	260	6,50	
25	133,11	144	-10,89	
26	307,5	300	7,50	
27	131,1	142	-10,90	
28	113,1	82	31,10	F.
29	174,5	56,1	118,40	A.
30	205,33	66	139,33	L.
31	259,6	332	-72,40	G.
32	210	200	10,00	
33	97,7	72	25,70	III
34	236	230	6,00	
35	357	348	9,00	
36	130,4	158	-27,60	
37	420	406	14,00	
38	172	99	73,00	
39	440	260	180,00	
40	256	352	-96,00	
41	372,67	440,67	-68,00	
Valor máximo	454,00	440,67	342,00	
Valor mínimo	27,00	10,80	-128,80	
Media	200,98	183,21	17,77	
Desviac. Est.	107,73	104,89	81,82	

## Anexo 23. Dureza.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
1	42,40	39,20	3,20	
2	65,60	87,20	-21,60	
3	110,80	107,20	3,60	
4	71,20	75,20	-4,00	
5	184,00	169,60	14,40	
6	102,40	91,20	11,20	
7	131,40	118,40	13,00	
8	79,20	80,00	-0,80	F.
9	101,60	98,40	3,20	A.
10	122,40	103,20	19,20	L.
11	79,20	89,60	-10,40	G.
12	154,00	120,00	34,00	
13	86,00	70,00	16,00	II
14	98,40	86,40	12,00	
15	168,00	160,80	7,20	
16	191,00	130,00	61,00	
17	168,00	155,20	12,80	
18	193,00	132,80	60,20	
19	336,00	202,00	134,00	
20	190,00	182,40	7,60	
21	131,00	106,00	25,00	
23	62,48	66,00	-3,52	
24	227,31	210,00	17,31	
25	54,08	50,00	4,08	
26	114,13	84,80	29,33	
27	112,80	76,00	36,80	
28	58,40	54,00	4,40	
29	67,41	71,20	-3,79	F.
30	86,00	60,80	25,20	A.
31	110,80	109,60	1,20	L.
32	122,40	106,00	16,40	G.
33	65,00	68,80	-3,80	
34	72,00	76,00	-4,00	III
35	110,80	104,00	6,80	
36	122,40	104,80	17,60	
37	86,00	72,00	14,00	
38	65,60	69,60	-4,00	
39	97,60	96,00	1,60	
40	109,60	99,20	10,40	
41	114,13	100,00	14,13	
Valor máximo	336,00	210,00	134,00	
Valor mínimo	42,40	39,20	-21,60	
Media	116,61	102,09	14,52	
Desviac. Est.	56,81	39,89	25,42	

## Anexo 24. Nitritos.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
1	0,070	0,030	0,040	
2	0,119	0,094	0,025	
3	0,106	0,071	0,035	
5	0,035	0,030	0,005	
8	0,330	0,114	0,216	
10	0,229	0,095	0,134	F.
12	0,080	0,080	0,000	A.
13	0,084	0,039	0,045	L.
14	0,085	0,026	0,059	G.
15	0,225	0,122	0,103	
16	0,385	0,178	0,207	II
17	0,200	0,165	0,035	
18	0,350	0,176	0,174	
19	0,223	0,112	0,111	
20	0,230	0,096	0,134	
21	0,205	0,176	0,029	
23	0,203	0,097	0,106	
24	0,200	0,167	0,033	
25	0,106	0,071	0,035	
26	0,097	0,045	0,052	
27	0,084	0,032	0,052	
28	0,055	0,017	0,038	F.
30	0,110	0,050	0,060	A.
31	0,200	0,167	0,033	L.
33	0,225	0,121	0,104	G.
34	0,430	0,198	0,232	
35	0,227	0,159	0,068	III
36	0,365	0,184	0,181	
37	0,469	0,236	0,233	
38	0,231	0,098	0,133	
39	0,355	0,197	0,158	
40	0,259	0,190	0,069	
41	0,176	0,168	0,008	
Valor máximo	0,469	0,236	0,233	
Valor mínimo	0,035	0,017	0,000	
Media	0,204	0,115	0,089	
Desviac. Est.	0,115	0,062	0,070	

## Anexo 25. Nitratos.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
1	10,00	3,90	6,10	
2	20,10	15,60	4,50	
3	15,60	9,70	5,90	
4	9,20	94,00	-84,80	
5	4,80	4,30	0,50	
6	6,50	32,40	-25,90	
7	20,90	32,80	-11,90	F.
8	33,00	23,70	9,30	A.
9	7,50	19,90	-12,40	L.
10	59,60	19,50	40,10	G.
11	9,90	24,70	-14,80	
12	13,30	15,70	-2,40	II
13	10,00	18,40	-8,40	
14	24,00	20,30	3,70	
15	33,00	27,50	5,50	
16	33,00	33,00	0,00	
18	20,10	15,60	4,50	
19	33,00	22,60	10,40	
20	33,20	22,70	10,50	
23	33,00	22,40	10,60	
25	10,67	11,10	-0,43	
26	14,80	9,21	5,59	
27	42,90	6,90	36,00	
28	5,88	21,00	-15,12	
29	60,58	5,90	54,68	F.
30	7,10	6,30	0,80	A.
31	34,00	33,00	1,00	L.
32	33,00	27,90	5,10	G.
33	19,56	30,70	-11,14	
34	33,00	33,00	0,00	III
35	33,00	33,00	0,00	
38	10,00	18,00	-8,00	
39	33,00	11,00	22,00	
40	33,00	33,00	0,00	
41	29,00	28,70	0,30	
Valor máximo	60,58	94,00	54,68	
Valor mínimo	4,80	3,90	-84,80	
Media	24,65	23,57	1,07	
Desviac. Est.	13,92	15,12	20,41	



## Anexo 26. Potencial de hidrogeno (Ph).

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
1	7,47	7,26	0,21	
3	7,92	7,80	0,12	
6	8,05	7,59	0,46	
7	7,48	7,36	0,12	F.
9	8,10	7,88	0,22	A.
10	7,83	7,25	0,58	L.
13	7,81	7,47	0,34	G.
14	7,79	7,50	0,29	
15	8,12	7,20	0,92	II
16	7,80	7,50	0,30	
18	7,92	7,80	0,12	
20	7,30	7,26	0,04	
22	8,06	7,90	0,16	
23	7,65	7,60	0,05	
25	7,11	6,60	0,51	
26	7,20	6,80	0,40	
27	8,12	7,20	0,92	
28	7,10	7,06	0,04	F.
29	7,33	7,10	0,23	A.
30	7,21	7,10	0,11	L.
31	8,05	7,60	0,45	G.
33	8,04	7,10	0,94	
34	7,81	7,50	0,31	III
35	7,69	7,60	0,09	
36	7,46	7,20	0,26	
37	7,61	7,40	0,21	
38	7,20	7,10	0,10	
39	8,62	8,10	0,52	
Valor máximo	8,62	8,10	0,94	
Valor mínimo	7,10	6,60	0,04	
Media	7,71	7,39	0,32	
Desviac. Est.	0,38	0,34	0,26	

**Anexo 27. Oxígeno disuelto (OD).**

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
4	0,34	0,08	0,26	
5	0,11	0,3	-0,19	
6	0,6	0,04	0,56	
8	0,3	0,03	0,27	
9	0,62	0,11	0,51	
10	0,07	0,02	0,05	F.
11	0,83	0,05	0,78	A.
12	0,4	0,31	0,09	L.
14	0,11	0,3	-0,19	G.
15	0,22	0,03	0,19	
16	0,66	0,02	0,64	II
17	0,11	0,03	0,08	
18	0,3	0,15	0,15	
19	0,2	0,06	0,14	
20	0,2	0,15	0,05	
22	0,22	0,1	0,12	
23	0,11	0,06	0,05	
24	0,1	0,08	0,02	
25	0,6	0,1	0,50	
26	0,63	0,15	0,48	
27	0,1	0,08	0,02	
28	0,2	0,02	0,18	F.
29	0,10	0,10	0,00	A.
30	0,20	0,10	0,10	L.
31	0,10	0,20	-0,10	G.
32	0,20	0,10	0,10	
33	0,23	0,10	0,13	III
34	0,23	0,08	0,15	
35	0,60	0,07	0,53	
36	0,40	0,10	0,30	
37	0,30	0,09	0,21	
38	0,10	0,06	0,04	
39	0,10	0,08	0,02	
40	0,20	0,05	0,15	
41	0,23	0,09	0,14	
Valor máximo	0,83	0,31	0,78	
Valor mínimo	0,07	0,02	-0,19	
Media	0,29	0,10	0,19	
Desviac. Est.	0,21	0,08	0,23	

**Anexo 28.** Demanda Química de Oxígeno (DQO). Sistema anaerobio sin decantador.

Semana	EFS	SFS	SFA	Diferencia	Porcentaje de	
				Total Sistema	Remoción	
1	145,00	77,00	138,00	7,00	4,83	
2	182,00	154,00	82,00	100,00	54,95	
3	208,00	97,00	67,00	141,00	67,79	
5	109,00	75,00	34,00	75,00	68,81	F.
9	167,00	163,00	138,00	29,00	17,37	A.
10	643,00	225,00	71,00	572,00	88,96	L.
12	802,00	134,00	57,00	745,00	92,89	G
13	350,00	200,00	80,00	270,00	77,14	
14	220,00	130,00	50,00	170,00	77,27	II
15	404,00	122,00	102,00	302,00	74,75	
16	200,00	164,00	85,00	115,00	57,50	
22	1062,00	607,00	165,00	897,00	84,46	F.
23	685,00	240,00	112,00	573,00	83,65	A.
24	821,00	469,00	249,00	572,00	69,67	L.
25	522,00	250,00	99,00	423,00	81,03	G.
26	208,00	97,00	47,00	161,00	77,40	
28	63,00	44,00	48,00	15,00	23,81	III
Valor máximo	1062,00	607,00	249,00	897,00	92,89	
Valor mínimo	63,00	44,00	34,00	7,00	4,83	
Media	399,47	191,06	95,53	303,94	64,84	
Desviac. Est.	300,62	145,30	53,75	276,09		

**Anexo 29.** Demanda Química de Oxígeno (DQO). Sistema anaerobio con decantador.

Semana	EFS	SFS	SFA	Salida Decantador	Diferencia Total Sistema	Porcentaje de Remoción	
29	312,00	124,00	56,00	50,00	262,00	83,97	
30	73,00	50,00	45,00	38,00	35,00	47,95	
31	812,00	464,00	165,00	130,00	682,00	83,99	
32	897,00	314,00	160,00	132,00	765,00	85,28	
33	698,00	399,00	90,00	70,00	628,00	89,97	F.
34	745,00	425,00	160,00	125,00	620,00	83,22	A.
35	1037,00	250,00	165,00	130,00	907,00	87,46	L.
36	820,00	536,00	148,00	118,00	702,00	85,61	G.
37	1160,00	546,00	165,00	130,00	1030,00	88,79	
38	440,00	201,00	123,00	92,00	348,00	79,09	III
39	804,00	594,00	165,00	155,00	649,00	80,72	
40	1302,00	896,00	167,00	119,00	1183,00	90,86	
41	597,00	471,00	153,00	150,00	447,00	74,87	
Valor máximo	1302,00	896,00	167,00	155,00	1183,00	90,86	
Valor mínimo	73,00	50,00	45,00	38,00	35,00	47,95	
Media	745,92	405,38	135,54	110,69	635,23	81,68	
Desviac. Est.	336,73	223,80	43,66	36,95	312,41		

**Anexo 30.** Demanda Bioquímica de Oxígeno. Sistema anaerobio sin decantador.

Semana	EFS	SFS	SFA	Diferencia Total Sistema	Porcentaje de Remoción	
1	54,00	28,00	2,00	52,00	96,30	
3	100,00	80,00	60,00	40,00	40,00	
4	400,00	102,00	90,00	310,00	77,50	
6	48,00	68,00	38,00	10,00	20,83	F.
8	250,00	105,00	72,00	178,00	71,20	A.
10	30,00	55,00	21,00	9,00	30,00	L.
12	120,00	70,00	37,00	83,00	69,17	G.
13	120,00	80,00	26,00	94,00	78,33	
14	105,00	60,00	36,00	69,00	65,71	II
15	110,00	76,00	82,00	28,00	25,45	
16	195,00	160,00	150,00	45,00	23,08	
19	241,20	155,00	78,00	163,20	67,66	
23	285,00	120,00	70,00	215,00	75,44	F.
24	490,00	210,00	130,00	360,00	73,47	A.
25	98,00	56,00	42,00	56,00	57,14	L.
26	88,00	46,00	30,00	58,00	65,91	G.
27	54,00	27,00	40,00	14,00	25,93	
28	108,00	56,00	38,00	70,00	64,81	III
Valor máximo	490,00	210,00	150,00	360,00	96,30	
Valor mínimo	30,00	27,00	2,00	9,00	20,83	
Media	160,90	86,33	57,89	103,01	57,11	
Desviac. Est.	126,96	48,52	38,05	102,50	23,20	

**Anexo 31.** Demanda Bioquímica de Oxígeno. Sistema anaerobio con decantador.

Semana	EFS	SFS	SFA	Salida Decantador	Diferencia Total Sistema	Porcentaje de Remoción	
29	60,00	31,00	25,00	20,00	40,00	66,67	
30	71,00	37,00	10,00	8,00	61,00	88,73	
31	816,00	350,00	135,00	106,00	681,00	87,01	F.
32	201,00	135,00	25,00	50,00	176,00	75,12	A.
33	186,00	120,00	40,00	28,00	146,00	84,95	L.
34	493,00	260,00	64,00	44,00	429,00	91,08	G.
35	230,00	165,00	68,00	40,00	162,00	82,61	
37	860,00	350,00	185,00	135,00	675,00	84,30	III
38	250,00	170,00	74,00	55,00	176,00	78,00	
40	750,00	180,00	145,00	105,00	605,00	86,00	
41	301,50	201,00	180,00	125,00	121,50	58,54	
Valor máximo	860,00	350,00	185,00	135,00	681,00	91,08	
Valor mínimo	60,00	31,00	10,00	8,00	40,00	58,54	
Media	383,50	181,73	86,45	65,09	297,50	80,27	
Desviac. Est.	297,18	106,40	63,88	44,51	250,10		

**Anexo 32. Sólidos suspendidos (S.S.). Sistema anaerobio sin decantador.**

Semana	EFS	SFS	SFA	Diferencia	Porcentaje de	
				Total Sistema	Remoción	
2	130,00	96,00	70,00	60,00	46,15	
3	90,00	55,00	32,00	58,00	64,44	
4	105,00	109,00	78,00	27,00	25,71	
5	31,00	23,00	14,00	17,00	54,84	
7	142,00	170,00	86,00	56,00	39,44	
8	537,00	114,00	90,00	447,00	83,24	F.
10	242,00	80,00	31,00	211,00	87,19	A.
11	300,00	104,00	73,00	227,00	75,67	L.
12	77,00	74,00	40,00	37,00	48,05	G.
13	98,00	32,00	15,00	83,00	84,69	
14	92,00	35,00	12,00	80,00	86,96	II
15	252,00	122,00	102,00	150,00	59,52	
16	523,00	169,00	167,00	356,00	68,07	
17	600,00	184,00	130,00	470,00	78,33	
18	425,00	133,00	86,00	339,00	79,76	
19	426,00	105,00	55,00	371,00	87,09	
20	250,00	102,00	60,00	190,00	76,00	
22	622,00	197,00	75,00	547,00	87,94	F.
23	250,00	102,00	69,00	181,00	72,40	A.
24	554,00	179,00	117,00	437,00	78,88	L.
25	123,00	61,00	67,00	56,00	45,53	G.
26	109,00	38,00	15,00	94,00	86,24	III
27	92,00	35,00	16,00	76,00	82,61	
Valor máximo	622,00	197,00	167,00	547,00	87,94	
Valor mínimo	31,00	23,00	12,00	17,00	25,71	
Media	263,91	100,83	65,22	198,70	69,51	
Desviac. Est.	194,18	52,97	40,67	166,94		

**Anexo 33. Sólidos suspendidos (S.S.). Sistema anaerobio con decantador.**

Semana	EFS	SFS	SFA	Salida Decantador	Diferencia Total Sistema	Porcentaje de Remoción	
30	319,00	28,00	8,00	20,00	299,00	93,73	
31	600,00	185,00	106,00	79,00	521,00	86,83	
32	425,00	144,00	100,00	44,00	381,00	89,65	F.
34	860,00	226,00	151,00	75,00	785,00	91,28	A.
35	513,00	159,00	67,00	92,00	421,00	82,07	L.
36	810,00	172,00	91,00	81,00	729,00	90,00	G.
37	757,00	232,00	211,00	21,00	736,00	97,23	
39	494,00	195,00	156,00	39,00	455,00	92,11	III
40	407,00	208,00	78,00	130,00	277,00	68,06	
41	383,00	179,00	82,00	81,00	302,00	78,85	
Valor máximo	860,00	232,00	211,00	130,00	785,00	97,23	
Valor mínimo	319,00	28,00	8,00	20,00	277,00	68,06	
Media	556,80	172,80	105,00	66,20	490,60	86,98	
Desviac. Est.	191,61	57,97	56,06	34,68	194,56		