

**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE LA FOSA SÉPTICA
MEJORADA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS. F.A.L.G. IV**

ELIZABETH MARTÍNEZ RAMOS

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
SAN JUAN DE PASTO
2004**

**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA DE LA FOSA SÉPTICA
MEJORADA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS. F.A.L.G. IV**

ELIZABETH MARTÍNEZ RAMOS

**A. Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Civil**

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

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
SAN JUAN DE PASTO
2004**

Las ideas y conclusiones aportadas en un trabajo de grado son responsabilidades exclusivas del autor.

Artículo 1 del acuerdo 234 del 11 de Octubre de 1996, emanado del honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Director de trabajo de grado

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, 16 de Febrero del 2004

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 laborista 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 a la comunidad de padres Somáticos del Instituto Correccional Santo Ángel.

Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres Dilia Ramos y Ramiro Martínez

A todos mis hermanos especialmente a Luis Carlos.

A mi mejor amiga por su apoyo.

Elizabeth Martínez

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	25
1. MARCO TEORICO	32
1.1 ANTECEDENTES	32
1.2 FOSAS SÉPTICAS	33
1.2.1 Definición de fosa séptica	33
1.2.2 Principios de funcionamiento de las fosas Sépticas	34
1.2.2.1 Eliminación de sólidos	34
1.2.2.2 Tratamiento Biológico	34
1.2.2.3 Almacenamiento de Cieno y Natas	34
1.3 TRATAMIENTO ANAERÓBIO	35
1.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES Y PARAMETROS	35
1.4.1 Demanda Bioquímica del oxígeno (DBO ₅)	36
1.4.2 Demanda química de oxígeno (DQO).	36
1.4.3 Oxígeno disuelto	36
1.4.4 Sólidos en suspensión	36
1.4.5 Sólidos totales	36
1.4.6 Temperatura	37
1.4.7 Sólidos volátiles	37

1.4.8 Cloro	37
1.4.9 Potencial de Hidrogeno (pH).	38
1.4.10 Alcalinidad.	38
1.4.11 Dureza	38
1.4.12 Nitrato	38
1.4.13 Nitrito	38
1.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	39
1.5.1 Medidas preventivas	39
1.5.2 Limpieza de la captación	39
1.5.3 Limpieza de la tubería de conducción	40
1.5.4 Mantenimiento y limpieza de la Fosa Séptica	40
1.5.4.1 Cámara de quietamiento	40
1.5.4.2 Deposito principal de la fosa séptica	40
1.5.4.3 Cámara de distribución	40
1.5.5 Lecho bacteriano aerobio.	41
1.5.6 Sedimentadores.	41
1.5.7 Filtro Anaerobio de Lecho Granular.	41
1.6 TOMA DE MUESTRAS	41
1.7 DESCRIPCION DE LA REALIZACION DE LABORATORIOS	43
1.8 NORMAS SOBRE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA	46

1.9 REPORTE DE LOS RESULTADOS ANALITICOS REALIZADOS A LA FOSA SEPTICA DE CHIMAYOY.	47
2. ANALISIS DE RESULTADOS	48
2.1 Resultados de la fosa séptica mejorada.	48
3. CONCLUSIONES	72
4. RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	76

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Desarrollos históricos en el tratamiento de aguas residuales.	32
Cuadro 2. Toma de muestras.	42
Cuadro 3. Descripción de la realización de laboratorios	43
Cuadro 4. Análisis de resultados de la fosas séptica de Chimayoy	47
Cuadro 5. Resumen de los valores medios de los % de remoción obtenida para DQO entre las fases II, III y IV y la de una Fosa Séptica convencional.	53
Cuadro 6. Resumen de los valores medios de los % de remoción obtenida para DBO ₅ entre las fases II, III y IV y la de una Fosa Séptica convencional.	54
Cuadro 7. Resumen de los valores medios de los % de remoción obtenida para SS entre las fases II, III y IV y la de una Fosa Séptica convencional.	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema general de la planta experimental piloto F.A.L.G.	27
Figura 2. Zonas de la fosa séptica mejorada	28
Figura 3. Cámara de distribución y vertederos perfil. Fosa séptica mejorada	28
Figura 4. Vista en planta. Fosa séptica mejorada	29
Figura 5. Perfil. Fosa séptica mejorada	30
Figura 6. Cubierta. Fosa séptica mejorada vista en planta	31
Figura 7. Porcentaje de remoción de DQO durante las fases II, III y IV. Fosa séptica mejorada	55
Figura 8 Variación DQO. Fosa séptica mejorada	56
Figura 9 Porcentaje de remoción de DQO. Comparación entre las fases II, III y IV	57
Figura 10. Porcentaje de remoción de DBO ₅ durante las fases II, III Y IV. Fosa séptica mejorada	58
Figura 11. Variación DBO ₅ . Fosa séptica mejorada	59
Figura 12. Comparación del porcentaje de remoción de DBO ₅ entre las Fases II, III y IV. Fosa séptica mejorada	60
Figura 13. Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos durante las fases II, III y IV. Fosa séptica mejorada.	61
Figura 14. Variación de sólidos suspendidos. Fosa séptica mejorada	62
Figura 15. Comparación del porcentaje de remoción de sólidos suspendidos entre las fases II, III y IV. Fosa séptica mejorada	63
Figura 16. Porcentaje de remoción de sólidos totales. Fase IV. Fosa séptica mejorada	64

Figura 17. Variación de sólidos totales fase IV. Fosa séptica mejorada	65
Figura 18. Porcentaje de remoción de sólidos volátiles. Fase IV. Fosa séptica mejorada	66
Figura 19. Variación de sólidos volátiles fase IV. Fosa séptica mejorada	67
Figura 20. Porcentaje de remoción de DQO en presencia de cloro residual. Fases III y IV	68
Figura 21. Porcentaje de remoción de DQO en presencia de cloro residual. Fases III y IV	69
Figura 22. Variación DQO-DBO ₅ . Entrada de la fosa séptica mejorada.	70
Figura 23. Variación DQO-DBO ₅ . Salida de la fosa séptica mejorada.	71

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Demanda química de oxígeno (DQO) en mg/Lt.. Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	77
Anexo 2. Demanda química de oxígeno (DQO) en mg/Lt. Fosa séptica mejorada. Fase IV.	78
Anexo 3. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) en mg/Lt. Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	79
Anexo 4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) en mg/Lt. Fosa séptica mejorada. Fase IV.	80
Anexo 5. Sólidos suspendidos. (SS) en mg/Lt. Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	81
Anexo 6. Sólidos suspendidos. (SS) en mg/Lt. Fosa séptica. Mejorada. Fases Fase IV.	82
Anexo 7. Sólidos totales en mg/Lt. Fase IV.	83
Anexo 8. Sólidos volátiles en mg/Lt. Fase IV.	84
Anexo 9. Comparación de contenido de cloro residual con porcentaje de remoción DQO. Fases III y IV.	85
Anexo 10. Comparación de contenido de cloro residual con porcentaje de remoción DBO ₅ . Fases III y IV.	86
Anexo 11. Nitritos (mg/Lt de NO ₂). Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	87
Anexo 12. Nitritos (mg/Lt de NO ₂). Fosa séptica mejorada. Fase IV.	88
Anexo 13. Nitratos (mg/Lt de NO ₃). Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	89
Anexo 14. Nitratos (mg/Lt de NO ₃). Fosa séptica mejorada. Fase IV.	90
Anexo 15. Alcalinidad (mg/Lt de CaCO ₃). Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	91

Anexo 16. Alcalinidad (mg/lit de CaCO ₃). Fosa séptica mejorada. Fase IV.	92
Anexo 17. Dureza (mg/lit de CaCO ₃). Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	93
Anexo 18. Dureza (mg/lit de CaCO ₃). Fosa séptica mejorada. Fase IV.	94
Anexo 19. Potencial de hidrogeno (Ph). Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	95
Anexo 20. Potencial de hidrogeno (Ph). Fosa séptica mejorada. Fase IV.	96
Anexo 21. Oxigeno Disuelto (mg/lit de O ₂). Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	97
Anexo 22. Oxigeno Disuelto (mg/lit de O ₂). Fosa séptica mejorada. Fase IV.	98
Anexo 23. Temperatura (°C). Fosa séptica mejorada. Fases II y III.	99
Anexo 24. Variación DQO- DBO ₅ . Entrada a la fosa séptica mejorada.	100
Anexo 25. Variación DQO- DBO ₅ . Salida de la fosa séptica mejorada.	101
Anexo 26. Temperatura (°C). Fosa séptica mejorada. Fases IV.	102
Anexo 27. Coliformes totales. Fosa séptica mejorada	103

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.

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.

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: compartimiento 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_5 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.

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_5): 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.

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: líquido que sale de un proceso de tratamiento.

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 reúso.

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.

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).

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 fisicoquímico 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 DBO₅ 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 DBO₅, materia orgánica, así como reducir otros contaminantes como nutrientes, metales, etc.

RESUMEN

El trabajo de grado denominado “Determinación experimental de la eficiencia de la fosa séptica mejorada para el tratamiento de aguas residuales domésticas F.A.L.G IV”, tuvo como objetivo principal evaluar la eficiencia del sistema en todo su complemento como parte integral de un proceso que comenzó en la F.A.L.G I en la cual se diseño y puso en marcha, de allí siguió la F.A.L.G II que empezó por evaluar la eficiencia de la fosa séptica mejorada a partir de muestras simples siendo estas no muy representativas porque el proceso de maduración apenas comenzaba, en consecuencia se implemento una fase III en la cual, se realizo análisis a partir de nuestras compuestas y para que este sea representativo fue necesario continuar con el análisis de resultados y garantizar su buen funcionamiento; pese a trabajar en base a la sobrecarga presentada por la acumulación de lodos, así se pretendió hacer un complemento, pero esto no fue posible porque las condiciones con las que trabajo no fueron las mismas, en cuanto a carga orgánica y a temperaturas se refiere factores que son decisivos para la fosa séptica, así pues combinar y evaluar en conjunto seria impreciso por tal motivo se particularizo esta fase IV y se la comparo con las anteriores dejando en claro bajo que condiciones la fosa séptica mejorada disminuye su eficiencia en cuanto a eliminación de sólidos; para los demás parámetros no existe ninguna dificultad.

La planta física donde se desarrollo la investigación, se compone de un sistema de captación conformado por varias cajillas localizadas en las instalaciones del instituto correccional Santo Ángel y la planta experimental piloto en las instalaciones del servicio nacional de aprendizaje (SENA).

Desde su captación se conducen las aguas residuales hasta la planta experimental, la cual esta constituida por una fosa séptica mejorada, un filtro anaerobio de flujo ascendente y un filtro aerobio de flujo descendente cada uno con su respectivo decantador secundario.

SUMMARY

The thesis entitled "Research findings concerning the efficiency of the improved septic tank for the treatment of domestic sewage F.A.L.G. IV ", had as its purpose the evaluation of the whole system as an integral part of a process that started in F.A.L.G. I , in the which design and placed in march; there followed in F.A.L.G II tha started to evaluate the efficieny of the improved septic thank of since simples sample, being not very representative because the stability process began; in consequence to then establishin F.A.L.G. III In This Process the efficiency of the improved septic tank was tested through the analysis of composed samples. In order for this to be representative, it was necessary to continue in the search of results so as to guarantee its proper working in spite of the extra load presented by the accumulation of muds. Thus, a complement was intended to be carried out; but this was not possible due to the conditions being worked with, being different; in so much as organic load and temperature. These factors are crucial for the septic tank; therefore combining and testing together would give inaccurate results. For this reason the phase IV was emphasised on and was compared with the previous ones. This left without a doubt under what conditions the improved septic tank reduces its efficiency.

The research project was carried out in facilities made up of a collection system comprised of various small boxes located in the facilities of the correctional facility Santo Angel , and in the experimental plant located in the facilities of the National learning service- SENA.

From the collection the waters make their way to the experimental plant, which is made up of an improved septic tank, an upstream oxygen starved filter and a downstream oxygenated filter; each one with its respective secondary decanter.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado "Determinación experimental de la eficiencia de la Fosa Séptica Mejorada para el tratamiento de aguas residuales domésticas, F.A.L.G.4" se constituye la cuarta etapa del proyecto denominado "Sistema de filtros Anaerobios de lecho granular para el tratamiento de aguas residuales urbanas, "F.A.L.G." con la cual se pretende enfatizar más en el análisis de resultados.

Teniendo en cuenta todo el proceso evolutivo que ha conllevado el Sistema y conociendo el nivel de eficiencia alcanzado hasta el momento a lo largo de esta fase, se realizó el análisis de los parámetros y variables (Sólidos suspendidos, sólidos volátiles, sólidos totales, DBO₅, DQO, dureza, PH, temperatura, nitratos, nitritos, coliformes totales, oxígeno disuelto, cloro residual, alcalinidad) Para lo cual se tomaron muestras compuestas las cuales se sometieron a laboratorios y con los datos obtenidos se determina mediante una fórmula matemática la eficiencia, así pues se procede a la comparación con los porcentajes de las eficiencias presentadas de los parámetros más importantes, como lo son los sólidos suspendidos, DBO₅, DQO con las fases anteriores verificando así el buen funcionamiento de la fosa séptica mejorada y a su vez se confrontan los resultados con los de una fosa séptica convencional.

La confiabilidad de los datos se verifican con la aplicación de variables estadísticas como son. el coeficiente de variación e intervalo de confiabilidad, porcentaje de error y inferencia referente a dos medias.

Consideramos de importancia, hacer un recuento de las principales características de la planta experimental, las cuales se presentan a continuación para una mejor comprensión.

La planta experimental piloto para el tratamiento de agua residuales domésticas, se encuentra ubicada en predios del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), sector del barrio La Estrella, salida a oriente. El agua que esta toma es proveniente de las cajillas de desagüe de Centro de Rehabilitación para el Menor, Santo Ángel, y luego se conducen 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 175m de longitud, a la planta experimental piloto. El agua pretratada llega a una unidad de tratamiento primario (Fosa séptica mejorada) a través de dicha tubería. El cuerpo principal del tanque séptico es un

deposito por donde pasa el agua residual con el objeto de someterla a una decantación, a su vez el fango decantado se almacena siendo sometido a una digestión anaerobia.

El efluente del tratamiento primario se distribuye a dos unidades por medio de vertederos, una de tratamiento aerobio de lecho bacteriano que a su vez alimenta un decantador secundario y la segunda unidad es el tratamiento anaerobio de lecho granular fijo, que alimenta un decantador secundario.

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

Línea de tratamiento Anaerobio - aerobio. Fosa Séptica, Lecho bacteriano y decantador secundario.

Línea de tratamiento Anaerobio. Fosa séptica, Filtro Anaerobio y decantador secundario.

A continuación se presenta un esquema general de la planta Experimental Piloto, F.A.L.G. , además vista en planta y perfiles de la Fosa Séptica Mejorada.

Figura 1. Esquema General de la Planta Experimental Piloto. F.A.L.G.

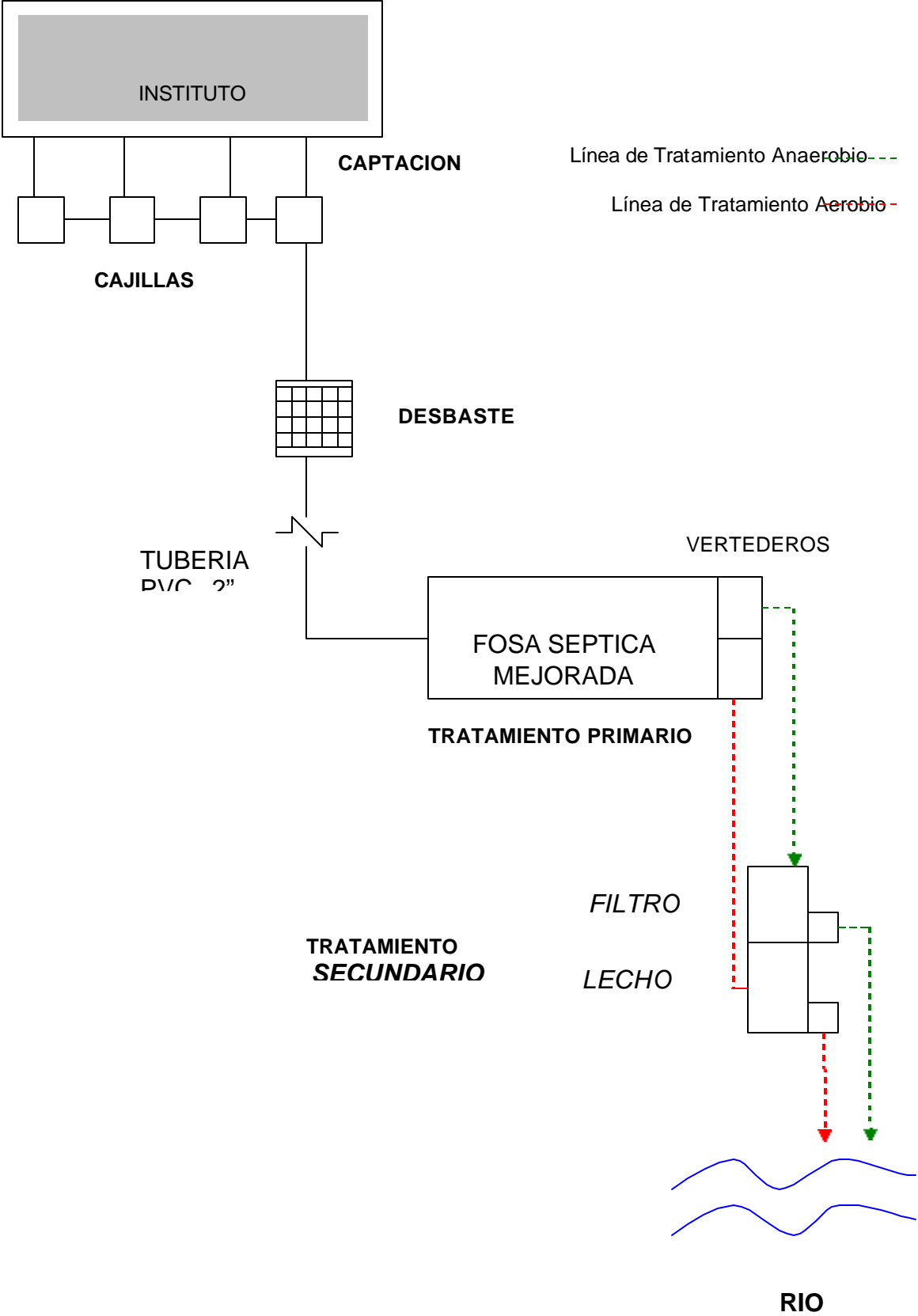


Figura 2. Zonas Fosa Séptica Mejorada

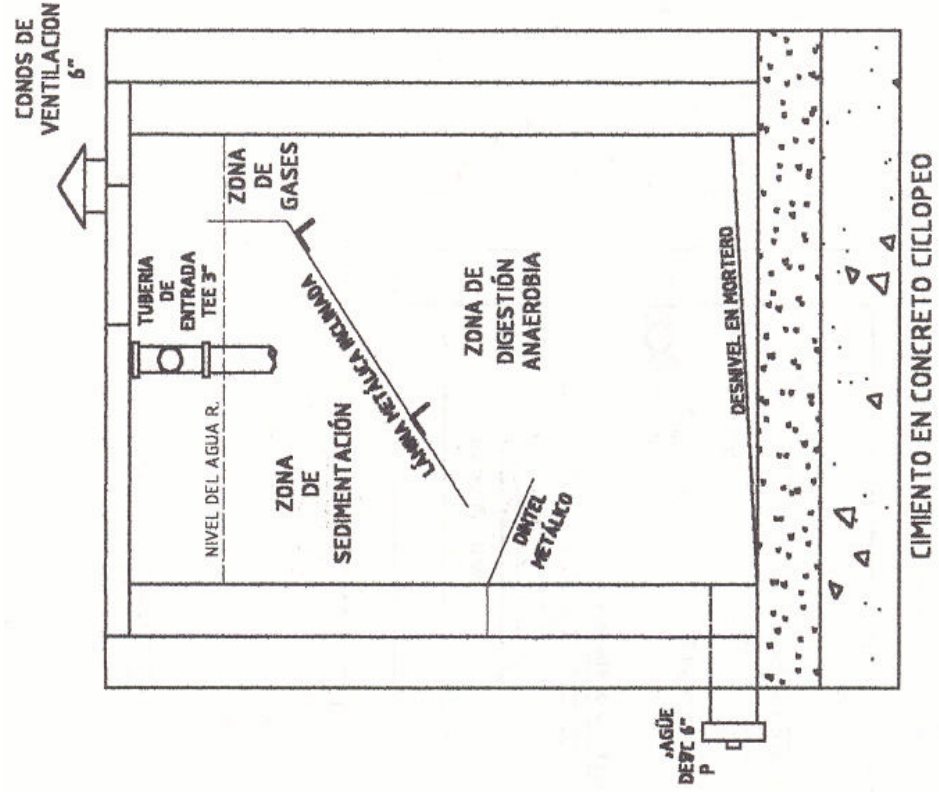


Figura 3. Cámara de distribución y vertederos

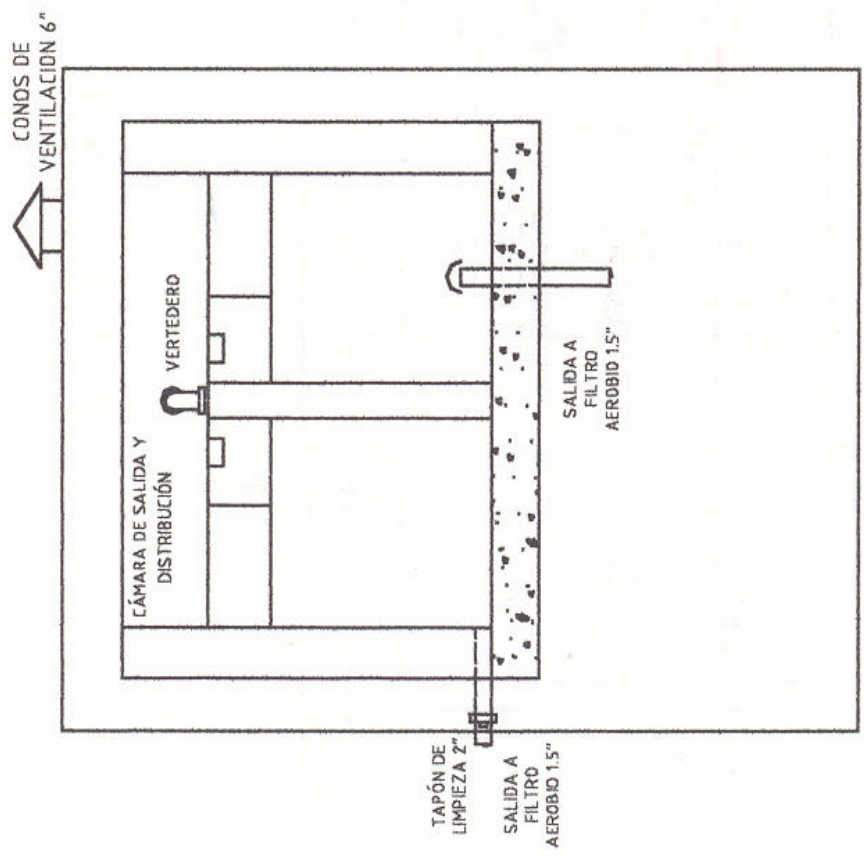


Fig. 4. Vista en Planta Fosa Séptica Mejorada

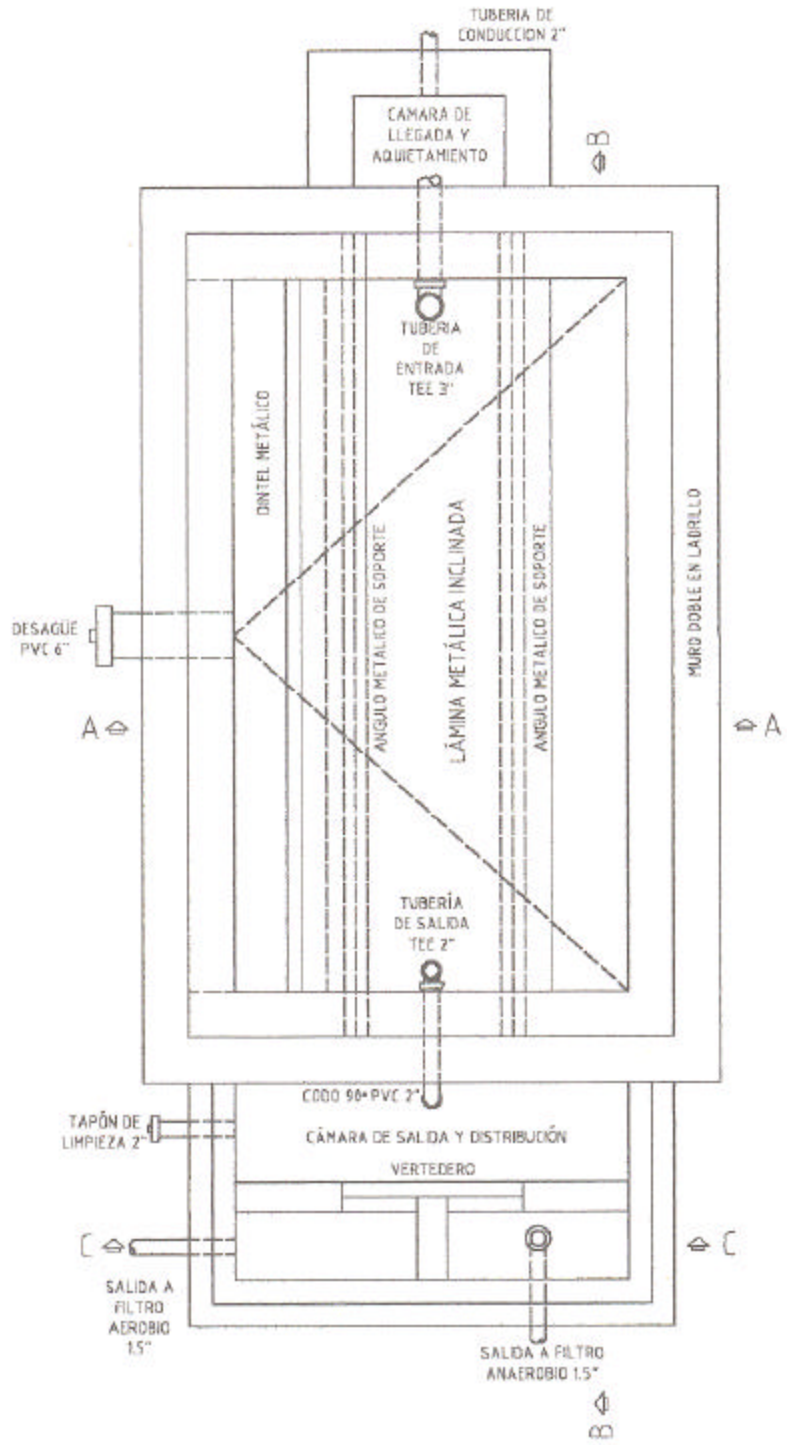


Figura 5. Perfil Fosa Séptica Mejorada. Corte B-B

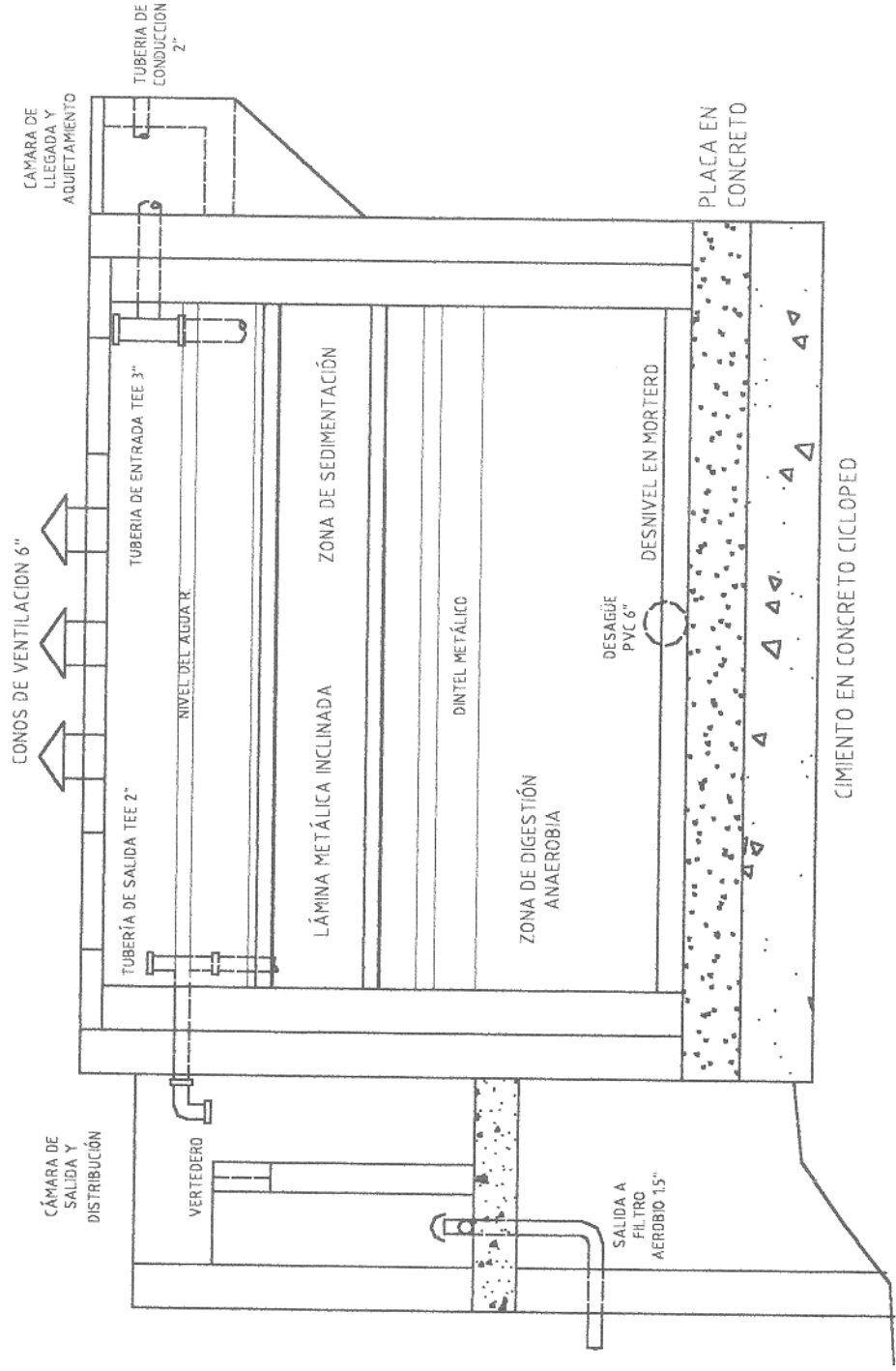
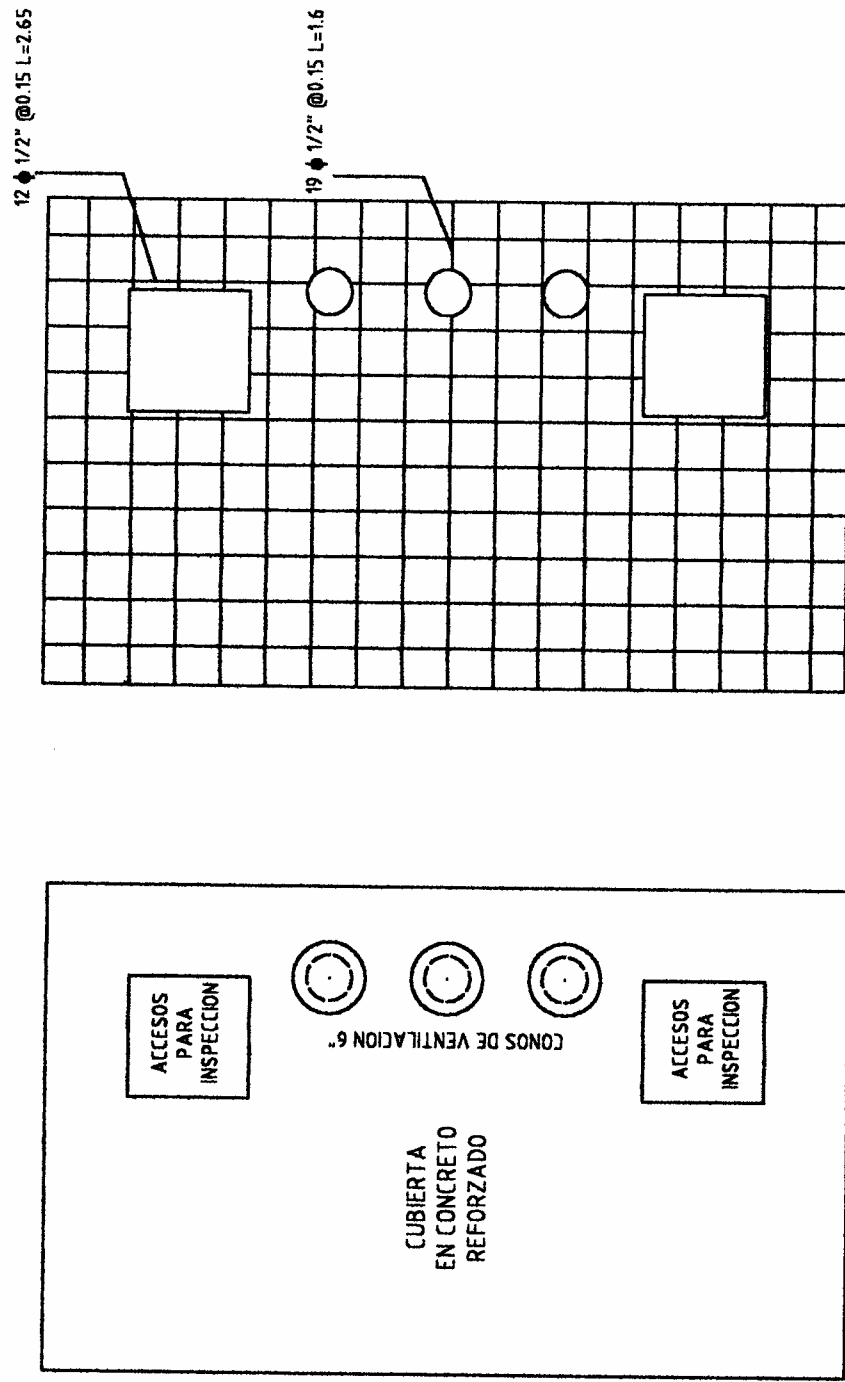


Figura 6. Cubierta Fosa Séptica mejorada



1 MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES

Aunque la recogida de Aguas Residuales se remonta a tiempos antiguos, el tratamiento de las mismas es relativamente reciente, ya que se inició hacia finales del año 1800 y principios del actual siglo. El desarrollo de la teoría sobre los gérmenes se realizó en la mitad del Siglo XIX por Koch y Pasteur lo cual dio comienzo a una nueva época de la higiene.

Anteriormente, la relación entre la Polución y enfermedad apenas se había comprendido y la ciencia de la bacteriología, entonces en sus principios no se había aplicado aún al tratamiento de las aguas residuales cuyo desarrollo se presenta en el Cuadro 1.

Retomando el dato histórico de este Cuadro, a comienzos del siglo XX en el año 1876 aparecieron las primeras fosas sépticas en Estados Unidos las cuales se utilizaron como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales, debido a que en algunas ciudades se presentaron problemas sanitarios por el vertido directo de desechos en los ríos.

El nombre del tanque séptico se le atribuye a Donald Comeron quien lo llamó así por las condiciones y acciones sépticas que se desarrollan en el interior del tanque.

Cuadro 1, Desarrollos históricos en el tratamiento de aguas residuales.

FECHA	DESARROLLO
Antes de Cristo	Irrigación con aguas residuales en Atenas
1550	Utilización de aguas residuales en agricultura en Alemania
1700	Utilización de aguas residuales en agricultura en Inglaterra
1762	Precipitación química de aguas residuales en Inglaterra
1860	Dispositivo de Mouras para tratar anaeróbicamente los sólidos de las aguas residuales
1865	Primeros experimentos sobre microbiología de digestión de fangos en Inglaterra
1868	Primeros experimentos sobre filtración intermitente de aguas residuales en Inglaterra.
1870	Primeros experimentos sobre filtración intermitente en arena en Inglaterra
1876	Primeras fosas sépticas en Estados Unidos

1882	Primeros experimentos sobre aireación de alcantarillas en Inglaterra
1884	Primeras rejillas de desbaste en Estados Unidos
1887	Estación Experimental Lawrence establecida por el Massachusetts State Board of Health (Comité de Salud Pública de Massachusetts) para el estudio de agua y aguas residuales.
1887	Primera planta de tratamiento por precipitación química en Estados Unidos
1891	Digestión de fangos en lagunas en Alemania
1895	Recogida de metano en fosas sépticas y su utilización para alumbrado de una fábrica en Inglaterra.
1904	Primeros tanques desarenadores en Estados Unidos
1904	Fosa (hidrolítica) séptica Travis de dos pisos en Inglaterra
1904	Tanque Imhoff patentado en Alemania
1906	Cloración de agua residual para desinfección demostrado por Phelps en Estados Unidos.
1908	Primera instalación municipal de un filtro percolador en Estados Unidos
1908	Formulación de leyes sobre desinfección por Chick en Estados Unidos
1911	Primeros tanques Imhoff en Estados Unidos
1911	Digestión separada de fangos en Estados Unidos
1912-13	Aireación de aguas residuales en tanques conteniendo pizarra en la Estación Experimental Lawrence
1914	Experimentos por Arden y Lockett que llevaron al desarrollo del proceso de fangos activados
1916	Primera planta municipal para el tratamiento por fangos activados que se construye en Estados Unidos
1925	Aireador de contacto desarrollado por Buswell en Estados Unidos

Fuente: Metcalf – Hedí. Primera edición. Ed. Labor, S.A. Madrid. 1977. 6p

1.2 FOSAS SÉPTICAS

1.2.1 Definición de fosa séptica. Es un receptáculo estático, generalmente subterráneo, sellado, diseñado y construido para recibir la descarga de aguas negras de un alcantarillado 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.

1.2.2 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.

1.2.2.1 Eliminación de sólidos. El posible taponamiento de tuberías posteriores a la fosa séptica o del suelo en caso de utilizarse sistemas que aprovechan la absorción del mismo tales como zanjas de absorción, lechos de filtración o pozos de filtración, varía directamente con la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido.

A medida que las aguas negras procedentes de las edificaciones 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.

1.2.2.2 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", de aquí que se dé este nombre a la fosa. El agua negra que ha sido sometida a tal tratamiento causa menos atascamientos posteriores que el agua negra no tratada que contenga la misma cantidad de sólidos en suspensión.

La principal ventaja de la acción séptica en el tratamiento de aguas negras es la cantidad relativamente pequeña de lodos que hay que manejar, en comparación con los producidos en los procesos de sedimentación o de tratamiento químico.

1.2.2.3 Almacenamiento de cieno y natas. Cieno es una acumulación de sólidos en el fondo de la fosa séptica, mientras que las natas son un conjunto parcialmente sumergido de sólidos flotantes que pueden formarse en la superficie del líquido presente dentro del depósito principal.

Cieno y natas en un menor grado, serán digeridos y compactados 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.

A continuación se hace énfasis en el tratamiento anaerobio porque forma parte de uno de los procesos que lleva a cabo la Fosa Séptica Mejorada, aunque en mínima proporción de la que en realidad realizan los filtros como tratamientos

biológicos.

1.3 TRATAMIENTO ANAEROBIO

El tratamiento anaerobio es un proceso en el cual se realiza la descomposición orgánica por medio de microorganismos con la ausencia de oxígeno.

En la digestión anaerobia, la energía contenida en los enlaces de los compuestos orgánicos queda en su mayor parte contenida en los enlaces del metano, que dada su característica gaseosa a condiciones normales de temperatura y presión escapa hacia la atmósfera. El resto de la energía queda a disposición de los microorganismos para su uso en procesos metabólicos.

Todos los procesos microbiológicos son procesos de conversión en el que convierten en cuestión de minutos u horas los contaminantes orgánicos fácilmente biodegradables en dos fracciones.

1. Un gas el cual escapa del líquido.
2. Un exceso de biomasa el cual tiene características similares a la turba.

Este tratamiento se ha consolidado debido al hecho de que la digestión anaerobia no requiere suministro de energía, y además tiene como producto final el metano, gas de alto contenido energético, esto convirtió a estos procedimientos en muy competitivos económicamente frente al tratamiento convencional. Además los bajos índices de crecimiento de las bacterias anaerobias presentan una producción de biomasa muy baja, en comparación con los sistemas aerobios, donde esta producción se convierte en un gran problema para operadores no calificados. La evolución experimentada por los procesos anaerobios ha permitido su consolidación como técnica de depuración de aguas residuales, abandonando su carácter exclusivo de producción de biogás.

1.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES Y PARAMETROS

A continuación se hace una breve descripción de las variables y parámetros que son parte de este estudio los cuales se analizarán en base a resultados de laboratorio. Aunque todos son importantes, para la fosa Séptica Mejorada los mas significativos son. Sólidos suspendidos, sólidos totales, sólidos volátiles, ya que con estos se verifica la función principal de la fosa séptica mejorada cuyo papel es la separación de la parte sólida, de la líquida, además y en menor proporción de parámetros como DBO_5 , y DQO se analizaran porque existe digestión de materia orgánica en condiciones anaerobias.

La variable temperatura se observa todas las semanas porque de ésta depende en cierta forma la sedimentación de las partículas.

Aunque no menos importantes parámetros como el cloro, oxígeno disuelto, Ph, alcalinidad, dureza, coliformes, nitritos, nitratos; también se describen ya que complementan el proceso de depuración que se reflejan en las pruebas de laboratorio cuyas diferencias son favorables en las muestras que se toman a la entrada y después a la salida. Puesto que el agua después de atravesar la fosa séptica mejorada es recibida por un par de filtros (aerobio – anaerobio) para los cuales esos parámetros si son importantes.

1.4.1 Demanda bioquímica del oxígeno (DBO₅). La DBO₅ se define como la cantidad de oxígeno requerida por las bacterias en el proceso de estabilización de materia orgánica disponible.

El ensayo es ampliamente utilizado para medir el grado de polución, así como la cantidad de oxígeno requerido para oxidar y estabilizar las aguas residuales por medio de un tratamiento biológico.

1.4.2 Demanda química de oxígeno (DQO). La prueba de la DQO es usada para determinar el contenido de material orgánico presente en las aguas residuales, el valor de esta es siempre superior al de la DBO₅ debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente más no biológicamente, además sirve para comprobar el contenido de compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

1.4.3 Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios así como para otras formas de vida aerobia. No obstante, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en el agua. La cantidad real de oxígeno viene regida por solubilidad del gas, temperatura, altitud, actividad biológica y actividad química, la presión parcial del gas en la atmósfera, la presencia de oxígeno disuelto en el agua residual es deseable porque evita la formación de olores desagradables. Este parámetro es importante para establecer la cantidad de oxígeno que se encuentra presente en el sistema.

1.4.4 Sólidos en suspensión. Son partículas que se encuentran en suspensión y son perceptibles a simple vista; estos constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtiene en la primaria del agua residual. Generalmente se compone de un 68% de sólidos orgánicos y de un 32% de sólidos inorgánicos. Los resultados de esta prueba reportaran la función principal de la fosa séptica por el resultado de sus remociones.

1.4.5 Sólidos totales. Los sólidos totales representan la cantidad total de sólidos contenidos en el agua residual. Los resultados de determinación de sólidos totales incluyen materia flotante, materia en suspensión, materia en dispersión coloidal y materia en disolución. Este parámetro aunque es importante porque indica remoción de sólidos dará resultados muy generales.

1.4.6 Temperatura. La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas debido a la energía liberada durante las reacciones bioquímicas durante la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra de las causas del aumento de la temperatura en las aguas residuales. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura, la temperatura de un agua residual varía de estación en estación y también con la posición geográfica. En regiones frías, la temperatura varía de (7 a 18°C) mientras que en regiones cálidas la variación será de (13 a 30°C). En climas fríos como el nuestro, el aumento de la viscosidad del agua por las bajas temperaturas retarda la sedimentación de las partículas reduciendo así el desempeño de este proceso; a temperaturas inferiores a 20°C. Se ha comprobado en estudios que para la decantación de partículas en agua residual a 10°C el tiempo de retención es 1.38 veces el requerido para tener la misma eficiencia a 20°C.

Además los efectos ocasionados por acción de la temperatura tiene consecuencias importantes, se ha demostrado que 1°C de diferencia entre la temperatura del agua residual efluente y la temperatura del agua contenida en el tanque, ocasiona la formación de corrientes de densidad, los impactos por efectos de la temperatura dependen del material que se desea remover y sus características.

1.4.7 Sólidos volátiles. Estos corresponden aproximadamente a la fracción orgánica de los sólidos totales definidos como aquellas partes de los sólidos totales que se gasifican a temperaturas de 550 ± 50 . El análisis de sólidos volátiles se emplean para determinar estabilidad biológica de fangos de aguas residuales; en este estudio determinaran la capacidad de la fosa séptica para removerlos.

1.4.8 Cloro. Es un desinfectante químico, quizá el más utilizado en todo el mundo ya que hasta el presente reúne las mayores ventajas para la eliminación de las bacterias. Paradójicamente para nuestro estudio la presencia de este es un gran inconveniente, ya que ataca directamente los microorganismos encargados de la digestión de la materia orgánica disminuyendo la eficiencia de remoción en la unidad y en el sistema en general, sin embargo para procesos de tratamientos primarios que es el que desempeña la fosa séptica mejorada no existe tal dificultad, solo que ayuda a disipar la acción residual que puede provocar en los procesos biológicos que llevan a cabo los filtros que reciben el agua residual que sale de esta. El cloro residual de las aguas residuales en la mayoría de los casos se encuentra por los detergentes y desinfectantes que se utilizan habitualmente en las labores de aseo.

1.4.9 Potencial de hidrógeno. La medida del PH por sí misma no indica si el agua posee impurezas, ya que un agua residual puede estar muy cargada y tener un PH neutro. Sin embargo el PH es muy importante para determinar la tratabilidad biológica del agua, ya que los microorganismos presentan una tolerancia muy pequeña para los cambios de PH. Normalmente, el margen adecuado para el tratamiento biológico es de 6 a 9. Por encima y por debajo de estos límites hay dificultades para la adaptación de los microorganismos. Un PH < 6 es fuertemente agresivo y corrosivo para los metales, influye en la regulación de los procesos químicos de tratamiento de aguas negras y en la regulación de la digestión anaerobia de la materia orgánica.

1.4.10 Alcalinidad. En aguas residuales, la alcalinidad se debe a la presencia de hidróxidos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) de elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio, o de ion amonio. La alcalinidad en las aguas residuales ayuda a regular los cambios de PH causados por la adición de ácidos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad adquirida de las aguas de abastecimiento, aguas subterráneas y los materiales adicionados durante los usos domésticos.

1.4.11 Dureza. Originalmente el término dureza se entiende como una medida de la capacidad del agua para precipitar el jabón. Químicamente la dureza del agua es una propiedad causada por la presencia de cationes metálicos polivalentes y se manifiesta para formar incrustaciones. La dureza de las aguas se debe principalmente a los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} . Este parámetro está ligado al PH y alcalinidad, y dependiendo de ellos puede formar compuestos insolubles que tienden a depositarse sobre tuberías, accesorios, artefactos domésticos constituyendo una capa difícil de remover.

1.4.12 Nitrato. Se encuentra sólo en pequeñas cantidades en las aguas residuales domésticas recientes, pero en el diluyente de las plantas de tratamiento biológico nitrificante, el nitrato puede encontrarse en concentraciones de hasta 30 mg de nitrato como nitrógeno. Es un nutriente esencial para muchos autotrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento.

1.4.13 Nitrito. El nitrito es un estado intermedio de la oxidación del nitrógeno, tanto en la oxidación del nitrógeno, en la oxidación del amoníaco a nitrito como en la reducción del nitrato. Esa oxidación y reducción pueden ocurrir en las plantas de tratamiento de aguas residuales, sistema de distribución del agua y aguas naturales.

1.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Con el fin de que la operación del sistema se realice de una manera continua y eficiente, es necesario llevar a cabo un mantenimiento periódico, consistente en las siguientes actividades.

1.5.1 Medidas preventivas. Trabajar con aguas residuales implica un constante riesgo de adquirir cualquier tipo de infección ya sea de la piel o intestinal a causa de los gérmenes patógenos y todo tipo de microorganismos presentes en este tipo de aguas.

Para prevenir este riesgo se deben tomar todas las medidas sanitarias de seguridad con el propósito de impedir en lo posible entrar en contacto directo con este tipo de aguas.

Por lo anterior, durante las labores de mantenimiento especialmente, se utilizarán implementos de protección corporal para manipular las herramientas de limpieza, estos elementos de protección son.

- Guantes de caucho para protección de manos
- Blusas para proteger la parte superior del cuerpo
- Tapabocas para prevenir salpicaduras en el rostro
- Botas plásticas para mantener protegidas las extremidades inferiores

Puesto que las labores de mantenimiento se realizarán de manera permanente, estos elementos de protección se debieron utilizar a diario.

1.5.2 Limpieza de la captación. La tubería entre las cajillas de desagüe y la caja de recolección se limpia dos veces a la semana ya que fácilmente se obstruye por cuanto la totalidad de los sólidos presentes en el agua residual pasan a través de ella antes de ser retenidos por las rejillas de desbaste. Para su mantenimiento se sondea en la dirección del flujo con manguera plástica.

En la caja de recolección se realizará el mantenimiento dos veces por semana, teniendo que retirar las rejillas de su sitio para eliminar los sólidos retenidos en ellas y lavarlas con agua potable. Las paredes de la caja se lavarán con agua a presión restregando fuertemente para remover partículas adheridas a ellas. El fondo de la caja se limpiará con cepillo y recogedor para remover las partículas sólidas de tamaño considerable que eventualmente hubieran podido atravesar las rejillas.

1.5.3 Limpieza de la tubería de conducción. Esta presenta bastante dificultad para su mantenimiento ya que se debe contar con una manguera de gran longitud para realizar un sondeo y poder remover los eventuales taponamientos. En caso de no obtener resultados de esta manera se recurre al llenado con agua potable de la caja de recolección creando una cabeza de presión suficiente para permitir la salida del elemento que provoca la obstrucción.

1.5.4 *Mantenimiento y limpieza de la Fosa Séptica.*

1.5.4.1 Cámara de quietamiento. Este mantenimiento se realiza dos veces a la semana, para ello se removerán los sólidos que decantan en el fondo de la estructura de entrada 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 se pudiera adherirse a la superficie.

1.5.4.2 Depósito principal de la fosa séptica. El mantenimiento del depósito principal se realiza dos veces por semana. En las tareas de limpieza se presta atención a lo siguiente

- 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 tanto resuspensión de sólidos.
- 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.

1.5.4.3 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 el agua al lecho bacteriano.

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. Para medir el espesor de la capa de lodo se utilizó una vara forrada de un material absorbente en este caso fue tela de toalla blanca, se la dejó por un lapso de 20 minutos y al cabo de estos se midió una altura de 0.25 mts; como el tanque de la fosa séptica mejorada que se diseñó con un volumen de 6 m³, los valores de profundidad útil mínima de 1.2 mts y profundidad máxima útil de 2.2 mts para el almacenamiento de lodos así que todavía se pueden almacenar más.

La unidad se debe limpiar después que se acumule demasiado lodo o natas ya que si el lodo o las natas se acerca mucho al dispositivo de salida pueden ser arrastrados fuera de la misma, provocando problemas de atascamiento.

Los lodos y espumas acumuladas se removerán del depósito principal de la fosa séptica en intervalos de tiempo equivalentes al período de limpieza del proyecto. Estos intervalos se pueden ampliar o disminuir siempre que se justifique y no afecten los rendimientos de operación.

1.5.5 Lecho bacteriano. Limpieza de los orificios de la placa metálica y del múltiple distribuidor.

1.5.6 Sedimentadores. Remoción de partículas suspendidas mediante desnatado y remoción de lodos sedimentados con la ayuda de válvulas para lavado. Vaciado semanal.

1.5.7 Filtro Anaerobio de Lecho Granular. Remoción de Biopelícula con coladores plásticos.

1.6 TOMA DE MUESTRAS

El sitio determinado para la toma de muestras se hará en la entrada y la salida de la fosa séptica mejorada.

En esta etapa de análisis, el tipo y número de muestras del parámetro que se quiera medir, para lo cual se especifica el número de ensayos que se realizarán semanalmente en cada uno de los puntos determinados anteriormente así.

CUADRO 2. Toma de muestras.

ENSAYOS	No DE ENSAYOS POR SEMANA	No DE SITIOS DE TOMA	No DE SEMANAS	No DE ENSAYOS TOTALES
DQO	1	2	21	42
DBO	1	2	16	32
Alcalinidad	1	2	20	40
Dureza	1	2	20	40
PH	1	2	20	40
Temperatura	1	2	17	34
Nitritos	1	2	21	42
Nitratos	1	2	20	40
Coliformes totales	1	1	6	6
Solidos volatiles	1	2	19	38
Solidos Totales	1	2	19	38
Solidos Suspendidos	1	2	20	40
Cloro Residual	1	2	7	14
Oxigeno Disuelto	1	2	8	16
SUMATORIA TOTAL	14			462

1.7 CUADRO 3. Descripción de la realización de laboratorios

PARAMETRO	METODO	PRINCIPIO	OBSERVACION
Alcalinidad	2320 método de titulación	Los iones hidróxilo presentes en una muestra como resultado de la dosociación o hidrólisis de los solutos reaccionan con las adiciones de ácido estándar.	El resultado depende del observador ya que se debe determinar un color grisazulado verdoso claro y esto es relativo
Dureza	2340 método titulométrico de EDTA	El ácido etilendiamino tetraacético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al añadir a las soluciones de algunos cationes metálicos.	Este método también depende del punto del observador ya que se titula hasta que de un azul puro que podría confundirse con un violeta azulado
Sólidos Totales	2540 Sólidos totales Secados a 103 – 105°C	El contenido total de sólidos de un agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de evaporación a 103 – 105°C durante una hora.	En este método se repite el ciclo de secado, enfriado, desecación y pesado hasta que la pérdida de peso sea menor al 4% o menor de 0.5 mg (se escoge la menor de ambas)
Sólidos Volátiles	2540E. Sólidos fijos y volátiles incinerados a 550°C	El residuo obtenido de una agua residual se incinera, a peso constante, a una temperatura 550 ± 50 °C , los sólidos totales fijos, disueltos o en suspensión mientras que la pérdida de peso por ignición representan los sólidos volátiles.	Se repite el proceso hasta que el peso sea constante.
Sólidos Suspendidos	Método Fotométrico	Se hace 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.	Es un método práctico fácil y solo antes de medirlo se debe agitar la muestra para que el resultado represente la mayoría de sólidos o que la muestra sea homogénea.

Nitritos	4500 – NO ₂ ⁻ Método Colorimetrico (0 a 0.300 mg/l NO ₂ ⁻ - N)	El nitrito en la muestra reacciona el ácido sulfanilico para formar una sal de diazonio intermedia, esta se acopla al ácido cromotropico para formar un color rosa que es proporcional a la cantidad de nitrito presente.	Este método es sencillo y fácil de realizar.
Nitratos	4500 – NO ₃ ⁻ E. Método de reducción de Cadmio	El Cadmio metálico reduce a nitrito los nitratos de la muestra. El ion de nitrito reacciona en un medio de ácido sulfanilico para formar sal intermedia de diazonio. Esta sal se une al ácido gentsico para formar un producto de color ámbar.	Es un método práctico que se lo realiza en poco tiempo.
Oxigeno Disuelto (OD)	4500 – OG. Método de electrodo de membrana.	Los electrodos de membrana sensibles al oxigeno, de tipo polarográfico o galvánico, están compuestos por dos electrodos metálicos sólidos en contacto con un electrólito de soporte separado de la solución problema por una membrana selectiva.	El ensayo es sencillo, porque se utiliza un oxímetro digital que se debe sumergir durante 5 minutos hasta que se estabiliza el valor y se toma la lectura.
Potencial de hidrogeno (PH)	4500 – H ⁺ Método electrometrico.	El principio básico de la determinación electrométrica del ph es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrogeno y otro de referencia.	No se presenta ninguna dificultad en realizarlo porque se utiliza un PH metro.

Coliformes Totales	9221 Técnicas estandarizadas de fermentación en tubo múltiple (NMP) de Coliformes totales	La técnica del número más probable (NMP) esta basado en el análisis estadístico del número de resultados positivos y negativos al realizar ensayos múltiples de bacterias no formadoras de esporas y con formas de bastón que fermentan lactosa, produciendo gas y Ácido en 48 horas a 35°C.	Es un método bueno sin embargo la técnica del filtro de membrana tiene la ventaja de ser más rápida y de dar el recuento directo.
DBO ₅ Demanda Bioquímica del oxígeno	Método de dilución	El valor calculado de DBO ₅ se conoce como la demanda bioquímica de oxígeno, después de encubar la muestra con NaOH en la botella por cinco días a 20°C.	En este método se tiene en cuenta el resultado de DQO se aplica un factor y se determina un volumen de muestra. Luego el equipo oxitop registra electrónicamente el resultado.
DQO Demanda Química de oxígeno	Colorimetria	La muestra se hace reaccionar con una solución de dicromato de Potasio y luego se lee colorimetricamente.	Es un método práctico, solo se esperan 2 horas no se presenta ninguna dificultad.
Cloro Residual	4500 – Cl Método DPD	El cloro que está presente en la muestra reacciona inmediatamente con el indicador DPD para formar un color magenta que es proporcional a la concentración de cloro.	La prueba se realiza en el sitio donde se toma la muestra y luego se lee en laboratorio.

1.8 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*

NORMAS SOBRE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA

REFERENCIA	USUARIO EXISTENTE	USUARIO NUEVO
PH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	$\leq 40^{\circ}\text{C}$	$\leq 40^{\circ}\text{C}$
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 DBO₅		
Para desechos domésticos	Remoción $\geq 30\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
Para desechos industriales	Remoción $\geq 20\%$ en carga	Remoción \geq % en carga

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 señaladas en este artículo podrán excluirse.

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

NORMAS SOBRE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA

REFERENCIA	VALOR
PH	5 a 9 unidades
Temperatura	$\leq 40^{\circ}\text{C}$
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 \geq 50% en carga	Remoción \geq 80% en carga
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO		
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
Caudal máximo	1.5 veces el caudal promedio horario	

PARÁGRAFO.

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.

EMAR (Empresa Municipal de Aguas Residuales).

1.9 REPORTE DE LOS RESULTADOS ANALITICOS REALIZADOS A LA FOSA SEPTICA DE CHIMAYOY

Estos resultados son tomados de un estudio de aguas residuales a una fosa séptica convencional que servirán para comparar con los resultados de la Fosa séptica mejorada y darnos cuenta en si que es importante que haya cierto grado de maduración y los avances son significativos en cuanto a remociones se refiere.

Cuadro 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA FOSAS SÉPTICA DE CHIMAYOY

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO CORPONARIÑO SUBDIRECCION DE CALIDAD AMBIENTAL LABORATORIO DE AGUAS REPORTE DE RESULTADOS ANALITICOS					
PARÁMETRO	UNIDADES	NORMA	POZO SEPTICO		EFICIENCIA
			AFLUENTE	EFLUENTE	
Ph/T		5 – 9/<40°C	7.98/12.3°C	7.36-12.3°C	
Oxígeno Disuelto	Mg O2/l		0.87	1.99	
Grasas y aceites	Mg/l	Remoción > 80%	23.2	19.6	16%
DBO ₅	Mg/l O2	Remoción > 80%	268	160	40%
DQO	Mg/l O2		267	277	3.5%
Sólidos Totales	Mg/l		200	190	5%
Sólidos Suspendidos	Mg/l O2	Remoción > 80%	67	40	40%
Coliformes Totales	NMP/100ml		150x10 ⁴	23x10 ⁴	84%
Tipo de muestra	Compuesta				

2 ANALISIS DE RESULTADOS

La eficiencia de las unidades se obtuvo tomando como el 100% de la carga contaminante media que entra en cada una de estas, aplicando la siguiente formula.

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

Para la fosa Séptica Mejorada los valores obtenidos se comparan con los rangos establecidos para decantadores convencionales como tratamiento primario, fosa séptica convencional y con las normas de vertimiento de aguas residuales. Decreto 1594 de 1984 Art. 72 y 73. para el cumplimiento de todo vertido de agua debe cumplir ciertas características.

2.1 RESULTADOS FOSA SÉPTICA MEJORADA

Se utilizó el método de representación gráfica porque permite dar una visión directa del comportamiento de los parámetros de interés para la fosa séptica mejorada facilitando así el análisis de resultados frente a las fases anteriores.

A continuación se hará una breve explicación para entender según las gráficas como se comporta el sistema.

En las Figura 22 y 23 se muestran la relación DQO-DBO₅ tanto en la entrada como a la salida de la fosa séptica mejorada, (ver Anexos 23 y 24). Esta gráfica es importante porque nos ayuda a verificar que los datos de laboratorio realizados para estos dos parámetros no sean erróneos, esto teniendo en cuenta que la DBO₅ 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.

En la Figura 8 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 41 a la 50 se mantienen valores por encima de la media que es del 64.18% como también los hacen las semanas 53 a la 59; se observan remociones aproximadamente constantes y altas; durante las semanas 51, 52 y 61 la remociones son bajas porque oscilan entre 15 y 35% por debajo de la media.

La Figura 7 Muestra que el porcentaje de remoción de DQO ha aumentado con respecto a la fase anterior, indicado por la línea de tendencia de carácter potencial representada en color negro, sin embargo las remociones son más estables durante la presente fase que en las anteriores.

En la Figura 9 Se puede observar claramente la diferencia de las remociones gracias a las tres líneas de tendencia de diferentes colores, en color rojo la línea de tendencia de carácter lineal para los datos de la fase II, en negro los de la fase III de carácter potencial y la línea de color verde correspondiente a la fase IV también de carácter potencial. La línea de tendencia para los valores de la fase IV indican que la remoción aumento con respecto a las fases anteriores.

En la Figura 11 se representan los datos de variación de DBO₅ a la entrada como a la salida de la fosa séptica mejorada, para la IV etapa del proyecto los valores a la entrada de esta poseen una media de 202.50mg/l en cambio en la fase II y III fueron de 415.8% mg/l esto indica que la carga orgánica disminuyo, se podría decir que fue debido a la disminución de población.

En la figura 10 se observa un comportamiento casi constante de los valores de remoción de DBO₅, 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 55 % (ver Anexo 3 y 4 fases II Y III, fase IV)

La figura 12 es una comparación de los porcentajes de remoción DBO₅ durante las fases II, III Y IV, se observa un incremento del 7.43% en la remoción de DBO₅ en esta etapa con respecto a las anteriores y tiende a mantenerse constante, pese a que la carga orgánica es baja.

En la figura 14 se muestra la variación de S.S. en la fosa séptica mejorada, se observa una gran disminución a la entrada de Sólidos inferior a las etapas anteriores. Muestra además una baja remoción de este parámetro ya que la diferencia en la ubicación entre la línea de entrada y la de salida es poco distante demostrando una remoción baja; con respecto a las anteriores etapas bajo en un 2.82% (ver Anexo 5 Y 6).

En la figura 15 se observan las remociones de sólidos suspendidos para las tres fases, apreciando que la línea de tendencia para la fase IV esta por debajo de la fase III, en comparación con la línea de tendencia de la fase II hasta la octava semana estaba por encima sin embargo a partir de allí decayó.

La figuras 17 nos indica en términos generales como esta la fosa séptica mejorada en lo que a sólidos totales se refiere. Existe entre ciertas semanas una entrada de sólidos con estabilidad aparente ya que para cada lapso de semanas los valores se mantienen constantes pero cuando varían lo hacen bruscamente. Se observan remociones muy altas entre las semanas 1 y 4 y bajas entre la 5 y 7 (ver anexo 7).

La Figura 19 esta nos indica que la remoción de sólidos volátiles es buena se mantiene entre el 30 y 40 %; en cuanto a las semanas 3, 6, 7, 12 y 19 se presentan remociones bajas con respecto a las demás ya que sus remociones están por debajo del 20%.

Las figuras 20 y 21 representan las Remociones de DQO Y DBO₅ en presencia de cloro residual durante las fases III Y IV, se observa que varían inversamente proporcional. Cuando existe un valor alto de cloro las remociones disminuyen y ocurre también al contrario; esto es lógico puesto que el cloro es uno de los factores negativos dentro del sistema no tanto para la fosa séptica sino para los tratamientos biológicos que se dan después de entregar esta agua a los filtros del sistemas. (Ver anexos 9 y 10).

Las variables y parámetros que se utilizaron en la determinación experimental de la eficiencia de la fosa séptica mejorada son importantes ya que todos en conjunto caracterizan el agua tratada como agua residual doméstica, además nos suministra información acerca del funcionamiento de este sistema evaluando la eficiencia a partir de una análisis que se realiza experimentalmente en pruebas de laboratorio que nos suministra una serie de datos que se tabulan y de los cuales se obtienen la media aritmética o centro de equilibrio y la desviación estándar que es una medida de dispersión; en base a estos dos se calculan, las variables estadísticas. intervalo de confianza y el coeficiente de variación los cuales nos permiten establecer la validez de los resultados obtenidos en la caracterización de los parámetros evaluados.

Los resultados se obtienen a partir de la aplicación de las siguientes ecuaciones.

- Tamaño muestral.

$$n = \left(\frac{z * T}{E} \right)^2$$

- Coeficiente de Variación.

$$CV = \left(\frac{T}{\bar{X}} \right) * 100$$

- Intervalo de confianza.

$$\bar{X} - Z \left(\frac{T}{\sqrt{n}} \right) \leq m \leq \bar{X} + Z \left(\frac{T}{\sqrt{n}} \right)$$

Donde

n. Tamaño muestral

Z. Desviación normal o error de la media

T. Desviación estándar

E. Porcentaje de error admisible

\bar{X} . media aritmética

El cálculo se realizó por medio de tanteos, en donde se buscaba el error admisible con el cual el tamaño muestral calculado se aproximará al tamaño muestral real, para este caso corresponde al número de semanas durante las cuales se realizó el análisis. Los datos de desviación estándar y media aritmética se tomaron de los anexos (2, 4 y 6)

Así se tiene que.

- Para sólidos suspendidos, con un porcentaje de confiabilidad del 95% y con un margen de error del 8.49% se obtiene un intervalo de confianza del 69.48 límite superior, 52.49 límite inferior y un coeficiente de variación de 25.61%.
- Para DBO₅, con un porcentaje de confiabilidad del 95% y con un margen de error del 9.5% se obtiene un intervalo de confianza del 43.42 límite inferior, 62.43 límite superior y un coeficiente de variación de 34%.
- Para DQO, con un porcentaje de confiabilidad del 95% y con un margen de error del 9% se obtiene un intervalo de confianza del 55.31 límite inferior, 74.3 límite superior y un coeficiente de variación del 32%.

Teniendo en cuenta los datos anteriores se deduce que los resultados obtenidos en la caracterización de los parámetros, para los cuales se realizó el análisis, presentar una buena confiabilidad con un margen de error que se encuentra dentro del 10% de error admisible, los resultados de las medias de esta fase se encuentran dentro de los intervalos de confianza para cada parámetro, en cuanto al coeficiente de variación son valores altos lo cual nos indica que los valores son muy variables o más difíciles de predecir con relación a la media, como esta es una medida de variación relativa mas que todo se empleo para comparar la variación relativa entre las fases anteriores y esta; de manera que se determinaron coeficientes de variación para las fases anteriores dando como resultados para Sólidos Suspendidos 21.25%, para DBO₅ 31%, y para DQO de 40.6% comparando con los coeficientes de esta fase se deduce que.

- Para DBO₅ y Sólidos Suspendidos las muestras tomadas en las fases anteriores son relativamente más precisas.
- Para DQO los datos de las muestras tomadas en esta fase son relativamente más precisas que en las fases anteriores.

Para presentar el análisis de resultados en un Cuadro comparativa de las diferencias obtenidas entre esta fase y las anteriores se realiza una prueba referente a la diferencia entre dos muestras esta se establece en base a las inferencias referentes a dos medias.

Prueba con la cual se puede comparar y decidir cual es mejor o si la diferencia no es significativa y la estadística de prueba puede formularse como.

$$Z = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde.

\overline{X} . Media aritmética

n. Tamaño muestral

d . Valor propuesto en la hipótesis nula

s . Varianza

En este tipo de pruebas se considera pruebas de hipótesis nula.

$$\mu_1 - \mu_2 = \delta$$

1. Hipótesis nula. $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alternativa $\mu_1 - \mu_2 > 0$
2. Nivel de significación $\alpha = 0.05$
3. Criterio. rechazar la hipótesis nula si $Z > 1.96$

Aplicando esto a DBO₅, DQO y SS se obtuvo lo siguiente.

- A. Para Sólidos Suspendidos. dado que $Z = 0.038$ este valor no excede 1.96, la hipótesis nula no se puede rechazar, esto significa que la diferencia observada entre las dos medias de las muestras no es significativa.
- B. Para DBO₅. dado que $Z = 0.077$ no excede a 1.96, significando que la diferencia observada entre las dos medias no es significativa.
- C. Para DQO. dado que $Z = 0.16$ no excede a 1.96, significa que la diferencia observada entre las dos medias no es significativa.

En términos generales lo anterior quiere decir que las dos medias, para cada parámetro están en igualdad de condiciones por lo que no difieren mucho la una de la otra.

COMPARACIONES ENTRE FASE II, III Y IV.

- Comparaciones de las eficiencias de remoción presentadas para los parámetros de DBO₅, DQO Y SS entre las fases II, III y IV de la investigación, además con el reporte de datos de la Fosa Séptica de Chimayoy.

Cuadro 5. Resumen de los valores medios de los % de remoción obtenida para DQO entre las fases II, III y IV y la de una Fosa Séptica convencional.

UNIDAD	FASE II y III	FASE IV	UNIDAD F. S. CHIMAYOY	DIFERENCIAS		Tratamiento Primario	Fosa S. Convencional
				F. II, III y IV	F. IV y F.S. Chimayoy		
Fosa Séptica Mejorada	45.17%	64.81%	3.5%	19.64%	61.31%	30 – 35%	30 – 50%

Cuadro 6. Resumen de los valores medios de los % de remoción obtenida para DBO₅ entre las fases II, III y IV y la de una Fosa Séptica convencional.

UNIDAD	FASE II y III	FASE IV	UNIDAD F. S. CHIMAYOY	DIFERENCIAS		Tratamiento Primario	Fosa S. Convencional
				F. II, III y IV	F. IV y F.S. Chimayoy		
Fosa Séptica Mejorada	45.50%	52.93%	40%	7.43%	12.93%	30 – 35%	30 – 50%

Cuadro 7. Resumen de los valores medios de los % de remoción obtenida para SS entre las fases II, III y IV y la de una Fosa Séptica convencional.

UNIDAD	FASE II y III	FASE IV	UNIDAD F. S. CHIMAYOY	DIFERENCIAS		Tratamiento Primario	Fosa S. Convencional
				F. II, III y IV	F. IV y F.S. Chimayoy		
Fosa Séptica Mejorada	63.81%	60.99%	40.29%	2.82%	20.7%	60 – 65%	30 – 50%

Se observa que las condiciones fueron diferentes pero las remociones son favorables, solo existe una disminución de remociones de sólidos suspendidos la cual esta dentro de los rangos establecidos para tratamientos primarios y si cumple con lo establecido para fosas sépticas convencionales.

Figura 7. Porcentaje de remoción DQO durante las fases II, III y IV. Fosa Septica Mejorada

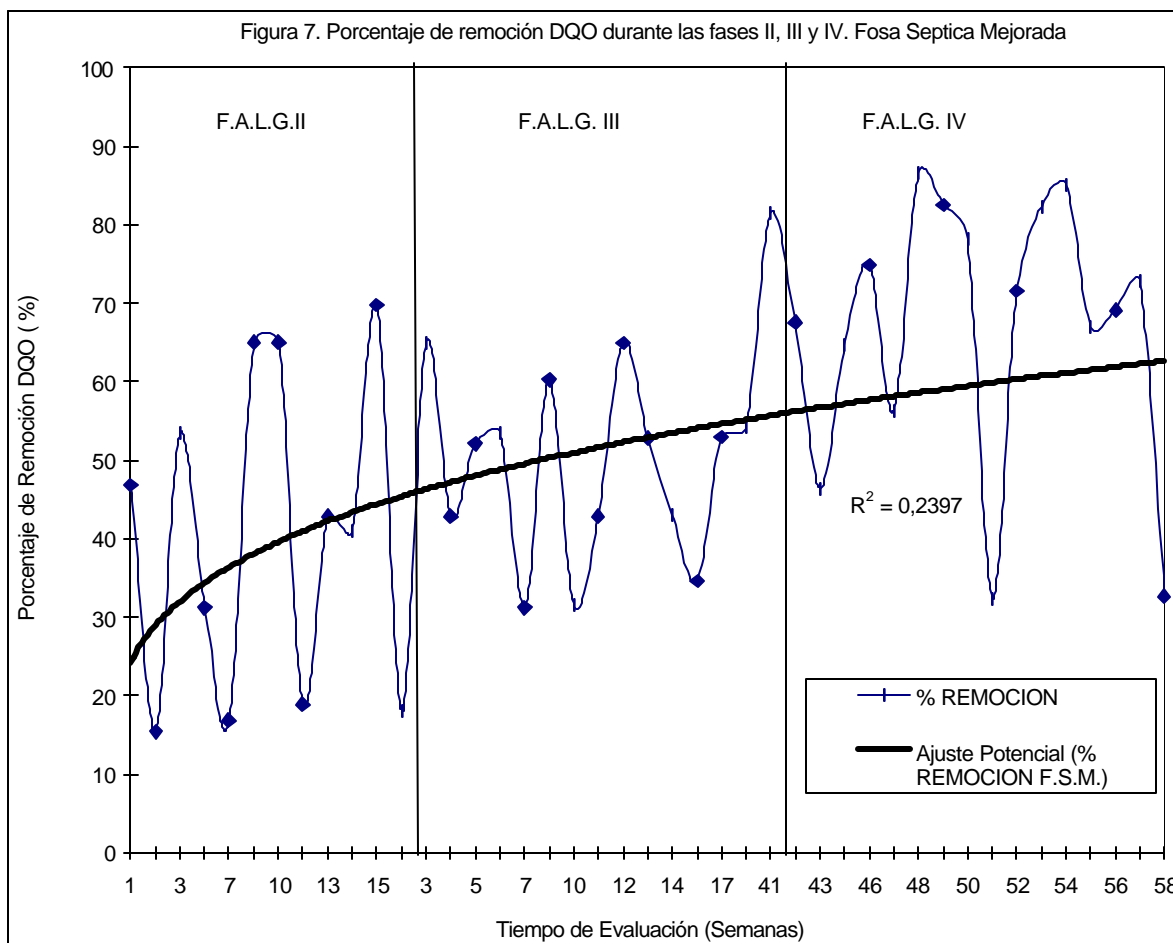


Figura 8. Variación DQO. Fosa Septica Mejorada

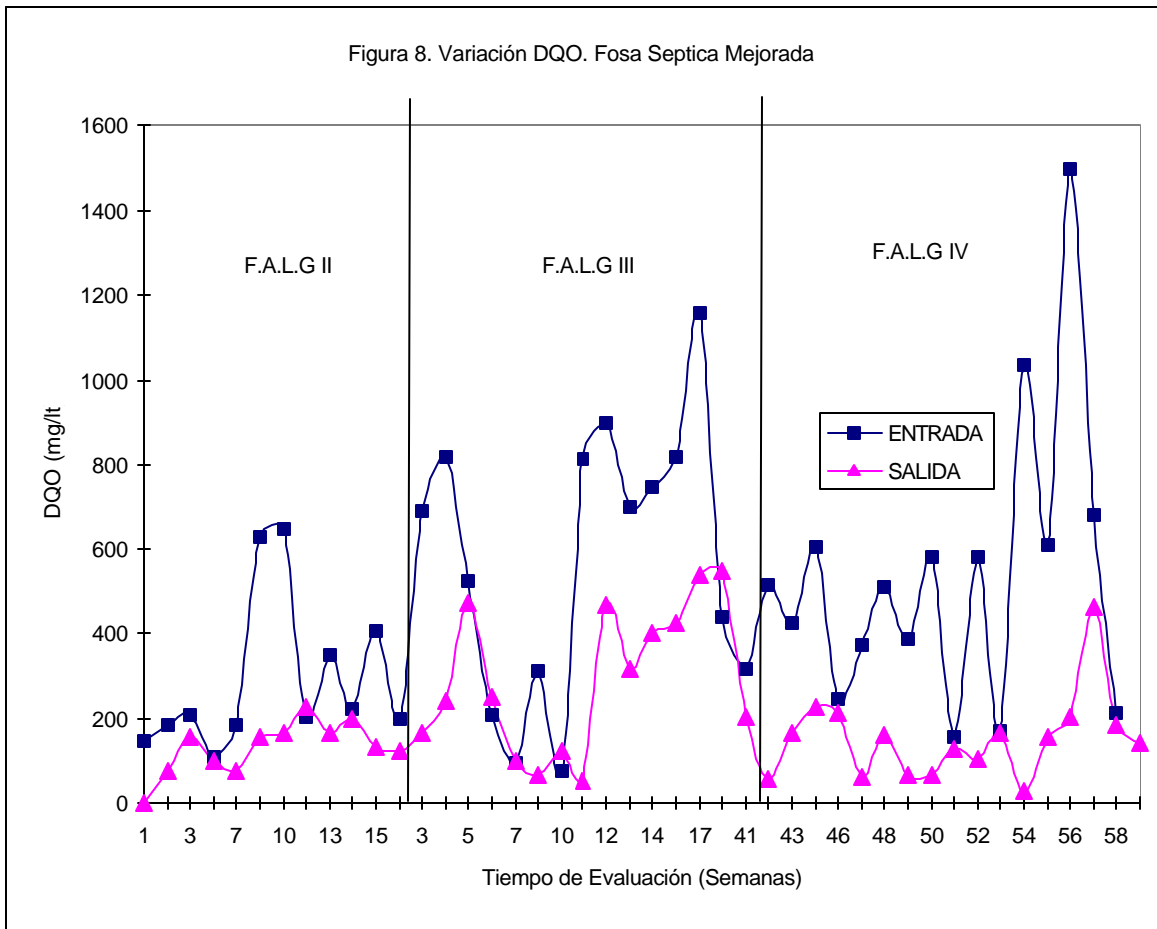


Figura 9. Porcentaje de Remocion de DQO. Comparacion de la Fase II , III y IV.

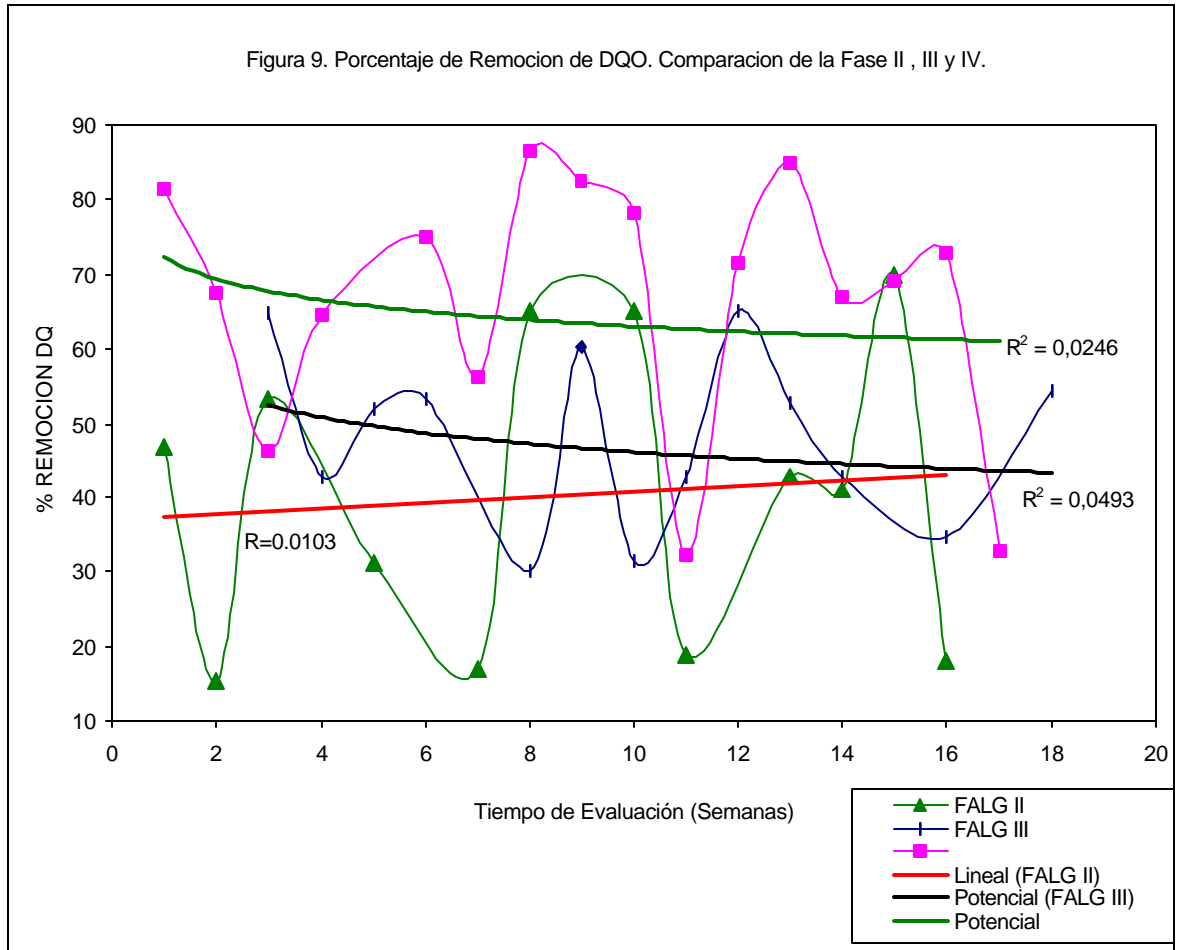


Figura 10. Porcentaje de Remoción de DBO 5 durante las fases II,III Y IV. Fosa Séptica Mejorada.

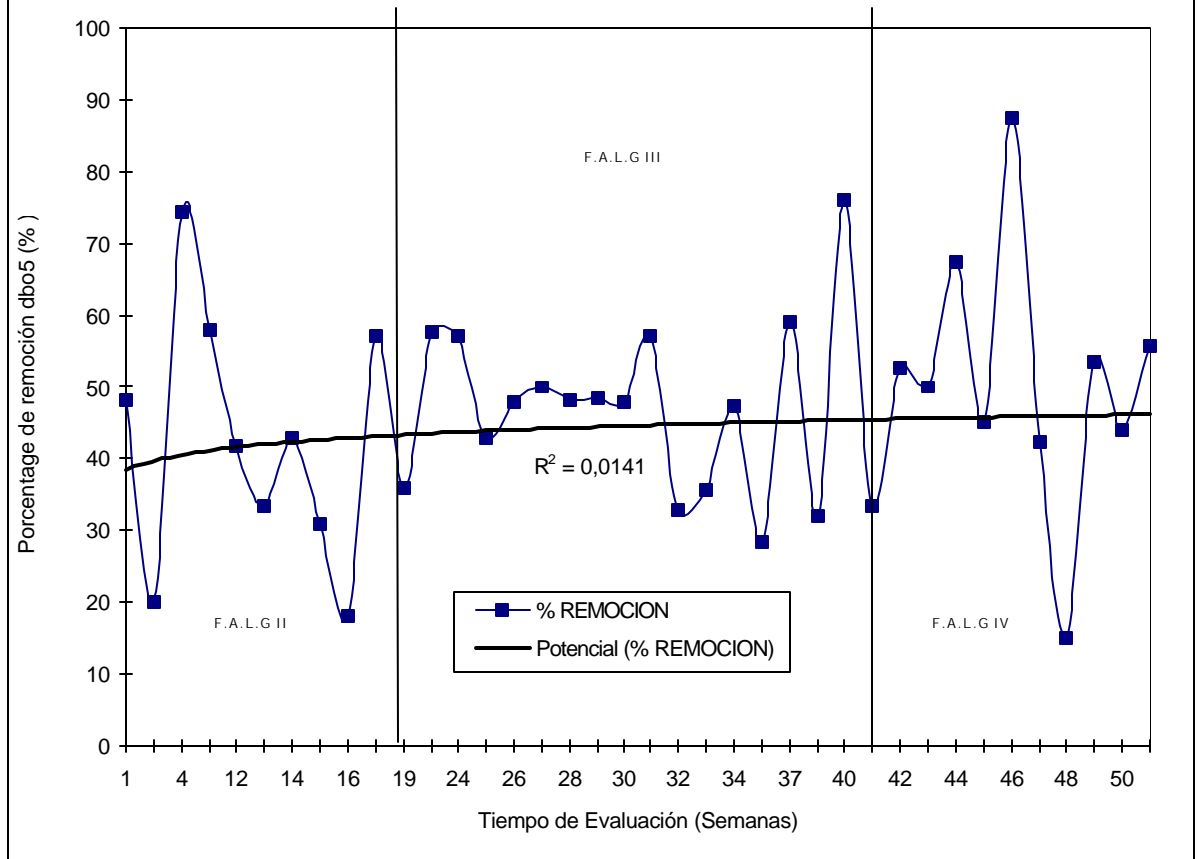


Figura 11. Variación de DBO. Fosa Septica Mejorada

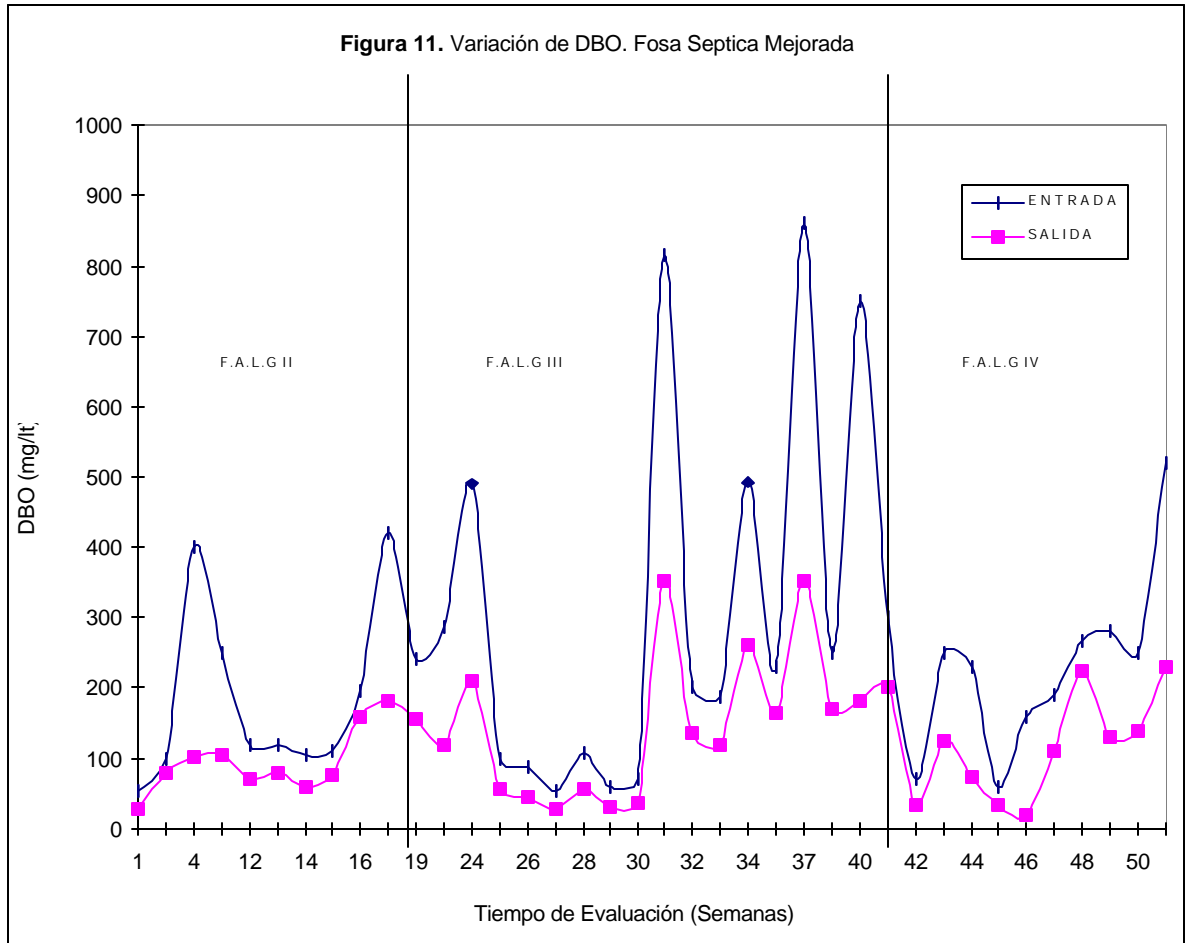


Figura 12. Comparación del porcentaje de remoción de DBO en la Fosa Septica mejorada entre las fases II ,III y IV.

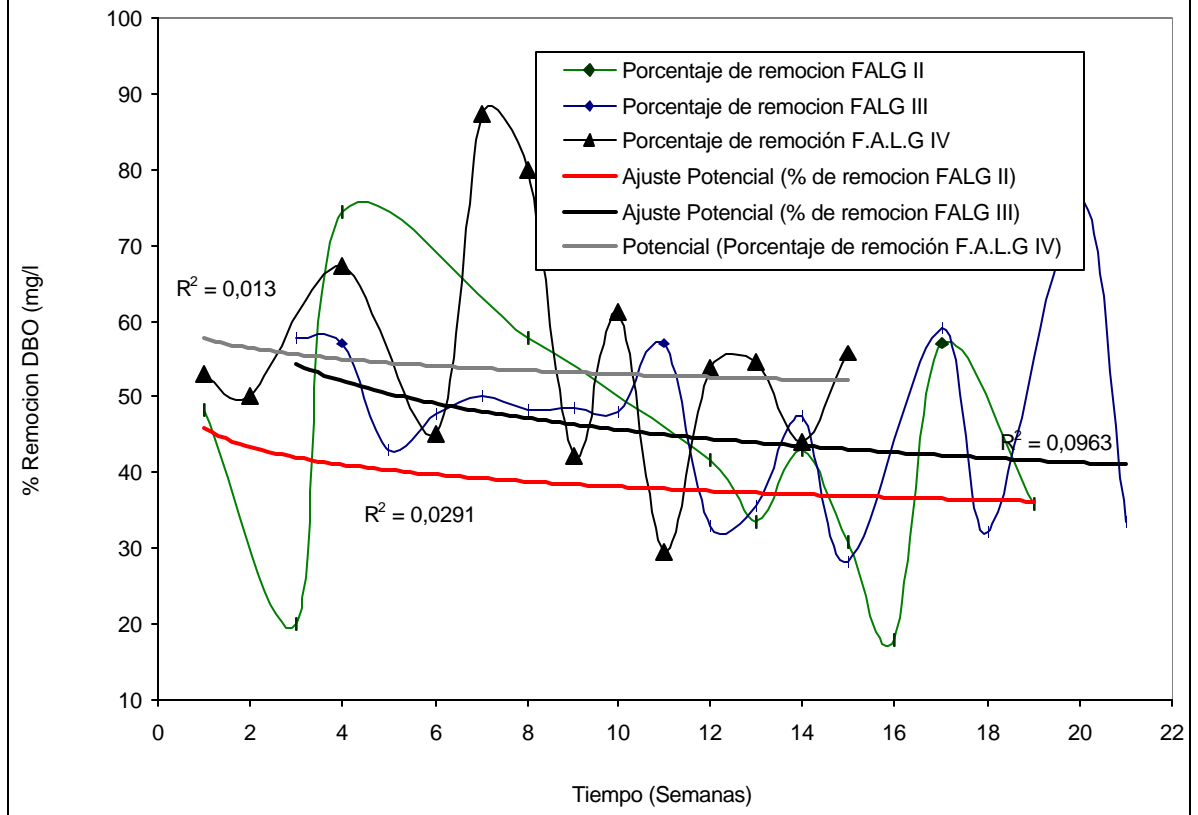


Figura 13. Porcentaje de Remoción de Sólidos Suspendedos durante las fases II, III Y IV. Fosa Séptica Mejorada

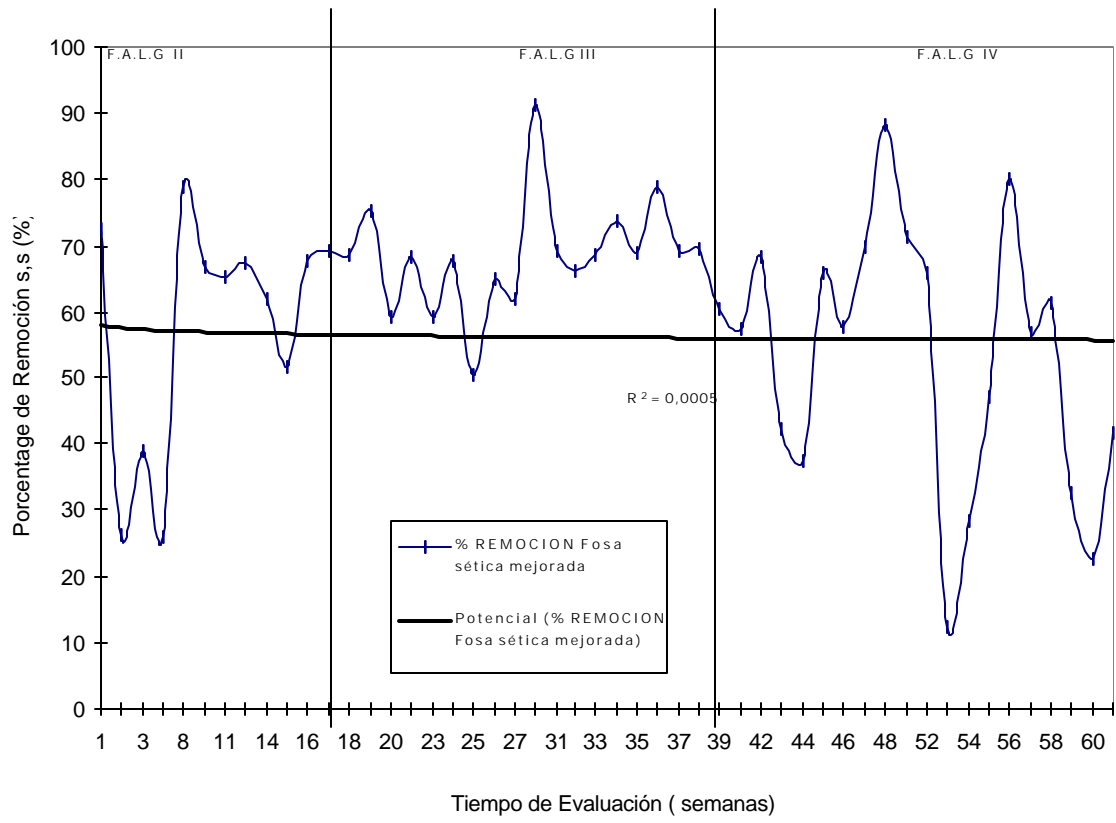


Figura 14. Variación Sólidos Suspendedos. Fosa Septica Mejorada

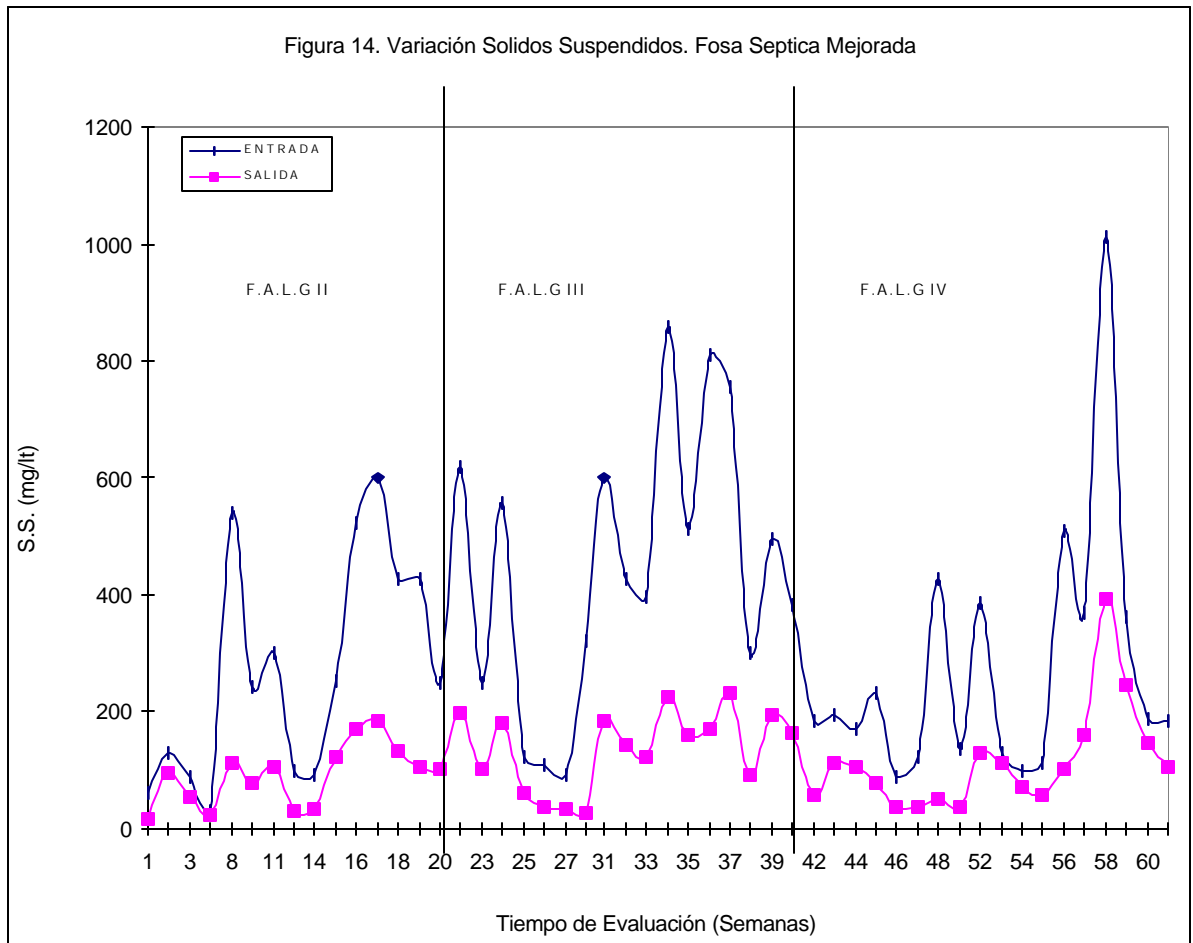


Figura 15. Comparacion del porcentaje de remoción de S:S: entre las fases II , III Y IV.Fosa Septica Mejorada

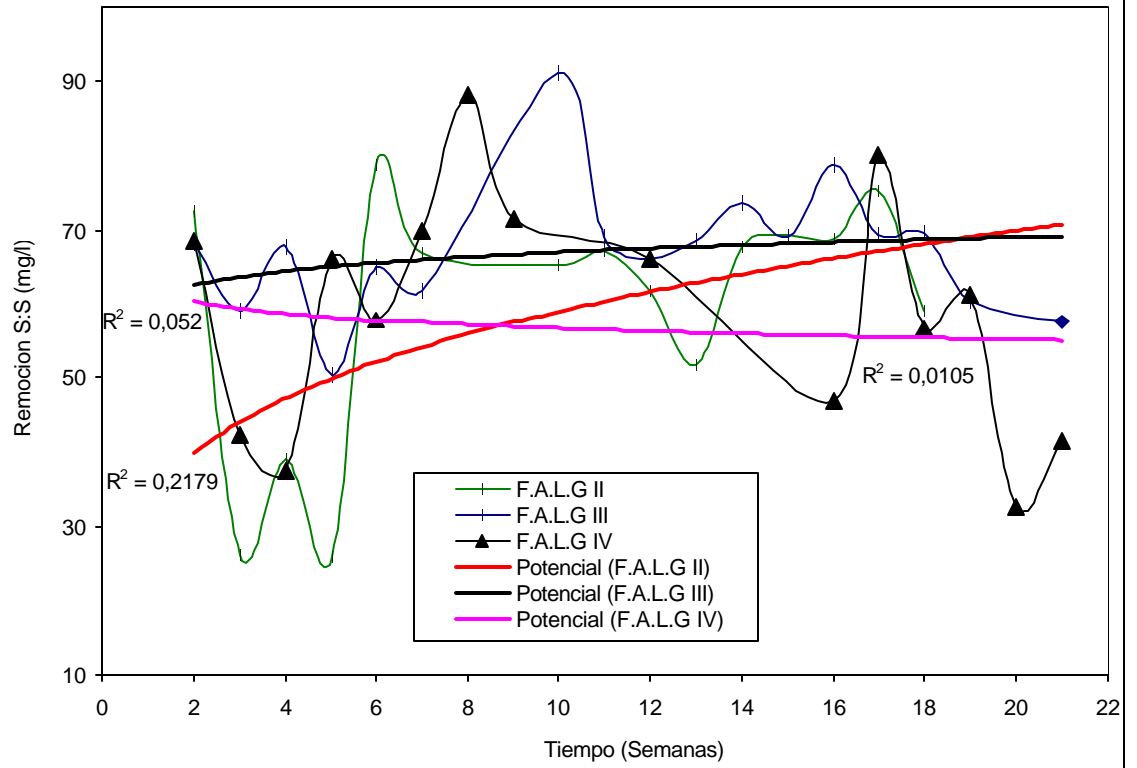


Figura 16. Porcentaje de remoción Solidos Totales Fase IV. Fosa septica mejorada

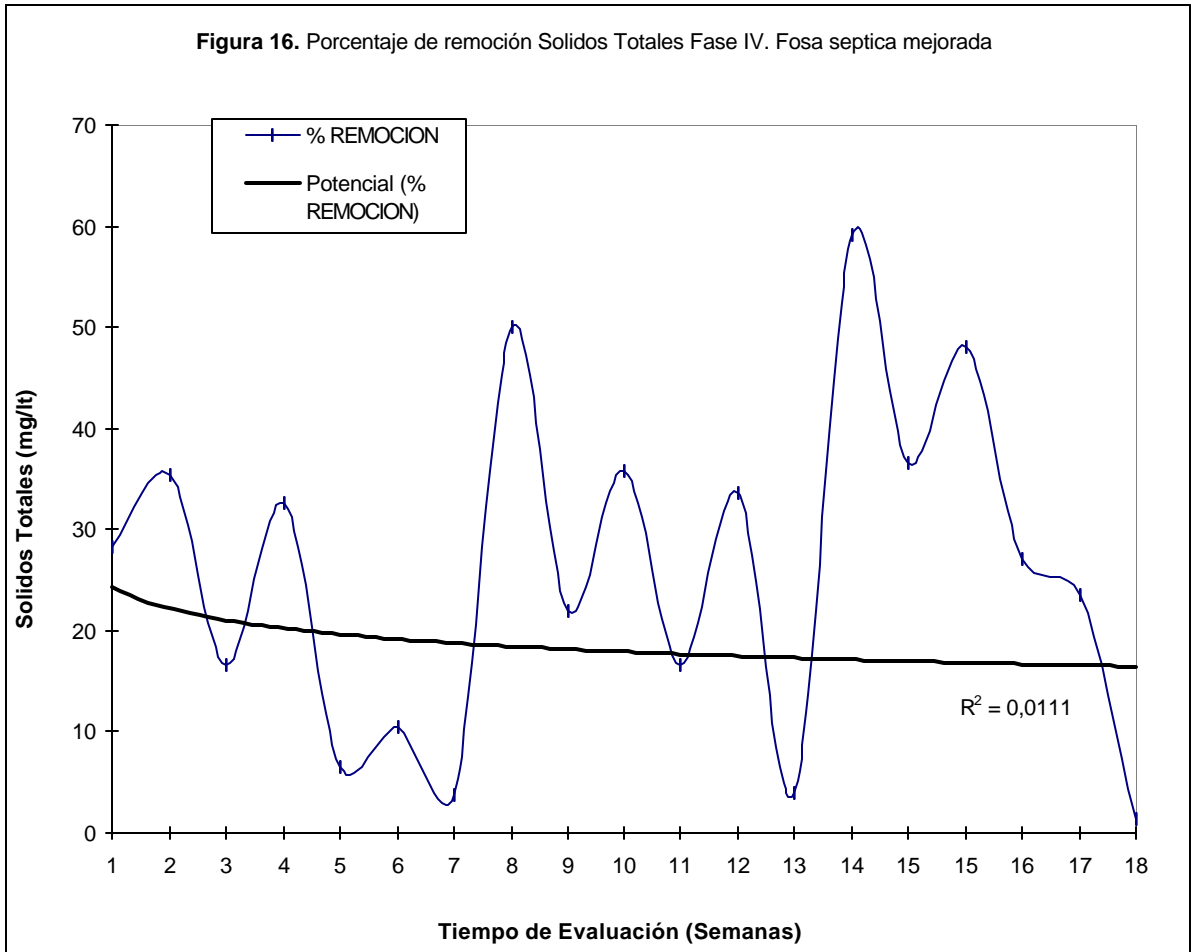


Figura 17. Variación de Sólidos Totales durante la fase IV. Fosa séptica mejorada

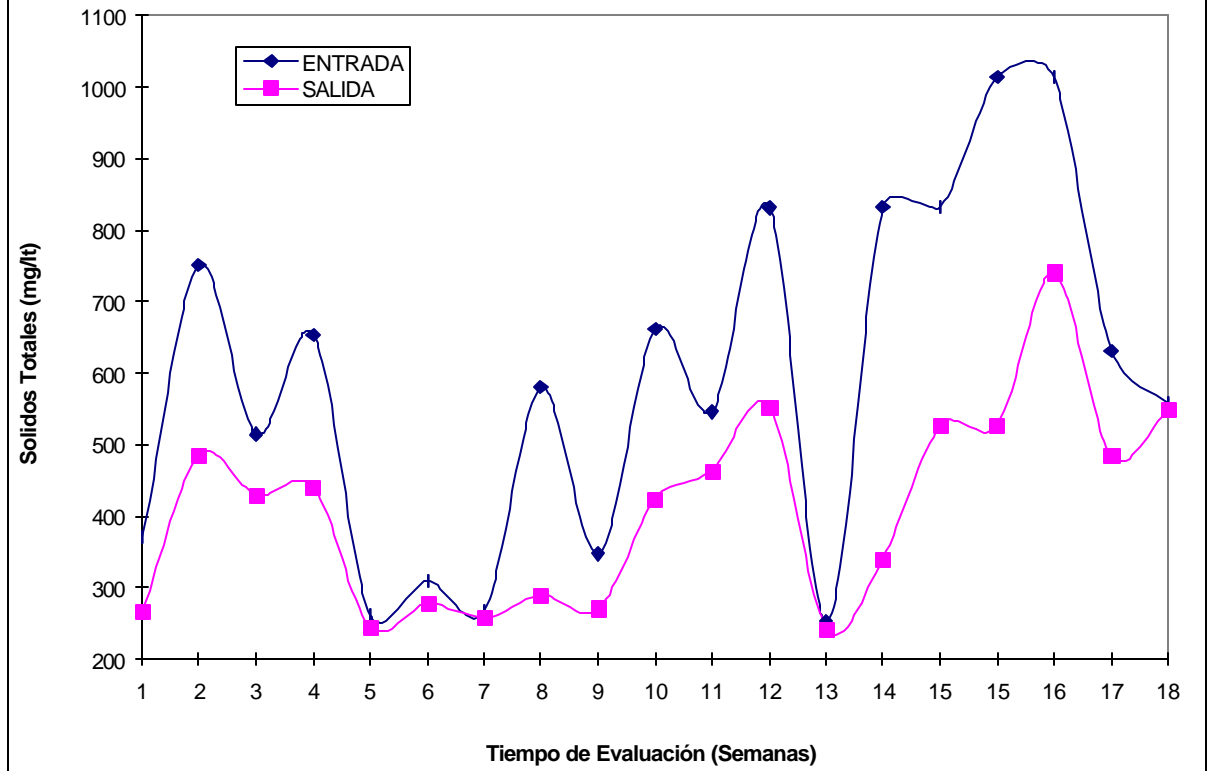


Figura 18. Porcentaje de Remoción Solidos Volatiles durante la Fase IV. Fosa Septica Mejorada.

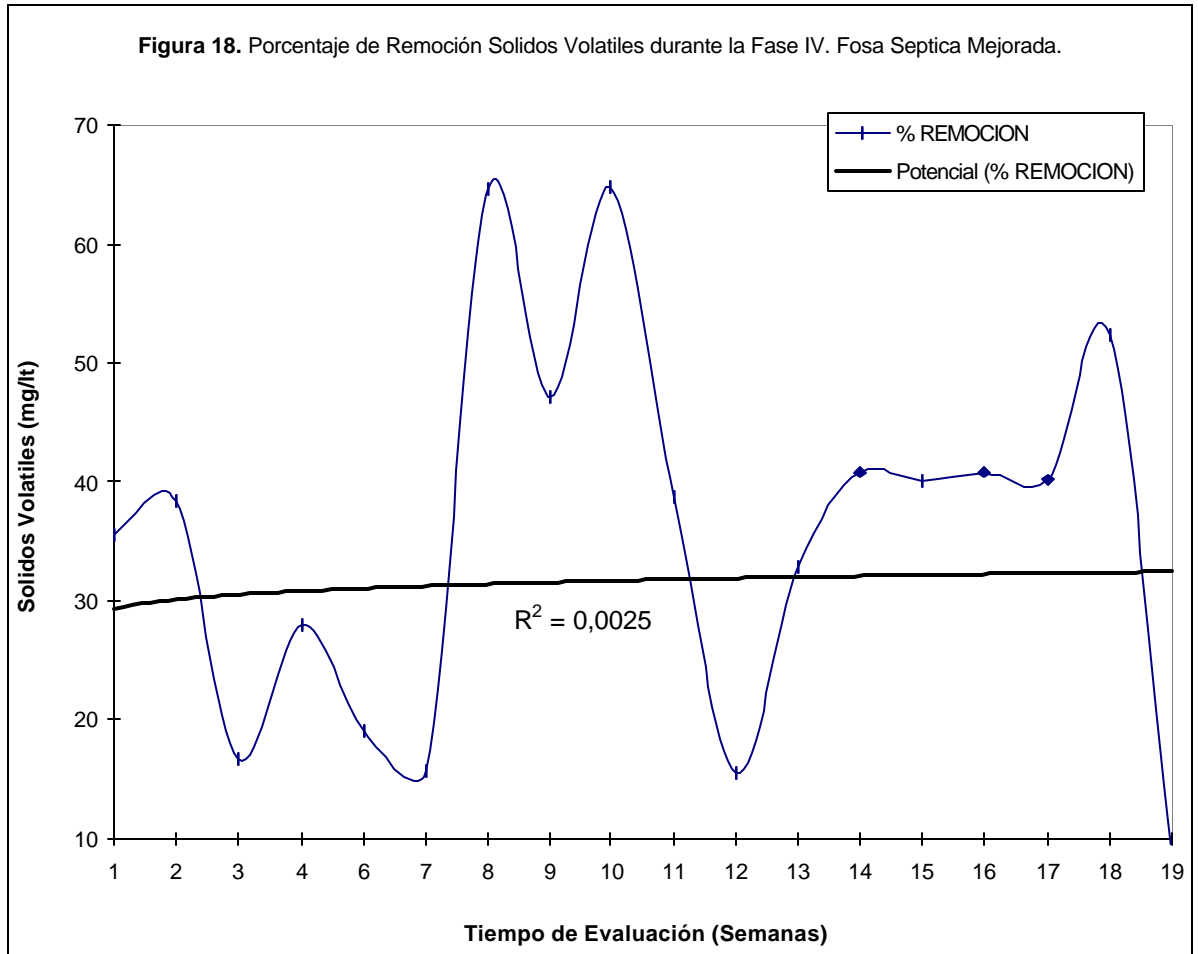


Figura 19. variación de Sólidos Volátiles Fase IV. Fosa Septica Mejorada

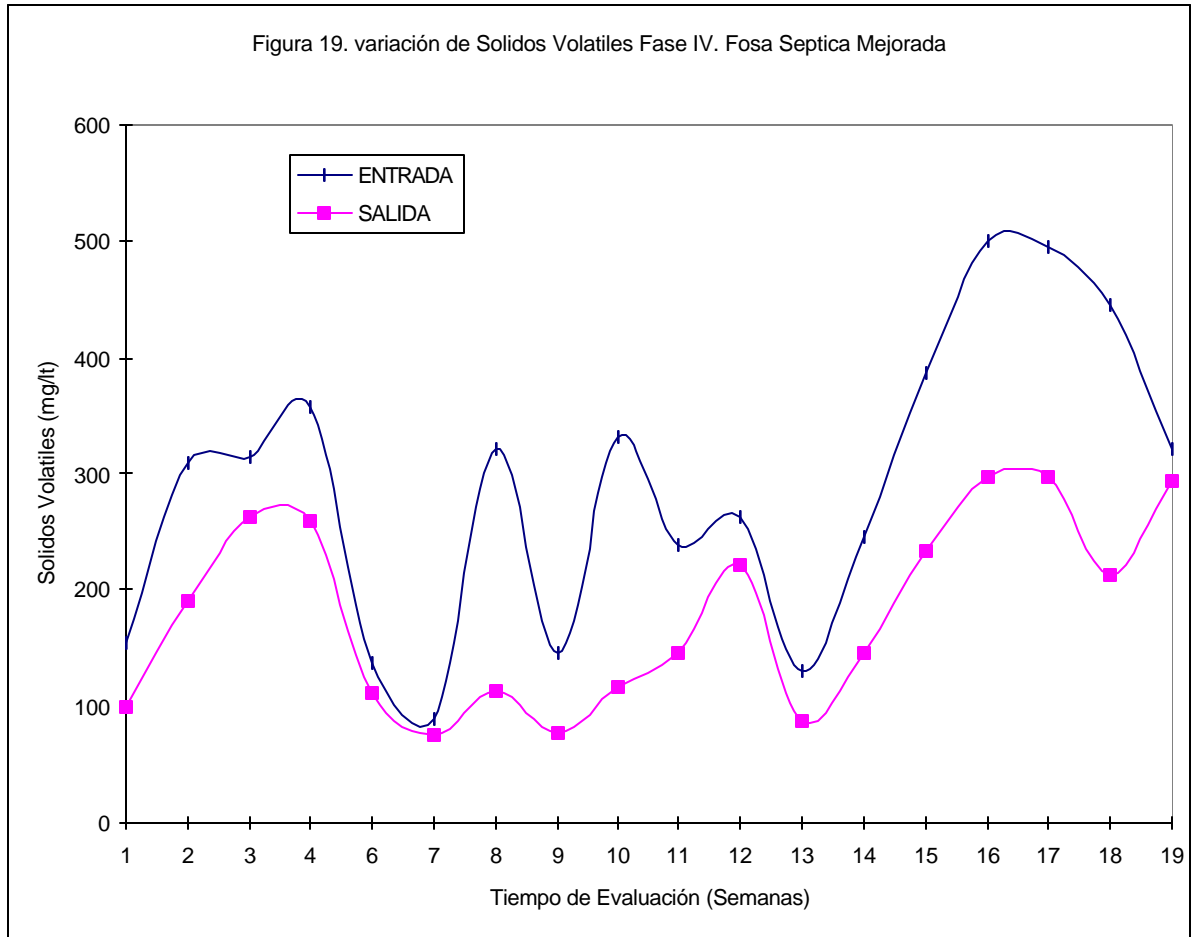


Figura 20. Porcentaje de Remoción de DQO en presencia de Cloro Residual. Fases III y IV

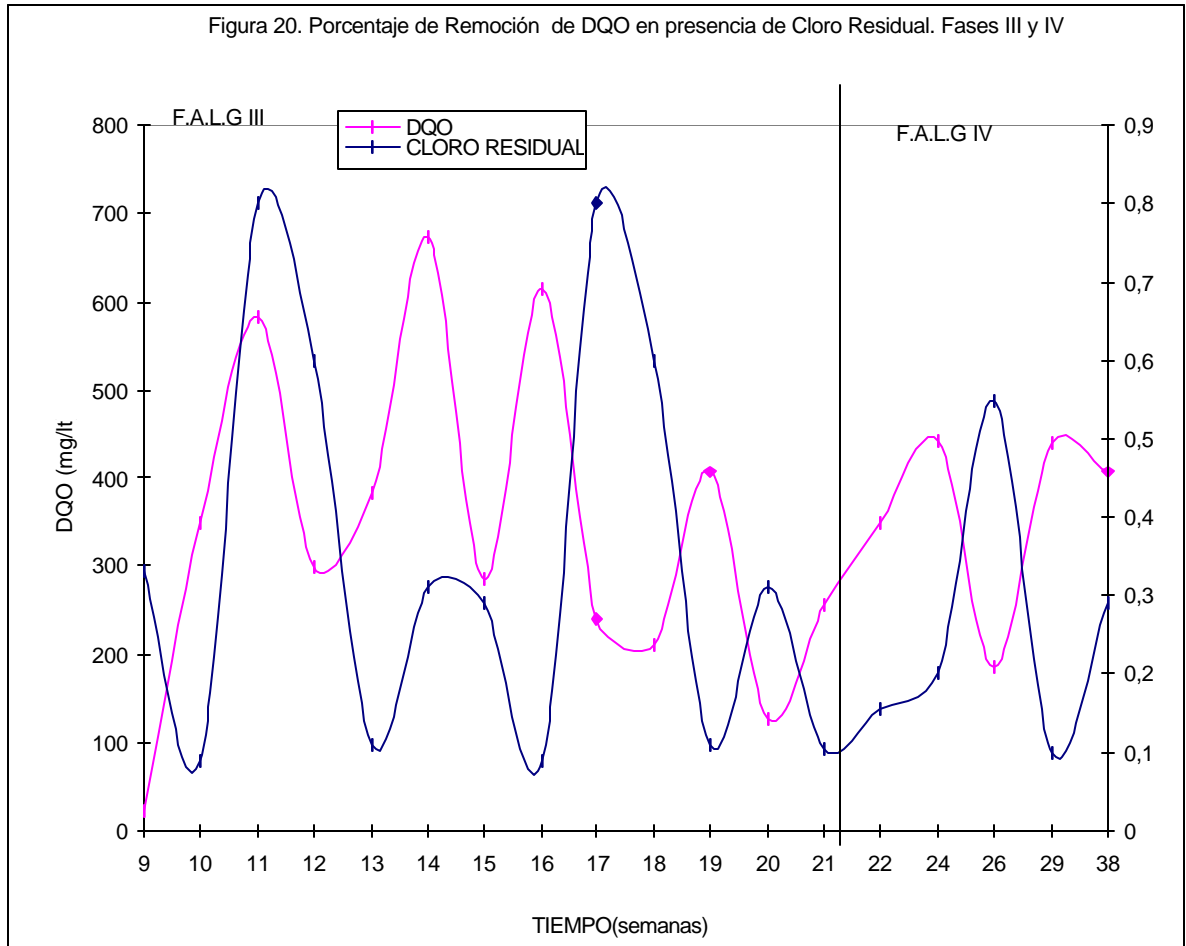


Figura 21. Porcentaje de Remoción de DBO en presencia de Cloror Residual. Fases III y IV.

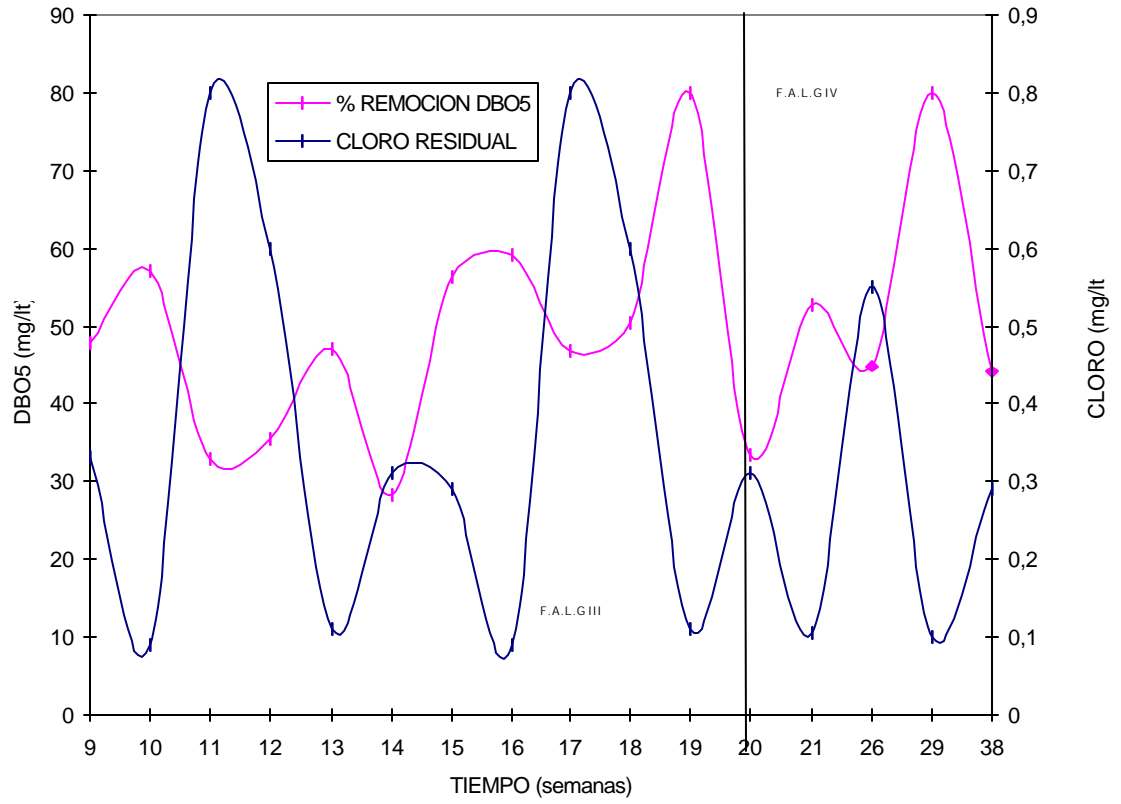


Figura 22. Variación DQO - DBO. Entrada Fosa Septica Mejorada

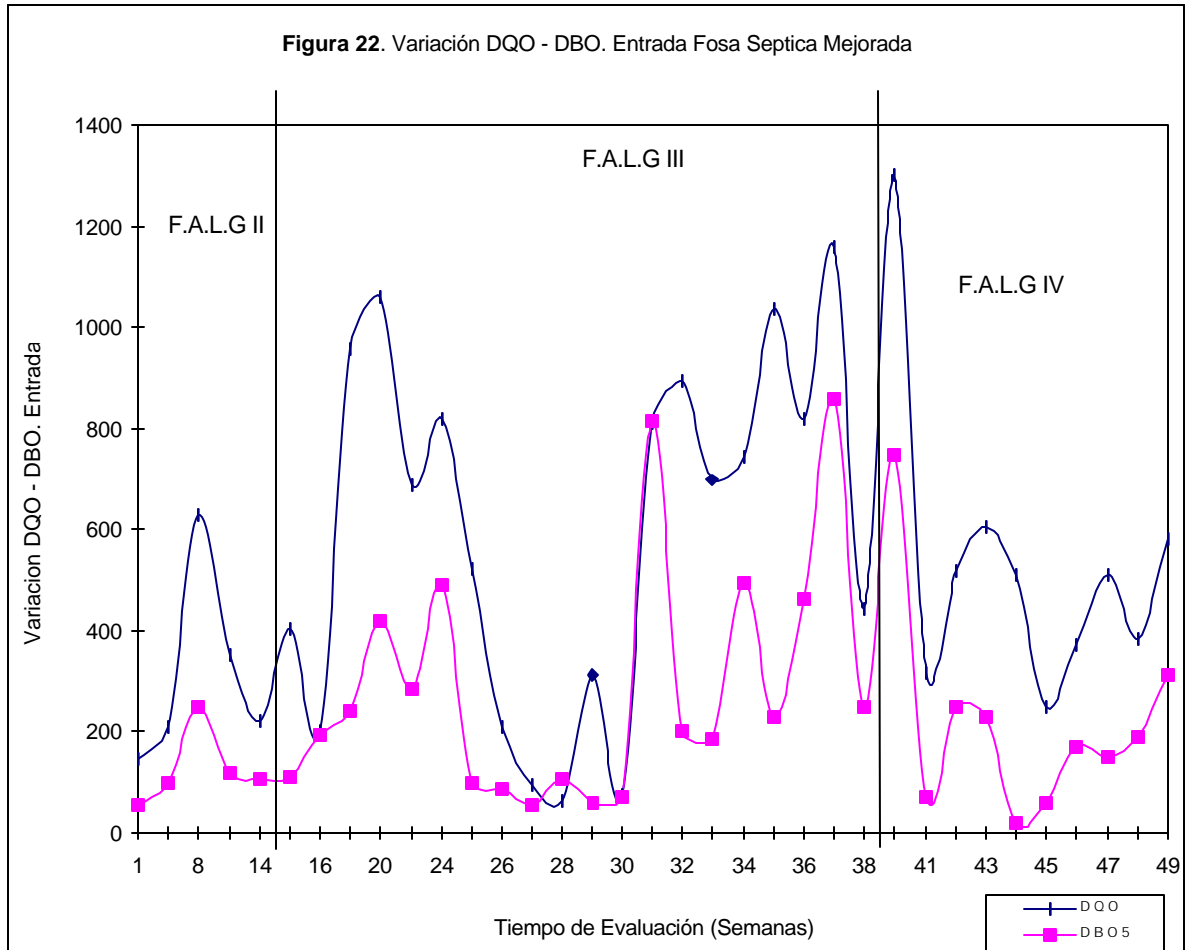
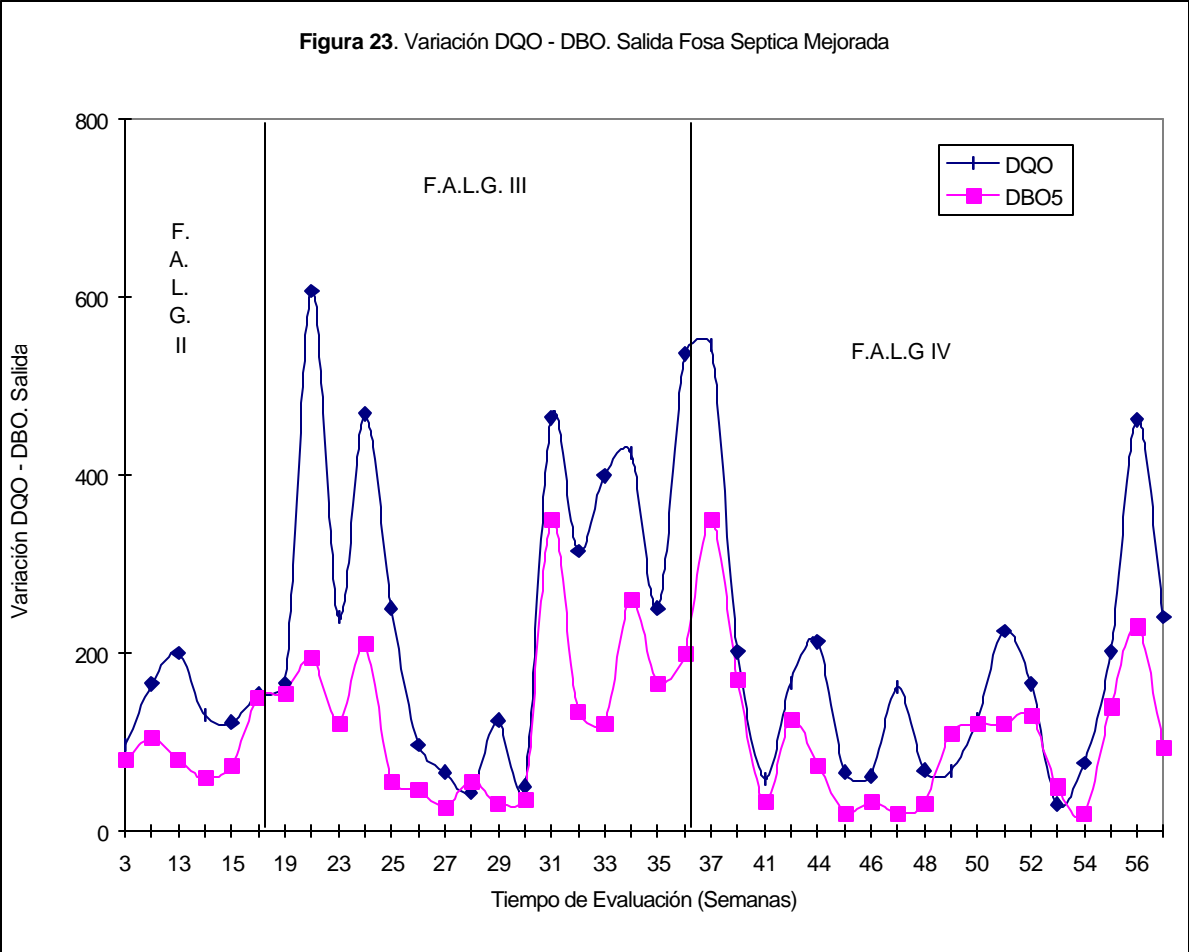


Figura 23. Variación DQO - DBO. Salida Fosa Septica Mejorada



3 CONCLUSIONES

- Los resultados de remociones para sólidos suspendidos disminuyó en un 2.82% en relación con las fases anteriores, se puede decir que las bajas temperaturas registradas en esta fase fue lo que afecto el proceso de decantación función principal de la fosa séptica mejorada ya que el valor medio de temperatura fue de 16.25°C, mientras que en las fases II y III fue de 18.13°C, esto hace que la decantación de las partículas disminuya porque en el agua residual se crean corrientes de densidad y aumento de la viscosidad cinemática. Sin embargo la remoción fue de 60.99% valor que se encuentra dentro del rango establecido para decantadores primarios convencionales que es del 60 – 65%.
- El valor obtenido para remoción de DBO₅ fue de 52.33% en comparación con las fases anteriores incremento un 7.53% dando así buenos resultados frente a este parámetro y cumple con los rangos establecidos para tratamiento primarios que son del 30 – 35% y para fosas sépticas convencionales que es de 30 – 50%.
- Comparando los resultados de la fosa séptica mejorada con el reporte de los resultados analíticos de la fosa séptica de Chimayoy la cual posee eficiencia para sólidos suspendidos de 40.29% y 40% de DBO₅, se tiene diferencias a favor de 12.93% para DBO₅ y del 20.7% para sólidos suspendidos; lo cual quiere decir que nuestro sistema está dando mejores resultados frente a otro sistema.
- Evaluando los resultados anteriormente analizados se puede concluir de manera general que la fosa séptica mejorada tiene un buen comportamiento en cuanto a los porcentajes de remoción de sólidos y DBO₅ comparables a los decantadores primarios convencionales, analizando las condiciones de la presente investigación, no fueron óptimas para el funcionamiento. La fosa séptica mejorada en las condiciones de temperatura y carga orgánica de las fases II y III tuvo un mejor comportamiento en cuanto a comparación con las eficiencias presentadas por una fosa séptica de tipo convencional.
- Teniendo en cuenta la prueba realizada de inferencias referentes a dos valores medios se puede concluir que los resultados de las muestras para los parámetros de DBO₅, DQO y SS, se presentan estables, culminando así el análisis porque ya se nota una estabilización en cuanto al nivel de eficiencia a

la que puede llegar la fosa séptica mejorada.

4 RECOMENDACIONES

- Cuando se realice la limpieza de las cajillas en el Instituto Santo Ángel se debe desconectar la tubería de llegada al sistema, con el fin de evitar la entrada de agua potable porque esto causa alteración en el vertido residual que recibe la fosa séptica mejorada, además revisar constantemente los aparatos sanitarios debido a que el daño de los mismo puede generar la entrada de agua potables al sistema, diluyendo el agua residual y haciendo imposible la realización de los ensayos de laboratorio , además la toma de muestras para la realización de laboratorios se debe tener en cuenta un programa de muestreo puesto que las horas de mayor vertido doméstico son las 10 a.m. a 12 m y de 2 p.m. a 4 p.m. y así se evitará datos erróneos.
- Se debe seguir midiendo la altura de lodos, con el método utilizado en esta fase o mejor aún se utilice el ensayo de extinción de la luz y si la altura de lodos ya indica que se ha saturado el volumen útil deberá realizar la limpieza.
- Para que los resultados de laboratorio no sean erróneos o alterados se debe dejar un lapso de un día pasado después de la limpieza así se garantiza tiempo de maduración para la realización de los parámetros.

BIBLIOGRAFÍA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. Subdirección de calidad ambiental. Laboratorio de aguas.

CRITES Tchobanoglous George – CRITES Ron. Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Estados Unidos: ed. Mc Graw Hill, 1979. 343 p.

DIAZ, Santos. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17. Madrid – España: American Public Health Association, 1992. 1705 p.

JOHNSON, Richard A. Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freud. Quinta edición. Madison: University of Wisconsin, 1997. 630 p.

METCALF – EDDY. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. primera Edición. Madrid: Ed. Labor S.A, 1977. 837 p.

_____Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización. Madrid - España: ed. Mc Graw Hill. 1995. 1885 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Dirección de agua potable y saneamiento básico, reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento de aguas residuales. Bogotá D.C., Noviembre del 2000. 144 p.

NORMAS SOBRE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE COLOMBIA, Decreto 1594. Capítulo VI. Bogota D.C., 1984. 120 p.

OROZCO, Alvaro. Manual sobre digestión anaerobia. Elementos de diseño. Bogotá: ed. UNIANDES, 1990. 925 p.

SALAZAR CANO, Roberto. Fundamentos de los tratamientos anaeróbios. UDENAR, 1999. 36 p.

SANZ ROSERO, Tania. Sistema de fosa séptica mejorada para el tratamiento de aguas residuales domésticas. FA.L.G. III. Pasto: Universidad de Nariño - Facultad de Ingeniería, 2002. 137 p.

ANEXOS

Anexo 1. DQO en mg/lit. Fosa Séptica Mejorada.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION		
1	145	77	68,00	46,90	F. A. L. G. II	
2	182	154	28,00	15,38		
3	208	97	111,00	53,37		
5	109	75	34,00	31,19		
7	184	153	31,00	16,85		
8	628	165	463,00	73,73		
10	643	225	418,00	65,01		
11	201	163	38,00	18,91		
13	350	200	150,00	42,86		
14	220	130	90,00	40,91		
15	404	122	282,00	69,80		
16	200	164	36,00	18,00		
19	957	165	792,00	82,76		F. A. L. G. III
23	685	240	445,00	64,96		
24	821	469	352,00	42,87		
25	522	250	272,00	52,11		
26	208	97	111,00	53,37		
28	63	44	19,00	30,16		
29	312	124	188,00	60,26		
30	73	50	23,00	31,51		
31	812	464	348,00	42,86		
32	897	314	583,00	64,99		
33	698	399	299,00	42,84		
34	745	425	320,00	42,95		
36	820	536	284,00	34,63		
38	440	201	239,00	54,32		
39	804	594	210,00	26,12		
Valor máximo	957,00	594,00	792,00	82,76		
Valor mínimo	63,00	44,00	19,00	15,38		
Media	456,70	225,81	230,89	45,17		
Desviac. Est.	293,13	155,06	195,02	18,35		

Anexo 2. DQO en mg/lit. Fosa Séptica Mejorada.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
41	314	58,00	256,00	81,53	
42	515	167	348,00	67,57	
43	423	227	196,00	46,34	
44	603	213	390,00	64,68	
46	247	62	185,00	74,90	F.
47	370	162	208,00	56,22	A.
48	508	68	440,00	86,61	L.
49	384	67	317,00	82,55	G.
50	579	126	453,00	78,24	
51	155	105	50,00	32,26	IV
52	265	225	40,00	15,09	
53	580	165	415,00	71,55	
54	170	30	140,00	82,35	
56	1034	155	879	85,01	
57	607	201	406	66,89	
58	1497	462	1035	69,14	
59	679	184	495	72,90	
61	211	142	69	32,70	
Valor máximo	1497,00	462,00	1035,00	86,61	
Valor mínimo	155,00	30,00	40,00	15,09	
Media	507,83	156,61	351,22	64,81	
Desviac. Est.	329,59	98,04	264,34	20,56	

Las semanas 45, 55, 60 se descartaron por ser valores negativos o poco representativos.

Anexo 3. DBO5 en mg/lit. Fosa Séptica Mejorada.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION		
1	54,00	28,00	26,00	48,15	F. A. L. G. II	
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		
12	120,00	70,00	50,00	41,67		
13	120,00	80,00	40,00	33,33		
14	105,00	60,00	45,00	42,86		
15	110,00	76,00	34,00	30,91		
16	195,00	160,00	35,00	17,95		
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		F. A. L. G. III
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		
29	60,00	31,00	29,00	48,33		
30	71,00	37,00	34,00	47,89		
31	816,00	350,00	466,00	57,11		
32	201,00	135,00	66,00	32,84		
33	186,00	120,00	66,00	35,48		
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	860,00	350,00	570,00	76,00		
Valor máximo	71,00	37,00	34,00	17,95		
Media	415,85	196,80	219,05	45,50		
Desviac. Est.	292,12	99,00	212,71	14,29		

Anexo 4. DBO5 en mg/lit. Fosa Séptica Mejorada.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
41	70	33	37	52,86	
42	250	125	125	50,00	
43	230	75	155	67,39	
44	60	33	27	45,00	
45	160	20	140	87,50	F.
46	150	30	120	80,00	A.
47	190	110	80	42,11	L.
48	310	120	190	61,29	G.
49	170	120	50	29,41	
50	280	130	150	53,57	IV
51	110	50	60	54,55	
53	250	140	110	44,00	
54	520	230	290	55,77	
56	85	70	15	17,65	
Valor máximo	520,00	230,00	290,00	87,50	
Valor mínimo	60,00	20,00	15,00	17,65	
Media	202,50	91,86	110,64	52,93	
Desviac. Est.	120,78	58,38	74,36	18,15	

Las semanas 52 y 55 se descartaron por ser valores negativos poco representativos

Anexo 5. SS en mg/lit. 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 6. SS en mg/lt. Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
42	184	58	126,00	68,48	F. A. L. G. IV
43	194	112	82,00	42,27	
44	169	106	63,00	37,28	
45	233	79	154,00	66,09	
46	90	38	52,00	57,78	
47	123	37	86,00	69,92	
48	426	50	376,00	88,26	
49	137	39	98,00	71,53	
52	386	131	255,00	66,06	
55	111	59	52,00	46,85	
56	507	101	406,00	80,08	
57	368	159	209,00	56,79	
61	183	107	76,00	41,53	
Valor máximo	507,00	159,00	406,00	88,26	
Valor mínimo	90,00	37,00	52,00	37,28	
Media	239,31	82,77	156,54	60,99	
Desviac. Est.	135,59	39,51	120,70	15,62	

Las semanas 50, 51, 53, 54, 58, 59y 60 se descartan por ser valores poco representativos.

Anexo 7. Sólidos. Totales. en mg/lit. Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
1	370,00	266,00	104,00	28,11	
2	752,00	485,00	267,00	35,51	
3	514,00	429,00	85,00	16,54	
4	653,00	440,00	213,00	32,62	
5	262,00	245,00	17,00	6,49	
6	309,00	277,00	32,00	10,36	
7	267,00	257,00	10,00	3,75	
8	580,00	290,00	290,00	50,00	F.
9	347,00	271,00	76,00	21,90	A.
10	662,00	424,00	238,00	35,95	L.
11	546,00	463,00	83,00	15,20	G.
12	831,00	553,00	278,00	33,45	
13	252,00	242,00	10,00	3,97	IV
14	832,00	340,00	492,00	59,13	
15	832,00	527,00	305,00	36,66	
15	1015,00	527,00	488,00	48,08	
16	1015,00	741,00	274,00	27,00	
17	632,00	484,00	148,00	23,42	
18	557,00	549,00	8,00	1,44	
Valor máximo	1015,00	741,00	492,00	59,13	
Valor mínimo	252,00	242,00	8,00	1,44	
Media	590,95	411,05	179,89	25,77	
Desviac. Est.	246,65	139,04	153,17	16,68	

Anexo 8. Sólidos Volátiles. en mg/lit. Fosa Séptica mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	% REMOCION	
1	155,00	100,00	55,00	35,48	F. A. L. G. IV
2	310,00	191,00	119,00	38,39	
3	316,00	263,00	53,00	16,77	
4	359,00	259,00	100,00	27,86	
6	137,00	111,00	26,00	18,98	
7	89,00	75,00	14,00	15,73	
8	323,00	114,00	209,00	64,71	
9	146,00	77,00	69,00	47,26	
10	333,00	117,00	216,00	64,86	
11	238,00	146,00	92,00	38,66	
12	263,00	222,00	41,00	15,59	
13	131,00	88,00	43,00	32,82	
14	245,00	145,00	100,00	40,82	
15	388,00	233,00	155,00	39,95	
16	500,00	296,00	204,00	40,80	
17	495,00	296,00	199,00	40,20	
18	445,00	212,00	233,00	52,36	
19	322,00	294,00	28,00	8,70	
Valor máximo	500,00	296,00	233,00	64,86	
Valor mínimo	89,00	75,00	14,00	8,70	
Media	288,61	179,94	108,67	35,55	
Desviac. Est.	124,39	80,70	75,04	16,18	

Anexo 9. Comparación de Contenido de Cloro residual con % Remoción D.Q.O.Fases III y IV. Fosa séptica Mejorada

SEMANA	CLORO RESIDUAL		DQO		DIFERENCIA CLORO	DIFERENCIA	% REMOCION
	ENTRADA FOSA S. M.	SALIDA FOSA S. M.	ENTRADA FOSA S. M.	SALIDA 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
21	0,139	0,035	314	58	0,10	256,0	81,53
22	0,27	0,115	515	167	0,16	348,0	67,57
24	0,47	0,27	508	66	0,20	442,0	87,01
26	0,86	0,31	247	62	0,55	185,0	74,90
29	0,4	0,3	508	68	0,10	440,0	86,61
38	1,47	1,18	607	201	0,29	406,0	66,89
Valor máximo	1,83	1,25	1302,00	896,00	0,80	674,00	87,01
Valor mínimo	0,14	0,04	73,00	50,00	0,09	23,00	21,11
Media	1,19	0,86	671,33	323,28	0,32	348,06	54,63
Desviac. Est.	0,56	0,45	315,62	235,87	0,24	168,87	20,74

La semana 5 se descarto por presentar valor negativo.

Anexo 10. Comparación de Contenido de Cloro residual con % Remoción D.B.O.5 durante las Fases III y IV. Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	CLORO RESIDUAL		DBO5		DIFERENCIA CLORO	DIFERENCIA	% REMOCION
	ENTRADA FOSA S. M.	SALIDA FOSA S. M.	ENTRADA FOSA S. M.	SALIDA 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
21	0,139	0,035	70	33	0,10	37,0	52,86
26	0,86	0,31	60	33	0,55	27,0	45,00
29	0,4	0,3	150	30	0,10	120,0	80,00
38	1,47	1,18	250	140	0,29	110,0	44,00
Valor máximo	1,83	1,25	860,00	350,00	0,80	600,00	80,00
Valor mínimo	0,14	0,04	46,00	20,00	0,09	26,00	28,26
Media	1,29	0,95	323,97	148,88	0,34	175,09	49,82
Desviac. Est.	0,51	0,40	270,46	106,28	0,25	185,02	14,89

Anexo 11. Nitritos (mg/lit de NO2) . Fosa Séptica Mejorada

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 12 Nitritos (mg/lit de NO₂) . Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
42	0,139	0,035	0,104	
43	0,27	0,115	0,155	
44	0,192	0,092	0,100	
45	0,201	0,085	0,116	
46	0,078	0,039	0,039	
47	0,139	0,037	0,102	
48	0,151	0,057	0,094	F.
49	0,215	0,045	0,170	A.
50	0,161	0,041	0,120	L.
51	0,385	0,081	0,304	G.
52	0,162	0,127	0,035	
53	0,189	0,125	0,064	IV
54	0,134	0,114	0,020	
55	0,051	0,065	-0,014	
56	0,086	0,15	-0,064	
57	0,334	0,097	0,237	
58	0,243	0,138	0,105	
59	0,336	0,214	0,122	
60	0,305	0,207	0,098	
61	0,15	0,133	0,017	
62	0,081	0,086	-0,005	
Valor máximo	0,385	0,214	0,304	
Valor mínimo	0,051	0,035	-0,064	
Media	0,191	0,099	0,091	
Desviac. Est.	0,092	0,052	0,084	

Anexo 13. Nitratos (mg/lit de NO3). Fosa Séptica Mejorada.

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	
17	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	
24	33,00	33,00	0,00	
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	
36	33,00	33,00	0,00	
37	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 14. Nitratos (mg/lt de NO₃). Fosa Séptica Mejorada.

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
42	14,5	4,7	9,8	
43	33	26,2	6,8	
44	25,1	20,1	5	
45	33	15,8	17,2	
47	15,1	5,9	9,2	
48	24	7,1	16,9	
49	33	6,6	26,4	F.
50	31,6	7,6	24	A.
51	33	16,5	16,5	L.
52	27,3	13,8	13,5	G.
53	20,6	30,8	-10,2	
54	28,8	29,5	-0,7	IV
55	5,5	11,4	-5,9	
56	5,4	8,3	-2,9	
57	33	23,8	9,2	
58	33	31,6	1,4	
59	33	33	0	
60	66	62,2	3,8	
61	18,2	26,2	-8	
62	9,1	16,1	-7	
Valor máximo	66,00	62,20	26,40	
Valor mínimo	5,40	4,70	-10,20	
Media	26,11	19,86	6,25	
Desviac. Est.	13,49	13,78	10,62	

Anexo 15. Alcalinidad (mg/lit de CaCO3) . Fosa Séptica Mejorada			
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
9	196,8	171,2	25,60
10	33,6	18,4	15,20
11	246	240	6,00
12	27	25	2,00
13	102	188	-86,00
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
29	174,5	56,1	118,40
30	205,33	66	139,33
31	259,6	332	-72,40
32	210	200	10,00
33	97,7	72	25,70
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 16. Alcalinidad (mg/lit de CaCO3) . Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
42	135,2	101,2	34	
43	257,6	103,6	154	
44	79,2	56,8	22,4	
45	172,8	132,4	40,4	
47	49,6	64	-14,4	
48	41,6	26,8	14,8	
49	69,2	63,6	5,6	
50	35,6	33,6	2	F.
51	148	80,8	67,2	A.
52	58	85,2	-27,2	L.
53	54,4	44	10,4	G.
54	82,4	50	32,4	
55	56,4	45,6	10,8	IV
56	57,6	60,4	-2,8	
57	92,8	11,32	81,48	
58	100,4	59,2	41,2	
59	153,2	114,8	38,4	
60	79,2	73,6	5,6	
61	85,6	88,4	-2,8	
62	77,6	72,4	5,2	
Valor máximo	257,60	132,40	154,00	
Valor mínimo	35,60	11,32	-27,20	
Media	94,32	68,39	25,93	
Desviac. Est.	54,48	30,28	40,02	

Anexo 17. Dureza (mg/lit de CaCO3). Fosa Séptica Mejorada			
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
9	101,60	98,40	3,20
10	122,40	103,20	19,20
11	79,20	89,60	-10,40
12	154,00	120,00	34,00
13	86,00	70,00	16,00
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
30	86,00	60,80	25,20
31	110,80	109,60	1,20
32	122,40	106,00	16,40
33	65,00	68,80	-3,80
34	72,00	76,00	-4,00
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 18. Dureza (mg/lit de CaCO₃). Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
42	68,4	84,8	-16,4	
43	97,6	100,8	-3,2	
44	115,6	87,2	28,4	
45	93,6	100,4	-6,8	
47	74,4	76,4	-2	
48	66	71,2	-5,2	
49	101,6	76	25,6	F.
50	56	62,8	-6,8	A.
51	145,2	88	57,2	L.
52	62	95,2	-33,2	G.
53	75,2	97,8	-22,6	
54	78	104,8	-26,8	IV
55	78,8	78	0,8	
56	64,4	65,2	-0,8	
58	59,6	86,4	-26,8	
59	93,6	88,8	4,8	
60	77,6	90,8	-13,2	
61	88,4	89,6	-1,2	
62	84	67,6	16,4	
Valor máximo	145,20	104,80	57,20	
Valor mínimo	56,00	62,80	-33,20	
Media	83,16	84,83	-1,67	
Desviac. Est.	21,75	12,50	21,86	

Anexo 19. Potencial de Hidrogeno (Ph). Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
1	7,47	7,26	0,21	F. A. L. G. II
3	7,92	7,80	0,12	
6	8,05	7,59	0,46	
7	7,48	7,36	0,12	
9	8,10	7,88	0,22	
10	7,83	7,25	0,58	
13	7,81	7,47	0,34	
14	7,79	7,50	0,29	
15	8,12	7,20	0,92	
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	F. A. L. G. III
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	
29	7,33	7,10	0,23	
30	7,21	7,10	0,11	
31	8,05	7,60	0,45	
33	8,04	7,10	0,94	
34	7,81	7,50	0,31	
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 20. Potencial de Hidrogeno (Ph). Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
40	9,13	8,68	0,45	
41	9,1	8,54	0,56	
42	7,91	8,65	-0,74	
43	8,62	8,38	0,24	
45	8,11	8,06	0,05	
46	8,55	8,1	0,45	
47	8,04	8,04	0,25	F.
48	8,33	8,34	-0,01	A.
49	9,02	8,68	0,34	L.
50	8,72	8,6	0,12	G.
51	8,62	8,56	0,06	
52	9,36	8,77	0,59	
53	8,57	8,72	-0,15	IV
54	7,91	8,43	-0,52	
55	9,16	8,63	0,53	
56	8,91	8,57	0,34	
57	9,45	8,95	0,5	
58	9,32	9,14	0,18	
59	7,83	8,27	-0,44	
60	8,36	8,61	-0,25	
Valor máximo	9,45	9,14	0,59	
Valor mínimo	7,83	8,04	-0,74	
Media	8,65	8,54	0,13	
Desviac. Est.	0,52	0,28	0,38	

Anexo 21. Oxígeno Disuelto (mg/l de O₂). Fosa Séptica Mejorada

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 22. Oxígeno Disuelto (mg/lit de O₂). Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
42	0,5	0,1	0,4	F.
45	0,4	0,3	0,1	A.
50	0,5	0,44	0,06	L.
53	0,29	0,08	0,21	G.
54	0,64	0,65	-0,01	IV
Valor máximo	0,64	0,65	0,40	
Valor mínimo	0,29	0,08	-0,01	
Media	0,47	0,31	0,15	
Desviac. Est.	0,13	0,24	0,16	

Anexo 23. Temperatura (°C). Fosa Séptica Mejorada				
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 24. Variación DQO-DBO5 .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	0,98	III
19	957,00	241,00	0,25	
20	1062,00	420,00	0,40	
23	685,00	285,00	0,42	
24	821,00	490,00	0,60	
25	522,00	98,00	0,19	
26	208,00	88,00	0,42	F.
27	95,92	54,00	0,56	A.
28	63,00	108,00	1,71	L.
29	312,00	60,00	0,19	G.
30	73,00	71,00	0,97	
31	812,00	816,00	1,00	III
32	897,00	201,00	0,22	
33	698,00	186,00	0,27	
34	745,00	493,00	0,66	
35	1037,00	230,00	0,22	
36	820,00	460,00	0,56	
37	1160,00	860,00	0,74	
38	440,00	250,00	0,57	
40	1302,00	750,00	0,58	
41	314	70,00	0,22	
42	515	250,00	0,49	
43	603	230	0,38	
44	508	20	0,04	
45	247	60	0,24	F.
46	370	170	0,46	A.
47	508	150	0,30	L.
48	384	190	0,49	G.
49	579	310	0,54	
50	265	170	0,64	IV
51	580	280	0,48	
52	170	110	0,65	
53	71	10	0,14	
54	607	250	0,41	
55	1497	520	0,35	
56	235,00	60,00	0,26	

Anexo 25. Variación DQO-DBO5 .Salida Fosa Séptica Mejorada.

SEMANA	DQO	DBO5	DBO/DQO	
3	97,00	80,00	0,82	
8	165,00	105,00	0,64	F.
13	200,00	80,00	0,40	A.
14	130,00	60,00	0,46	L.
15	122,00	75,00	0,61	G.
16	154,00	150,00	0,97	
19	165,00	155,00	0,94	III
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	F.
27	66,00	27,00	0,41	A.
28	44,00	56,00	1,27	L.
29	124,00	31,00	0,25	G.
30	50,00	37,00	0,74	
31	464,00	351,00	0,76	III
32	314,00	135,00	0,43	
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	
41	58,00	33,00	0,57	
42	167	125,00	0,75	
44	213	75	0,35	F.
46	66	21	0,32	A.
46	62	33	0,53	L.
47	162	20	0,12	G.
48	68	30	0,44	
49	67	110	1,64	IV
50	126	120	0,95	
51	225	120	0,53	
52	165	130	0,79	
53	30	50	1,67	
54	77	20	0,26	
55	201	140	0,70	
56	462	230	0,50	
57	240	95	0,40	

Anexo 26. Temperatura (°C). Fosa Séptica Mejorada

SEMANA	ENTRADA	SALIDA	DIFERENCIA	
42	15,4	14,6	0,8	
43	17,6	15,5	2,1	
44	15,8	16	-0,2	
45	18	16,5	1,5	
46	15	14	1	
47	16	15,5	0,5	F:
48	16,8	15,9	0,9	A.
49	17	15	2	L.
50	17	15	2	G.
51	17	15,8	1,2	
52	17	17	0	IV
53	16,9	16,4	0,5	
54	16	16,2	-0,2	
55	13,5	13,5	0	
56	15,1	15	0,1	
57	15,9	15,3	0,6	
Valor máximo	18,00	17,00	2,10	
Valor mínimo	13,50	13,50	-0,20	
Media	16,25	15,45	0,80	
Desviac. Est.	1,14	0,93	0,79	

Anexo 27. Coliformes Totales. Fosa Séptica Mejorada

SEMANA		
1	1 * 1000 spreader	F.
5	1 * 1000 spreader	A.
9	460 * 1000	L.
15	14 * 1000	G.
19	14 * 1000	
20	1 * 1000 spreader	IV