

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GRISES
MEDIANTE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA SU UTILIZACIÓN COMO
AGUA DE REGADÍO DE UNA UNIDAD PRODUCTIVA AGRÍCOLA EN LA
CIUDAD DE IBARRA”.**

Realizado por:

Ing. ROBERTO DANIEL ROCHA CADENA.

Director del proyecto:

Dr. CARLOS ORDOÑEZ MSc.

Como requisito para la obtención del título de:


MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Julio de 2015

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ROBERTO DANIEL ROCHA CADENA, con cedula de identidad # 100287568-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Roberto Daniel Rocha Cadena

C.C.: 100287568-8

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GRISES
MEDIANTE UN SISTEMA DE TRATAMIENTOS PARA SU UTILIZACIÓN COMO
AGUA DE REGADÍO DE UNA UNIDAD PRODUCTIVA AGRÍCOLA EN LA
CIUDAD DE IBARRA”.**

Realizado por:

Ing. ROBERTO DANIEL ROCHA CADENA.

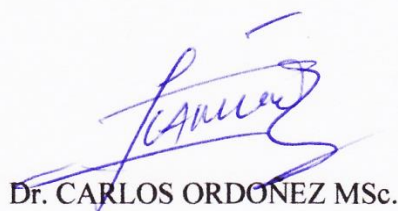
como Requisito para la Obtención del Título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

ha sido dirigido por el Profesor

Dr. CARLOS ORDOÑEZ MSc.

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Dr. CARLOS ORDONEZ MSc.

DIRECTOR

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Dr. MIGUEL MARTÍNEZ – FRESNEDA MESTRE

Ing. ALONSO MORETA

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador

Dr. Miguel Martínez – Fresneda Mestre

Ing. Alonso Moreta

Julio de 2015

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo y de manera especial a mi madre por su amor incondicional, su entrega y devoción.

A mi hermano por su cariño y amistad.

A todas las persona que de una u otra manera me han ayudado a culminar una etapa importante en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

A la fuerza invisible y llena de amor, Dios, quien ha sido el pilar fundamental de mi superación; pues ha sido él quien me ha dado las fuerzas en tiempos de tormenta.

Al esfuerzo de mis padres, el cual me ha permitido seguir creciendo y formarme como un mejor profesional.

A los profesores de la Universidad Internacional SEK, quienes con su vocación de educadores han sabido transmitir sus conocimientos con paciencia y entrega.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

a	Ancho.
As	Área superficial.
cm	Centímetros.
cm/h	Centímetros por hora.
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno.
DQO	Demanda química de oxígeno.
gr	Gramos.
h	Hora.
H	Altura.
g/hab.d	Gramos por habitante por día.
Km³	Kilómetros cúbicos.
L	Litros.
Lg	Largo.
L/h	Litros por hora.
L/s	Litros por segundo.
L/hab-día	Litros por habitante por día.
m	Metros.
mm	Milímetros.
mL	Mililitros.
mg/L	Miligramos por litro.
m²	Metros cuadrados.
m²/hab	Metros cuadrados por habitante.
m²/hab-eq	Metros cuadrados por habitante equivalente.
m³/día	Metros cúbicos por día.
org/hab.d	Microorganismos por habitante por día.
pH	Potencial hidrogeno.
Pulg	Pulgada.
Q	Caudal.
SST	Sólidos suspendidos totales.

T	Tiempo.
Trh	Tiempo de retención hidráulica.
V	Volumen.
μS/cm	Micro Siemens por centímetro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO I.....	3
INTRODUCCION.....	3
1.1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1.1.1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	5
1.1.1.2 PRONÓSTICO.	5
1.1.1.3 CONTROL DE PRONÓSTICO.	6
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.1.4 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.1.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1.1.6 JUSTIFICACIONES.....	7
CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 AGUA RESIDUAL.....	9
2.1.1 CALIDAD DE UN AGUA RESIDUAL.....	9
2.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES.....	9
2.2.1 AGUAS RESIDUALES AGROPECUARIAS.....	10
2.2.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	10

2.2.3	AGUAS RESIDUALES URBANAS.....	11
2.2.3.1	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	13
2.2.3.1.1	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS NEGRAS.	16
2.2.3.1.2	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GRISES.....	16
2.3	PROCESOS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.....	16
2.3.1	PROCESOS FÍSICOS.....	16
2.3.2	PROCESOS QUÍMICOS.....	17
2.3.3	PROCESOS BIOLÓGICOS.	17
2.3.4	PROCESOS MIXTOS.	17
2.4	TIPOS DE PLANTAS DEPURADORAS.....	19
2.4.1	PLANTAS DEPURADORAS TRADICIONALES.	19
2.4.1.1	TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRETRATAMIENTO.	20
2.4.1.2	TRATAMIENTO PRIMARIO.	20
2.4.1.3	TRATAMIENTO SECUNDARIO.....	20
2.4.1.4	TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO.....	20
2.4.2	PLANTAS DEPURADORAS PEQUEÑAS.	22
2.4.2.1	LAGUNAJE O LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.	23
2.4.2.1.1	LAGUNAS AEROBIAS O DE MADURACIÓN.	23
2.4.2.1.2	LAGUNAS ANAEROBIAS.	24
2.4.2.1.3	LAGUNAS FACULTATIVAS.....	24
2.4.2.1.4	LAGUNAS AIREADAS.....	25
2.4.2.2	HUMEDALES.....	26
2.4.2.3	FILTROS VERDES.....	27
2.4.2.4	LECHOS DE TURBA.	28

2.4.2.5	FILTROS DE ARENA.	30
2.4.2.6	FOSA SÉPTICA.	30
2.4.2.7	TANQUES IMHOFF.	31
2.4.3	PLANTAS DEPURADORAS VEGETALES.	33
2.4.3.1	LAS LAGUNAS DE MACROFITAS.	33
2.4.3.2	LOS LECHOS DE MACROFITAS O FILTROS VEGETALES.	34
2.4.3.2.1	LOS SISTEMAS DE CIRCULACIÓN HORIZONTAL.	35
2.4.3.2.2	LOS SISTEMAS DE CIRCULACIÓN VERTICAL.	36
2.5	REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.	36
2.6	CALIDAD DE UN AGUA PARA RIEGO.	38
2.6.1	NORMATIVA ECUATORIANA.	39
2.7	ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA.	41
2.8	ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEORICA.	42
2.9	MARCO CONCEPTUAL.	42
2.9.1	AFLUENTE.	42
2.9.2	DBO.	42
2.9.3	DQO.	43
2.9.4	EFLUENTE.	43
2.10	HIPÓTESIS.	43
2.11	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES.	43
2.11.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.	43
2.11.2	VARIABLE DEPENDIENTE.	44
CAPITULO III.		45
MÉTODO.		45

3.1	NIVEL DE ESTUDIO.	45
3.1.1	EXPLORATORIO.	45
3.2	MODALIDAD DE INVESTIGACION.	46
3.2.1	DE CAMPO.	46
3.2.2	DOCUMENTAL.	46
3.3	MÉTODO.	47
3.3.1	MÉTODO EXPERIMENTAL.	47
3.3.2	MÉTODO DE ANÁLISIS.	47
3.3.3	MÉTODO DESCRIPTIVO.	47
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.	48
3.5	SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION.	48
3.5.1	ANÁLISIS DE DOCUMENTOS.	48
3.5.2	MEDICIÓN.	48
3.5.3	EXPERIMENTACIÓN.	48
3.6	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.	48
3.6.1	EXPLORACIONES, MUESTREO Y ANÁLISIS.	48
3.6.1.1	EXPLORACIONES.	49
3.6.1.2	MUESTREO.	49
3.6.1.3	ANÁLISIS.	49
3.7	PROCESAMIENTO DE DATOS.	50
	CAPITULO IV.	51
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	51
4.1	LEVANTAMIENTO DE DATOS.	51
4.1.1	DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.	51

4.1.2	MEDICIÓN DEL VOLUMEN, pH Y TEMPERATURA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GRISES.....	51
4.1.3	MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA GRIS.....	52
4.2	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	52
4.2.1	DATOS DEL VOLUMEN, pH Y TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA GRIS.....	52
4.2.2	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA GRIS.....	55
4.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS GRISES.....	57
4.3.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS DOMÉSTICAS GRISES.....	57
4.3.2	DISEÑO DE LA TRAMPA DE GRASA.....	57
4.3.2.1	PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA TRAMPA DE GRASA.....	58
4.3.2.2	CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA TRAMPA DE GRASA..	59
4.3.3	DISEÑO DEL FILTRO VERDE.....	63
4.3.3.1	CALCULO DEL ÁREA REQUERIDA PARA EL FILTRO VERDE.....	66
4.3.4	DIAGRAMA DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.....	68
CAPITULO V.....		70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		70
5.1	CONCLUSIONES.....	70
5.2	RECOMENDACIONES.....	71
CAPITULO VI.....		72
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....		72
ANEXOS.....		77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes principales de diferentes tipos de industrias.....	10
Tabla 2. Valores medios de parámetros de calidad de agua para aguas urbanas de carga alta, media y baja.	11
Tabla 3. Nutrientes contenidos en algunas aguas residuales urbanas crudas.	13
Tabla 4. Características físico químicas de las aguas residuales domésticas brutas.	14
Tabla 5. Microorganismos y parásitos presentes en las aguas residuales domésticas brutas...	15
Tabla 6. Tratamientos de aguas residuales según el proceso.	18
Tabla 7. Niveles del tratamiento de las aguas residuales.	21
Tabla 8. Factores que influyen sobre la depuración por lagunaje.	25
Tabla 9. Opciones típicas de reutilización y vertimiento de aguas residuales para sistemas pequeños y descentralizados.	37
Tabla 10. Parámetros de la calidad de un agua de riego.	39
Tabla 11. Parámetros de calidad para un agua de riego, TULAS.	39
Tabla 12. Parámetros analizados por el laboratorio.	49
Tabla 13. Datos del volumen, pH y temperatura del agua residual doméstica gris.	53
Tabla 14. Comparación de los parámetros analizados con la normativa ambiental (TULAS).55	
Tabla 15. Tiempos de retención hidráulicos.	59
Tabla 16. Dimensiones de la trampa de grasa.	62
Tabla 17. Eficiencia de una trampa de grasa.	62
Tabla 18. Concentraciones finales de aceites y grasa, DBO, DQO y SST del agua residual doméstica gris después de realizar el tratamiento con la trampa de grasa.	63
Tabla 19. Características principales de un filtro verde.	63
Tabla 20. Clases de suelos según su textura.	64
Tabla 21. Resultados del análisis del suelo de la zona agrícola.	65
Tabla 22. Porcentaje de remoción de contaminantes de un filtro verde.	67
Tabla 23. Concentraciones finales de los contaminantes presentes en el agua residual doméstica gris luego de ser tratado con el filtro verde.	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de tratamiento en una planta depuradora tradicional.	19
Figura 2. Procesos en una laguna facultativa.	24
Figura 3. Esquema (a) sistemas de humedales y plantas acuáticas flotantes y (b) de flujo subsuperficial.	26
Figura 4. Filtro verde (Proceso de tasa lenta o irrigación).	28
Figura 5. Esquema de un lecho de turba.	29
Figura 6. (a) Esquema de una fosa séptica de dos cámaras y (b) esquema de los procesos de decantación digestión de una fosa séptica.	31
Figura 7. Esquema simplificado de un tanque de decantación-digestión, tipo IMHOFF.	32
Figura 8. Laguna de macrofitas.	34
Figura 9. Filtro vegetal de circulación horizontal.	35
Figura 10. Filtro vegetal de circulación vertical.	36
Figura 11. Volumen diario producido de agua residual doméstica gris.	54
Figura 12. Temperatura diaria del agua residual doméstica gris.	54
Figura 13. pH diario del agua residual doméstica gris.	55
Figura 14. Clasificación de los suelos según su textura.	66

ANEXOS

Anexo A. Extensión de la propiedad.....	78
Anexo B. Áreas agrícolas presentes en la vivienda.	79
Anexo C. Fotografía del sistema de recolección de las aguas residuales domésticas grises. ..	80
Anexo D. Fotografía de la recolección de la muestra de agua residual doméstica gris.	80
Anexo E. Cotización del Laboratorio Centro de Servicios Ambientales y Químicos CESAQ-PUCE.....	81
Anexo F. Resultados del análisis realizado en el laboratorio.....	82
Anexo G. Diseño del sistema de tuberías.....	84
Anexo H. Diseño de la trampa de grasas.	85
Anexo I. Resultados del análisis del suelo de la zona agrícola.	86
Anexo J. Diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises.	88
Anexo K. Detalle del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises.	89
Anexo L. Costo del sistema de tratamiento del agua residual doméstica.	90

RESUMEN.

La investigación se realizó para diseñar un sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas grises, que permita la utilización del efluente tratado, en el regadío de las zonas agrícolas pertenecientes a la vivienda.

El agua residual doméstica gris proviene de los efluentes producidos por los dos baños (lavamanos y ducha) y la lavadora de la casa, los cuales eran recogidos por medio de una red de tuberías que conducían el agua residual hacia un tanque de 250 L donde se midió el pH, temperatura y volumen generado durante todo el mes de Mayo, teniendo así una idea del volumen diario a tratar.

Luego se realizó la caracterización del agua residual doméstica gris en un laboratorio para el análisis de los parámetros seleccionados y de esta forma tener una idea de los tratamientos necesarios para depurar el efluente con miras al uso en el regadío de las zonas agrícolas.

Una vez obtenido los resultados de laboratorio y revisado la documentación respectiva de los diferentes tipos de tratamiento existentes se llegó a la conclusión que el mejor sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas grises con miras al aprovechamiento en el regadío de las zonas agrícolas es el conformado por un tratamiento preliminar realizado por una trampa de grasa y un tratamiento avanzado realizado por un filtro verde.

El diseño del sistema de tratamiento del agua residual doméstica gris contempla el diseño de la red de tuberías para recoger el agua residual doméstica gris, el diseño de la trampa de grasa para la depuración de grasas y aceites y finalmente el diseño del filtro verde para la depuración del DBO, DQO y SST.

Palabras clave: agua residual doméstica gris, agua de regadío, trampa de grasa, filtro verde.

ABSTRACT.

This research was done to design a treatment process for residual water wastage discharged used at homes that allows the use of treated effluent water at the agricultural irrigated areas that are part of certain vicinity.

First, residual water wastage comes from the effluents produced by both shower and sink water and by the laundry machine at homes. Such outflow was picked up through a pipeline network that lead residual water toward a 250L tank where the pH, temperature and volume were measured. Once the quantity of waste generated during the month of May was calculated; the volume to be treated was established.

Second, a residual water waste description was made to analyze selected parameters so that we will know which treatments are necessary and appropriate to purify the drainage, keeping in mind the use of irrigation in the agricultural areas.

Once the lab results are seen and documentation regarding the different types of treatment that exist are checked, it was concluded that the best draining water waste treatment system aims to the exploitation of irrigation at the agricultural areas and it is constructed through a preliminary treatment made out of a grease trap and by an ecological (green) filter.

Review: The design of a residual sewage waste is intended for the use of the network of pipelines to gather up the waste, the design of the grease trap is helpful to the purifying of grease and oil, and finally the design of an ecological filter is utilized for the DBO, DQ0 and SST purification.

Keywords: gray domestic wastewater, irrigation water, grease trap, ecological filter.

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

El volumen total de agua en el mundo es de $1,386 \times 10^9 \text{ Km}^3$, siendo el 2,5% de este volumen agua dulce, y de este volumen casi el 70% se encuentra en forma de glaciares y hielo; además el agua dulce superficial disponible es relativamente baja en comparación con las aguas subterráneas que necesitan periodos de renovación de más de 1000 años. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

Mundialmente se consumen 3.800 Km^3 de agua al año produciendo 1.700 Km^3 de aguas residuales provenientes de descargas domésticas e industriales, esta agua residual que es devuelta al sistema de agua local quizá no esté disponible para una reutilización, mucho menos si esta ha sido contaminada y tratada antes de su descarga. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

En el presente plan se realizara un estudio del agua residual doméstica gris proveniente de las descargas de una vivienda en la ciudad de Ibarra, para proponer el diseño de un sistema de tratamiento que ayude a la reutilización del agua como regadío en la zona agrícola que posee dicha vivienda.

Para realizar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales se procederá a identificar las características del agua residual no tratada, se identificarán los objetivos del tratamiento, se determinará el proceso de tratamiento con las unidades de operación necesarias y finalmente se incorporarán conceptos de ingeniería verde para la reutilización del agua, en este caso para regadío. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

La disponibilidad del recurso agua no es la misma en los lugares donde se contaba con abundante cantidad de este recurso debido al crecimiento poblacional, los cambios de demográficos y la escasez, un situación cada vez más común, debido a esto en el manejo del

recurso agua se deben tomar decisiones encaminadas al reuso de este recurso. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

El interés por reutilizar el agua residual es cada vez mayor en las comunidades y organizaciones que investigan su potencial, existiendo diferentes aplicaciones que dependen de las condiciones locales (Corbitt, 2003). Al realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas grises se contara con una fuente alternativa de agua para regar las plantas en el área agrícola de la zona de estudio contribuyendo a un mejor manejo del recurso agua mediante su reuso.

1.1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El consumo de agua a nivel mundial es de 8,5% para uso municipal, 24,7 % para uso de la industria y el 62,6% para la agricultura; siendo un recurso limitado en todos los países y en muchos un recurso escaso. (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004)

Las aguas naturales son contaminadas fundamentalmente por las descargas de aguas residuales producidas en las diferentes actividades humanas, convirtiéndose en una amenaza para la vida de los seres vivos y el medio ambiente en donde ocurre la descarga debido a la alteración que ocasionan en el medio natural provocada por las características, cantidad y composición del agua residual (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011). La Organización Panamericana de la Salud afirma que en 1998 solo el 6 % de las aguas residuales domésticas colectadas en América Latina recibían un tratamiento adecuado para la descarga en ríos y mares. (Veliz, Llanes, Asela, & Bataller, 2009)

Además, los problemas de la disponibilidad del agua para los diferentes usos han ido en aumento debido a la escasez del agua (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011); como ejemplo se tiene que en el mundo existen 2 mil millones de personas padecen una severa escasez de agua, una situación que se verá más crítica debido al continuo aumento de la población (Mihelcic & Zimmerman, 2012).

Como se ha indicado la mayor cantidad del consumo de agua a nivel mundial es el realizado en el sector agrícola, el resto está destinado para consumo municipal e industrial, siendo estos dos últimos consumos los que más contaminan por las descargas de agua residuales que se vierten en los cuerpos de agua naturales; provocando que los recursos de agua con los

que cuenta una determinada zona para ser utilizados en actividades básicas (alimentación, bebida, aseo, etc.) disminuyan, aumentando así la problemática sobre la escasez del agua.

La reutilización de las aguas residuales no es un descubrimiento nuevo, ya que en Jerusalén hace 1.000 años A.C., las aguas residuales eran conducidas hacia un estanque de sedimentación para luego ser utilizadas como aguas de riego (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004).

Las aguas residuales son utilizadas como aguas de riego luego de un proceso de tratamiento, con esto se puede reducir la cantidad de consumo de agua destinada para regadío y utilizar esa agua para actividades más importantes de consumo.

De no proponer y diseñar sistemas de tratamiento que permitan recuperar las aguas residuales para ser reutilizadas en actividades como el riego, cada vez más irán aumentando los problemas provocados por la escases del agua, en donde las limitaciones por la cantidad de este recurso no permitan realizar las más mínimas actividades básicas para el desarrollo de la vida.

1.1.1.1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.

Como la historia lo ha indicado, desde que el hombre decidió que la actividad agraria se convertiría en un pilar fundamental para el desarrollo de su vida, “las necesidades de agua para riego han ido aumentando hasta la actualidad” (Seoáñez, 2005, pág. 58).

El problema consiste en que la vivienda (zona de estudio) ubicada en la ciudad de Ibarra posee una considerable zona agrícola que requiere de un importante consumo de agua para el mantenimiento de dicha zona, lo que incurre en gastos innecesarios de agua potable y el consiguiente costo económico del mismo, debido a que no cuenta con otra fuente de abastecimiento de agua como ríos, lagos, pozos, etc.

Existe un significativo consumo de agua potable para regadío en las zonas donde no se cuenta con otras fuentes alternativas de agua; es por esta razón que se mal utiliza el agua potable que está destinada para los servicios fundamentales como la preparación de los alimentos, el aseo personal diario, etc.

1.1.1.2 PRONÓSTICO.

El uso y aprovechamiento inteligente y racional de los recursos renovables permite alejarse del derroche y la dilapidación de estos bienes, el agua es un recurso que debe ser

aprovechado racionalmente, más aun cuando en los próximos años el agua potable se convertirá en un factor limitante de la vida en muchos lugares del planeta Tierra. (Seoáñez, 2005)

Al no contar con el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas grises para el reuso en regadío, no se podrá utilizar racionalmente e inteligentemente el agua, y se caerá en el despilfarro y dilapidación de este recurso, además se limitara el desarrollo agrícola en áreas (como en la zona de estudio) en donde no se cuente con aguas naturales para riego.

1.1.1.3 CONTROL DE PRONÓSTICO.

El agua limpia es un bien escaso que es necesario reutilizar, y que visto desde un enfoque sustentable y económico fundamental se debe de “considerar al agua residual como un materia prima que se debe de conservar” (Davis & Masten, 2005, pág. 392).

Al realizar un estudio para desarrollar un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas grises se fomentara el ahorro y reuso del agua mediante la utilización del agua residual tratada, además se impulsará el desarrollo de las zonas agrícolas en lugares donde no se cuente con fuentes naturales para riego.

1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Se puede aprovechar el agua residual con un sistema de tratamiento de aguas residuales grises domésticas para su reutilización como agua de regadío?

1.1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuál es la característica física y química del agua residual doméstica gris?

¿Cuál es el diseño del sistema de tratamiento más adecuado para la depuración de las aguas residuales domésticas grises con la finalidad de reúso del agua para regadío?

¿Cuáles son las dimensiones de las unidades físicas y los planos que corresponden del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas grises?

1.1.4 OBJETIVO GENERAL.

Aprovechar el agua residual mediante un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas grises para su reutilización como agua de regadío.

1.1.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Caracterización física y química de las aguas residuales domésticas grises.

- Diseño de un sistema de tratamiento adecuado para la depuración de las aguas residuales domésticas grises, con la finalidad del reúso como agua de riego.
- Dimensionar las unidades físicas y elaborar los planos correspondientes del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises.

1.1.6 JUSTIFICACIONES.

El desarrollo y crecimiento poblacional de la especie humana ha requerido siempre de energía y agua, siendo cada vez más limitado el uso y disfrute del agua debido a las descargas de residuos líquidos en los cursos de agua y las zonas costeras cercanas a las áreas habitadas; como consecuencia el hombre se ha ideado diferentes sistemas de aprovechamiento y tratamiento de las aguas para la producción de energía y uso en aplicaciones agrarias. (Seoáñez, 2005)

Por otra parte la escasez del agua pide plantearse de una forma planificada la reutilización de las aguas residuales que han sido depuradas (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011), especialmente en determinadas zonas donde la problemática de la escasez es más evidente.

Una de las alternativas que tiene una ciudad cuando los recursos de agua le son escasos es actuar sobre el abastecimiento mediante la reutilización de las aguas residuales, en Monterrey (México) luego de cinco años de investigación se ha llegado a la conclusión de que es saludable y aceptable el riego con aguas residuales tratadas en cultivos empleados como alimentos. (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004)

La gestión racional de las aguas residuales busca el aprovechamiento de la energía acumulada durante su uso; esta energía en forma de materia orgánica lleva una cantidad de nutrientes importantes para el crecimiento de los vegetales destinados para consumo o producción de madera. (Seoáñez, 2005)

Como se ha visto la mayor fuente de contaminación de las aguas naturales es la provocada por la descarga de aguas residuales, con un aprovechamiento mediante el reúso de las aguas residuales, no solo se aprovecha la energía que se encuentra acumulada en el agua residual para el desarrollo de una zona agraria, sino que además, se reduce el volumen de descargas de aguas residuales que provocan la contaminación de las aguas naturales.

Finalmente, mediante el uso de las aguas residuales tratadas en el sector agrícola se reduciría el volumen de agua que se destina a este sector, recuperando de esta forma un volumen de agua que puede ser utilizada en usos que requieren una mejor calidad de agua, ayudando así a enfrentar al problema de escasez de agua.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO.

2.1 AGUA RESIDUAL.

El agua residual se define como la composición variada de líquidos y residuos sólidos procedentes de las actividades humanas de una población (Valencia, 2013), las cuales generalmente son vertidas en cursos o masas de agua continentales o marinas (Seoáñez, 2005).

2.1.1 CALIDAD DE UN AGUA RESIDUAL.

Las características de un agua residual vienen definidas por los constituyentes generales físicos, químicos, biológicos y bioquímicos (Crites & Tchobanoglous, 2000). La vigilancia de la calidad de un agua residual depende generalmente de diversos parámetros globales de contaminación, tales como el DBO, la materia en suspensión y la demanda química de oxígeno; siendo los parámetros de calidad del agua de más importancia los elementos y componentes químicos capaces de afectar el crecimiento de las plantas cuando se trata de utilizar el agua residual en riego (Asano, Smith, & Tchobanoglous, 1990).

2.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales se clasifican de acuerdo al uso al que fueron sometidas, pudiendo distinguirse tres categorías de aguas residuales, las cuales son:

- Aguas residuales agropecuarias.
- Aguas residuales industriales.
- Aguas residuales urbanas (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 194).

2.2.1 AGUAS RESIDUALES AGROPECUARIAS.

Estas aguas residuales son las que se originan de las actividades agrícolas y ganaderas, las cuales se caracterizan por contaminar con nitratos las aguas superficiales y subterráneas, debido al uso de fertilizantes químicos en los cultivos o por medio de la incorporación indirecta de residuos animales, pudiendo distinguirse dos tipos de aguas agropecuarias: las aguas residuales agrícolas y las aguas residuales ganaderas. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

2.2.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

Las aguas residuales industriales son las originadas de procesos de producción industriales, las procedentes de la generación e intercambio de calor y otros tipos de aguas derivadas de las instalaciones industriales; es por esta razón que la composición de estas aguas residuales es muy variada ya que dependen del tipo de industria y método de producción, siendo la composición más general la presencia de sustancias orgánicas sintéticas de carácter no biodegradable, diversos compuestos químicos, pH variado, sin presencia de virus y bacterias, materia en suspensión mayor a un agua residual urbana, carencia de nutrientes, temperatura elevada, elementos tóxicos orgánicos e inorgánicos, radioactividad, etc. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Tabla 1. Contaminantes principales de diferentes tipos de industrias.

Industria	Contaminantes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Acero	X	XX	XX	X	V	V	XX	XX	-	-	V	X
Alimentación	XX	X	XX	XX	XX	XX	V	-	V	-	-	V
Automóvil	-	-	XX	XX	XX	XX	XX	X	-	XX	-	X
Coque y gas	X	X	XX	XX	XX	XX	XX	-	-	-	XX	XX
Curtidos	X	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	V	-	-	X
Granja ganado	-	-	XX	XX	-	-	-	-	-	-	-	X
Minería	V	V	XX	XX	XX	XX	V	XX	-	-	V	XX
Papel	XX	X	X	X	XX	XX	-	V	X	-	XX	X

Petróleo	-	X	X	X	XX	XX	XX	V	X	-	X	X
Textil	XX	X	X	-	-	-	X	-	X	X	-	X

- | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Color. | 7. Aceites y grasas. | XX: Gran importancia. |
| 2. Calor. | 8. Metales pesados. | X: Importancia media. |
| 3. Sólidos en suspensión. | 9. Tóxicos orgánicos. | - : Sin importancia. |
| 4. Ácidos o bases. | 10. Detergentes. | V: Variable en la industria |
| 5. DQO. | 11. Fenoles. | (Puede contribuir). |
| 6. DBO. | 12. Salinidad. | |

Fuente: (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 198)

2.2.3 AGUAS RESIDUALES URBANAS.

Las aguas residuales urbanas se componen generalmente de aguas residuales domésticas, aguas de escorrentía superficial y de drenajes de un municipio, además se pueden incluir en los mismos colectores y formar parte de las aguas residuales urbanas los efluentes industriales y agrarios procedentes de la misma aglomeración urbana (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011).

Tabla 2. Valores medios de parámetros de calidad de agua para aguas urbanas de carga alta, media y baja.

Parámetro	Contaminación alta	Contaminación media	Contaminación baja
Sólidos totales	1.000-1.200	500-700	200-300
Volátiles	600-700	200-400	120-170
Fijos	300-600	150-300	80-130
Sólidos en suspensión	350-500	200-300	100
Volátiles	275-400	150-250	≅ 70
Fijos	75-100	≅ 50	≅ 30
Sólidos sedimentables	≅ 250	≅ 180	≅ 40
Volátiles	≅ 100	≅ 70	≅ 15
Fijos	≅ 150	≅ 110	≅ 25
Sólidos disueltos	500-850	200-500	100-200

Volátiles	300-325	100-200	50-100
Fijos	200-525	100-300	50-100
D.B.O.	300	200	100
D.Q.O.	800-1.000	450-500	160-250
Oxígeno disuelto	0	0,1	0,2
Aceites y grasas	150	100	50
Nitrógeno total	85-90	40-50	20-25
Nitrógeno amoniacal N-NH ₄ ⁺	50	25-30	12-15
Nitrógeno Orgánico	35	15-20	8-10
Nitritos N-NO ₂	0,05-0,10	0-0,05	0
Nitratos N-NO ₃	0,40	0,20	0,10
Fósforo total (P)	17-20	7-10	2-6
P-Orgánico	5	3	2
P-Inorgánico	15	7	4
Cloruros	100-175	50-100	15-30
Alcalinidad (CaCO ₃)	200	100	50
pH	6,9-7,5	6,9-7,5	6,9-7,5
Coliformes totales/100ml	> 10 ⁹	10 ⁸ -10 ⁹	< 10 ⁸
Los valores se expresan en mg/L, salvo en el caso de microorganismos y pH.			

Fuente: (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 197), adaptado.

Debido al uso en diferentes actividades las aguas residuales urbanas han adquirido una serie de nutrientes de potencial aprovechamiento para las plantas vegetales, a continuación se detallan las cantidades de los nutrientes presentes en las aguas residuales urbanas. (Seoánez, 2005)

Tabla 3. Nutrientes contenidos en algunas aguas residuales urbanas crudas.

Nutrientes	Contenido (en mg/L)
K.....	26
P.....	7
Na.....	180
Mg.....	24
N total.....	45
N amoniacal.....	33
N de nitritos.....	0,1
N de nitratos.....	0,1

Fuente: (Seoáñez, 2005, pág. 65)

2.2.3.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

Las aguas residuales domésticas son líquidos provenientes de viviendas y servicios formadas principalmente por los procesos del metabolismo humano y actividades domésticas (Rodríguez, y otros, s. f.), las cuales presentan una apariencia gris y turbia con una temperatura entre 10 °C y 20 °C (Mihelcic & Zimmerman, 2012).

Las aguas residuales domésticas se componen aproximadamente de un 99,9% de agua, siendo el porcentaje restante sólidos orgánicos e inorgánicos, suspendidos y disueltos, así también microorganismos (Von Sperling, 2012); pudiendo subdividir el agua residual doméstica en aguas negras y aguas grises. (Kestler, 2004).

El peso aproximado de un metro cubico de agua residual doméstica es de 1'000.000 gr que contienen unos 500 gr de sólidos, de los cuales 250 gr se encuentran disueltos como compuestos de calcio, sodio y los orgánicos solubles; los 250 gr restantes se dividen en unos 125 gr de sólidos sedimentables (tiempo de sedimentación 30 minutos) y 125 gr de sólidos suspendidos (Davis & Masten, 2005). Los valores numéricos de las características físico químicas de las aguas residuales domésticas utilizados en estudios y diseños de proyectos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Características físico químicas de las aguas residuales domésticas brutas.

Parámetro	Contribución per cápita (g/hab.d)		Concentración		
	Rango	Típico	Unidad	Rango	Típico
Sólidos totales	120-220	180	mg/L	700-1350	1100
<u>En suspensión</u>	35-70	60	mg/L	200-450	350
Fijos	7-14	10	mg/L	40-100	80
Volátiles	25-60	50	mg/L	165-350	320
<u>Disueltos</u>	85-150	120	mg/L	500-900	700
Fijos	50-90	70	mg/L	300-550	400
Volátiles	35-60	50	mg/L	200-350	300
<u>Sedimentables</u>	-	-	mL/L	10-20	15
Materia orgánica					
DBO ₅	40-60	50	mg/L	250-400	300
DQO	80-120	100	mg/L	450-800	600
DBO última	60-90	75	mg/L	350-600	450
Nitrógeno total	6,0-10,0	8,0	mgN/L	35-60	45
Nitrógeno orgánico	2,5-4,0	3,5	mgN/L	15-25	20
Amoníaco	3,5-6,0	4,5	mgNH ₃ -N/L	20-35	25
Nitrito	≈ 0	≈ 0	mgNO ₂ -N/L	≈ 0	≈ 0
Nitrato	0,0-0,2	≈ 0	mgNO ₃ -N/L	0-1	≈ 0
Fósforo	0,7-2,5	1,0	mgP/L	4-15	7
Fósforo orgánico	0,2-1,0	0,3	mgP/L	1-6	2
Fósforo inorgánico	0,5-1,5	0,7	mgP/L	3-9	5
pH	-	-	-	6,7-8,0	7,0
Alcalinidad	20-40	30	mgCaCO ₃ /L	100-250	200
Metales pesados	≈ 0	≈ 0	mg/L	trazas	trazas
Compuestos orgánicos tóxicos	≈ 0	≈ 0	mg/L	trazas	trazas

Fuente: (Von Sperling, 2012, pág. 120)

Las características biológicas típicas de un agua residual domestica varía en función del nivel de salud pública de una población, mostrándose mayores valores en las situaciones donde existen insuficientes condiciones sanitarias, debido a que existirán más individuos infectados que excreten organismos patógenos contribuyendo al aumento de la contaminación biológica; los microorganismos que más se utilizan como referencia para diseñar la mayoría de los proyectos son los coliformes fecales, *E. coli* y huevos de helmintos (Von Sperling, 2012); en el caso del diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas grises no existe contaminación microbiológica por las propias características de este tipo de agua residual, por lo que no se necesita realizar un tratamiento de desinfección.

Tabla 5. Microorganismos y parásitos presentes en las aguas residuales domésticas brutas.

Tipo	Organismo	Contribución per cápita (org/hab.d)	Concentración (org/100mL)
Bacterias	Coliformes totales	10^9-10^{13}	10^6-10^{10}
	Coliformes fecales (termotolerantes)	10^9-10^{12}	10^6-10^9
	<i>E. coli</i>	10^9-10^{12}	10^6-10^9
	<i>Clostridium perfringens</i>	10^6-10^8	10^3-10^5
	Enterococos	10^7-10^8	10^4-10^5
	Estreptococos fecales	10^7-10^{10}	10^4-10^7
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10^6-10^9	10^3-10^6
	<i>Shigella</i>	10^3-10^6	10^0-10^3
	<i>Salmonella</i>	10^5-10^7	10^2-10^4
Protozoarios	<i>Cryptosporidium parvum</i> (oocistos)	10^4-10^6	10^1-10^3
	<i>Entamoeba histolytica</i> (cistos)	10^4-10^8	10^1-10^5
	<i>Giardia lamblia</i> (cistos)	10^4-10^7	10^1-10^4
Helmintos	Helmintos (huevos)	10^3-10^6	10^0-10^3
	<i>Ascaris lumbricoides</i>	10^1-10^6	10^2-10^3
Virus	Virus entéricos	10^5-10^7	10^2-10^4
	Colífagos	10^6-10^7	10^3-10^4

Fuente: (Von Sperling, 2012, pág. 124)

2.2.3.1.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS NEGRAS.

En este tipo de aguas residuales sobresalen los componentes de aguas fecales, aguas de limpieza y uso alimentario (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011). En el agua residual doméstica negra se pueden encontrar diversos contaminantes como microorganismos, urea, albumina, proteínas, ácidos acético y láctico, bases jabonosas y almidones, aceites animales, aceites vegetales, aceites, hidrocarburos, gas sulfhídrico, gas metano, nitritos, nitratos, etc. (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004)

2.2.3.1.2 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GRISES.

Son las aguas producidas por las actividades desarrolladas en una vivienda (lavado de ropa, lavado de utensilios, aseo personal, etc.) las cuales se distinguen de las aguas negras por no ser contaminadas con los desechos del retrete; debido a esto no contienen bacterias *Escherichia coli* y generalmente se descomponen más rápido que las aguas negras. (Herrera, 2011)

2.3 PROCESOS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.

Existen muchas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales con el objetivo de separar, concentrar y/o transformar los diferentes contaminantes presentes en un agua residual para cumplir con los requerimientos legales de vertido (Ramos & Uribe, 2009). Los sistemas de tratamiento de aguas residuales regularmente se componen de estructuras de captación del afluente, estructuras de tratamiento y finalmente de estructuras de descarga o disposición del efluente (Fair, Geyer, & Okun, 1980).

El concepto de operación y proceso unitario a veces es utilizado de manera intercambiada debido a que pueden ocurrir en una misma unidad de tratamiento, de todos modos la unión de las operaciones y procesos unitarios dan origen a los sistemas de tratamiento de aguas residuales (Von Sperling, 2012). Las operaciones de unidad emplean procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes de un agua residual (Mihelcic & Zimmerman, 2012).

2.3.1 PROCESOS FÍSICOS.

Son los procesos en donde predomina la acción de fuerzas físicas para remover la materia en suspensión presente en el agua residual, siendo las primeras operaciones en realizarse para evitar que la materia en suspensión obstaculice los otros procesos de tratamiento;

la elección del proceso físico adecuado para el tratamiento del agua residual va depender de las características de las partículas y concentración de las mismas. (Valencia, 2013)

2.3.2 PROCESOS QUÍMICOS.

Este proceso remueve o convierte los contaminantes presentes en el agua residual por medio de la adición de productos químicos o debido a las reacciones químicas (Von Sperling, 2012). Los sólidos disueltos removidos por este proceso tienen características y concentraciones distintas como: sales inorgánicas disueltas, materia orgánica biodegradable, metales pesados y pesticidas; siendo estos dos últimos de necesaria eliminación por su peligrosidad (Valencia, 2013).

2.3.3 PROCESOS BIOLÓGICOS.

El proceso biológico consiste en el contacto de los microorganismos con la materia orgánica contenida en el agua residual, de tal manera que ese material orgánico pueda ser utilizado como alimento por los microorganismos, convirtiendo esta materia orgánica en gas carbónico, agua y material celular. (Von Sperling, 2012)

Las principales ventajas de un tratamiento biológico son:

- Eficiente eliminación de materia orgánica biodegradable, reducción de DBO, que es un componente mayoritario en las aguas residuales urbanas.
- Menores costes de explotación, al no ser necesaria la adición de reactivos químicos.
- Buena calidad global del efluente depurado.
- Menores inconvenientes en el aprovechamiento agrícola de los fangos (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 244).

2.3.4 PROCESOS MIXTOS.

Como se puede observar en la tabla 6, los procesos mixtos son una combinación de procesos como por ejemplo entre los procesos físicos y químicos dando origen a los sistemas físico-químicos. Los sistemas relacionados al tratamiento físico-químico dependen de la adición de productos químicos, y son más utilizados para el tratamiento de efluentes líquidos industriales (Von Sperling, 2012).

Las principales ventajas del tratamiento físico-químico son:

- Menor complejidad en la línea depuradora global, en cuanto a control de operación, al no estar involucrados organismo vivos.
- Inexistencia de problemas de biotoxicidad en el funcionamiento de la planta depuradora.
- Rapidez en el tratamiento, con cortos tiempos de retención y pocos problemas de paradas y reinicios del proceso.
- Eliminación bastante efectiva de nitrógeno y fosforo (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 244).

Tabla 6. Tratamientos de aguas residuales según el proceso.

<p>Procesos físicos</p>	<p>Rejas Cribado Tamizado Filtración Desengrase Flotación Sedimentación Absorción Evaporación Adsorción</p>	<p>Procesos biológicos</p>	<p>Lodos activados Lechos bacterianos Biodiscos Lagunaje Sistemas agrarios Biocilindros</p>
<p>Procesos químicos</p>	<p>Electrodialisis Ozonización Cloración Precipitación Coagulación Electrocoagulación Floculación Oxidación Reducción Neutralización</p>	<p>Procesos mixtos</p>	<p>Sistemas fisico-químicos Adsorción Sistemas agrarios Osmosis inversa</p>

	Adsorción Desinfección Intercambio iónico		
--	---	--	--

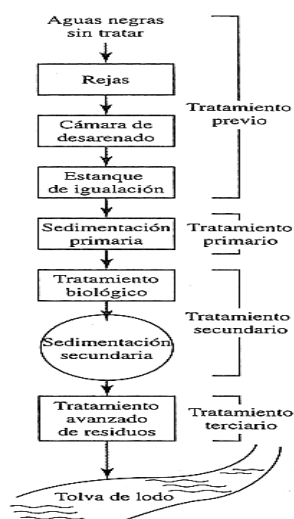
Fuente: (Seoáñez, 2005, pág. 100)

2.4 TIPOS DE PLANTAS DEPURADORAS.

2.4.1 PLANTAS DEPURADORAS TRADICIONALES.

Este tipo de plantas depuradoras poseen un sistema de tratamiento completo aplicado en núcleos poblacionales medianos y grandes (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011). Las plantas depuradoras tradicionales realizan un tratamiento completo en diversas etapas comenzando con un *pretratamiento* que elimina los elementos de mayor tamaño, un *tratamiento primario* que retiene las materias sólidas que están en suspensión en el agua, un *tratamiento secundario* que elimina la contaminación carbonatada disuelta en el agua, un *tratamiento terciario* que elimina el fósforo y el nitrógeno y finalmente de ser necesario un tratamiento complementario para aumentar la eficacia en la eliminación de gérmenes y parásitos (Izembart & Le Boudec, 2003).

Figura 1. Etapas de tratamiento en una planta depuradora tradicional.



Fuente: (Davis & Masten, 2005, pág. 403)

2.4.1.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRETRATAMIENTO.

El pretratamiento prepara a las aguas residuales para los siguientes tratamientos, mediante la eliminación de espuma aceitosa, escombros flotantes y arenilla, los cuales puedan afectar el desarrollo normal de los procesos ecológicos y estropear los equipos mecánicos (Mihelcic & Zimmerman, 2012), los mecanismos de remoción de sólidos gruesos generalmente utilizados en este pretratamiento son los de tipo físico como: rejillas, cribas o trituradores (Von Sperling, 2012). Los sistemas de tratamiento previos a veces funcionan con poco o ningún consumo de energía eléctrica, esto va depender de las condiciones topográficas y otros factores, pero por lo regular es necesario implantar un sistema semiautomatizado (Seoáñez, 2005).

2.4.1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO.

El objetivo de este tratamiento es de remover los sólidos mediante la acción de la gravedad inactiva, la cual asienta los sólidos al fondo de un tanque llamado clarificador, los cuales son recolectados en forma de un lodo líquido sólido, con esto se remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos, 30% de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y 20% de fósforo; la eliminación del DBO y fósforo se produce en esta etapa de tratamiento por que estos se encuentran en forma de partículas y forman parte de los sólidos suspendidos. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

2.4.1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO.

El agua residual llega a esta etapa de tratamiento con una significativa pérdida de sólidos suspendidos, pero con un alta demanda de oxígeno debido a la abundante materia orgánica presente, es por esta razón que el objetivo principal de este tratamiento es la eliminación de la materia orgánica mediante la utilización de microorganismos en un llamado tratamiento biológico (Mihelcic & Zimmerman, 2012), el cual remueve la materia orgánica por medio de raciones bioquímicas realizadas por bacterias, protozoarios, hongos y otros (Von Sperling, 2012).

2.4.1.4 TRATAMIENTO TERCIARIO O AVANZADO.

En este tipo de tratamiento se realiza cuando el efluente del tratamiento secundario no es apto para descargarse en aguas receptoras debido a la contaminación que aun presenta, este tratamiento consiste en la eliminación adicional de contaminantes, en especial del nitrógeno y fósforo, el cual se logra mediante una variedad de procesos físicos, químicos y biológicos

(Mihelcic & Zimmerman, 2012); sin embargo no siempre se requiere la remoción de estos contaminantes, como en el caso de la utilización del efluente en la irrigación de sembríos, ya que estos contaminantes se convierten en nutrientes para el cultivo irrigado (Von Sperling, 2012).

Tabla 7. Niveles del tratamiento de las aguas residuales.

Nivel	Remoción
Preliminar	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos en suspensión gruesos (materiales de mayores dimensiones y arena).
Primario	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos en suspensión sedimentables. • DBO en suspensión (asociada a la materia orgánica componente de los sólidos en suspensión sedimentables).
Secundario	<ul style="list-style-type: none"> • DBO en suspensión (en caso que no haya tratamiento primario: DBO asociada a la materia orgánica en suspensión, presente en el agua residual bruta). • DBO en suspensión finamente particulada (en caso que haya tratamiento primario: DBO asociada a la materia orgánica en suspensión no sedimentable, no removida por el tratamiento primario). • DBO soluble (asociada a la materia orgánica en la forma de sólidos disueltos, presentes, tanto en las aguas residuales brutas, como en el efluente del eventual tratamiento primario, toda vez que los sólidos disueltos no son removidos por sedimentación).
Terciario	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrientes. • Organismos patógenos. • Compuestos no biodegradables. • Metales pesados. • Sólidos inorgánicos disueltos.

	<ul style="list-style-type: none">• Sólidos en suspensión remanentes.
--	---

Fuente: (Von Sperling, 2012, pág. 254)

2.4.2 PLANTAS DEPURADORAS PEQUEÑAS.

En estas plantas de tratamiento de aguas residuales utilizan tecnologías de tratamiento de bajo coste, mediante la implementación de sistemas de depuración natural en donde se utilizan procesos naturales de asimilación, fotosíntesis, fotooxidación e interacciones aguas, suelo, plantas y microorganismos. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Estas pequeñas depuradoras también pueden llamarse métodos descentralizados para el tratamiento de aguas residuales, las cuales tratan los efluentes a distancias relativamente cortas de donde fueron producidas, sin la necesidad de grandes sistemas de alcantarillado y recogida de aguas. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Estas plantas satélites o plantas descentralizadas buscan la recolección, tratamiento y vertimiento o reutilización de las aguas residuales, las situaciones en las que se debe de considerar la utilización de este tipo de planta son:

- Cuando la gestión y la operación de los sistemas locales existentes deben ser mejoradas.
- Cuando los sistemas individuales locales han fracasado y la comunidad no puede afrontar el costo de un sistema convencional de manejo de aguas residuales.
- Cuando la comunidad o las instalaciones están distantes de otros alcantarillados existentes.
- Cuando las oportunidades de reutilización de agua son posibles.
- Cuando el agua fresca para abastecimiento es escasa.
- Cuando la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales es limitada y no se dispone de financiación para una ampliación.
- Cuando, por razones de tipo ambiental, la cantidad del efluente vertido debe ser restringida.
- Cuando la ampliación de las instalaciones de recolección y tratamiento implica una interrupción innecesaria de las actividades de la comunidad.

- Cuando las condiciones locales o ambientales que exigen un tratamiento adicional de las aguas residuales o el transporte de las mismas están aisladas de ciertas zonas.
- Cuando la densidad residencial es baja.
- Cuando la regionalización requiere una anexión política, que no sería aceptada por la comunidad.
- Cuando los constituyentes específicos de las aguas residuales son tratados o alterados en forma más apropiada en el punto de generación (Crites & Tchobanoglous, 2000, págs. 2,4).

Los sistemas descentralizados se aplican en residencias individuales, conjuntos residenciales, instalaciones aisladas y comunidades rurales (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011); los elementos generales que componen dichos sistemas son: 1) pretratamiento de las aguas residuales, 2) recolección de las aguas residuales, 3) tratamiento de las aguas residuales, 4) reutilización o vertimiento del efluente y 5) manejo de biosólidos y de lodos de tanques sépticos; aplicándose diferentes tecnologías de los sistemas centralizados aplicados en las plantas grandes de tratamiento de aguas residuales (Crites & Tchobanoglous, 2000).

2.4.2.1 LAGUNAJE O LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

Estos sistemas se refieren generalmente a los estanques de oxidación o estabilización, diseñados ingenierilmente en forma de agujeros en la tierra, capaces de recoger el agua residual para realizar el respectivo tratamiento antes de la descarga. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

Durante un tiempo variable se retiene el agua residual en la laguna para que se produzca la degradación biológica de la materia orgánica provocada por los mismos microorganismos que se desarrollan en el agua, siendo un método biológico natural de tratamiento. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

2.4.2.1.1 LAGUNAS AEROBIAS O DE MADURACIÓN.

La profundidad de este tipo de lagunas es menor a 1m, encontrándose toda la masa de agua en condiciones aeróbicas debido a la baja profundidad, debido a esto la luz solar penetra en toda la masa de agua residual provocándose una actividad fotosintética generalizada debido a la producción masiva de algas las cuales sumadas a las reacciones químicas superficiales degradan la materia orgánica presente en el agua; el tiempo de retención en estas lagunas va depender de

la carga orgánica presente en el agua residual, obteniéndose porcentajes de remoción del DBO entre un 90-95%. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

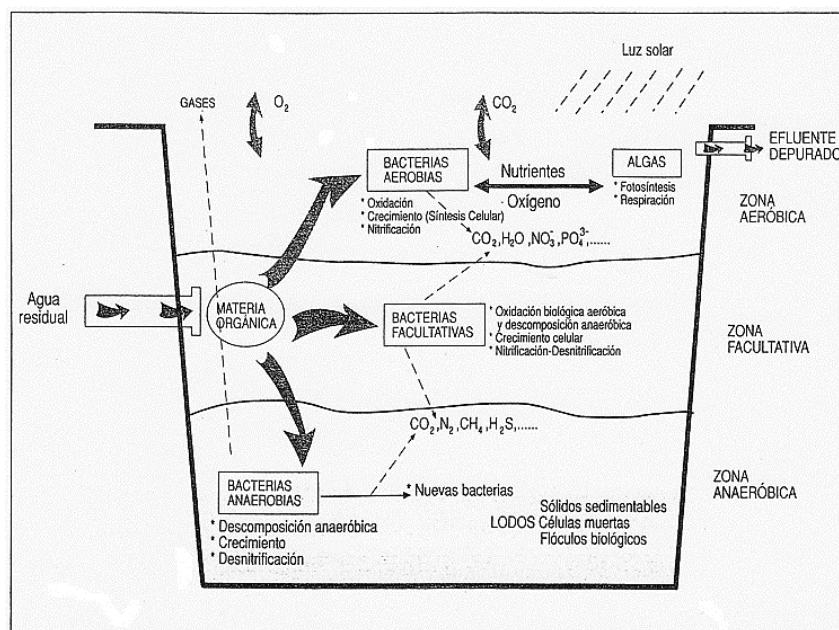
2.4.2.1.2 LAGUNAS ANAEROBIAS.

Debido a la profundidad (2-4 m) y a la alta carga orgánica del agua residual, este tipo de lagunas se caracterizan por la ausencia de oxígeno en toda la masa de agua, realizándose la degradación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas por lo que se producen malos olores; el tiempo de retención suele variar entre 20 a 50 días, observándose rendimientos de remoción del DBO entre el 50-85%. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

2.4.2.1.3 LAGUNAS FACULTATIVAS.

Las lagunas facultativas tienen una profundidad intermedia entre 1m y 2 m, permitiendo que existan zonas que funcionen en forma aeróbica y otras en forma anaeróbica; los tiempo de retención se encuentran entre los tiempos de una laguna aeróbica y una laguna anaeróbica, el porcentaje de remoción del DBO es del 80-95%. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Figura 2. Procesos en una laguna facultativa.



Fuente: (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 250)

2.4.2.1.4 LAGUNAS AIREADAS.

Este tipo de lagunas son inyectadas con oxígeno mediante un sistema de aireación artificial permitiendo la función aeróbica con profundidades de hasta 6 m, con altas cargas de materia orgánica presente en el agua residual, funcionando con altos rendimientos de depuración. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Tabla 8. Factores que influyen sobre la depuración por lagunaje.

Factores	Parámetros
Climáticos	Temperatura Radiación solar Viento Precipitación Evaporación
Físicos	Estratificación Líneas de corriente Profundidad
Químicos	Cargas de contaminación Puntas de carga Tóxicos e inhibidores Grasas Nutrientes pH
Bilógicos	Macrofitas Microfitas Bacterias Algas Protozoos Hongos Insectos

Fuente: (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004, pág. 220)

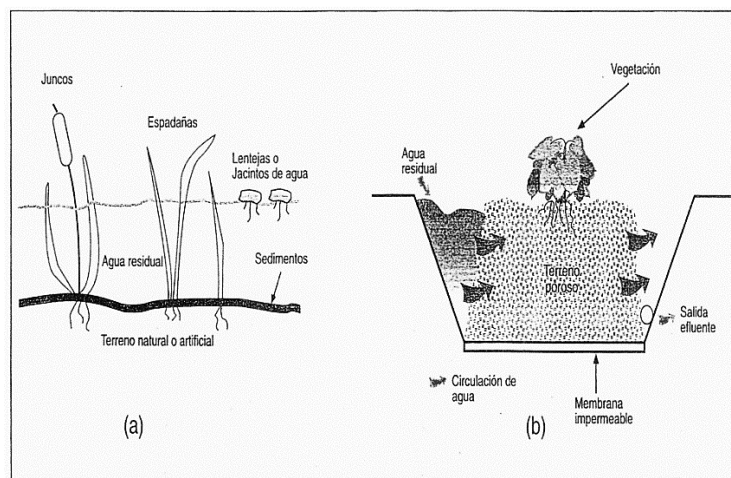
2.4.2.2 HUMEDALES.

Son ecosistemas naturales que mejoran la calidad del agua residual mediante el uso de la energía natural y de las presiones ambientales, sin la adición de materiales o la necesidad de grandes esfuerzos de trabajo, proporcionando de espacios verdes al público en los lugares donde son implantados. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

Estos sistemas permiten el cultivo de especies vegetales parcialmente cubiertas por agua y plantas acuáticas, las cuales realizan la depuración del agua residual utilizando los mismos fundamentos cuando se utilizan cultivos terrestres, tales como: 1) La asimilación y adsorción de algunos elementos del agua residual por medio de las plantas, 2) degradación de la materia orgánica producida por las bacterias, plantas y partículas de detritos presentes en el agua y la sedimentación y 4) La filtración de los sólidos a través del suelo. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Existen dos tipos de humedales, los de *sistemas de flujo libre* en donde el agua fluye a través de la vegetación que puede estar enraizada o flotante como es el caso de las plantas acuáticas y los *sistemas de flujo subsuperficial* en donde el agua fluye lateralmente a través de una masa porosa que se encuentra ubicada en el interior del sistema de tratamiento en donde crece la vegetación. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Figura 3. Esquema (a) sistemas de humedales y plantas acuáticas flotantes y (b) de flujo subsuperficial.



Fuente: (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 254)

2.4.2.3 FILTROS VERDES.

Los filtros verdes forman parte de los sistemas de aplicación sobre el terreno y son los llamados sistemas de riego superficial, siendo uno de los objetivos del tratamiento el desarrollo y aprovechamiento de ciertos cultivos, mediante la incorporación de las aguas residuales sobre los cultivos, en donde la acción de las plantas, suelo y microorganismos presentes en el suelo depuran el agua residual mediante procesos físicos, químicos y biológicos. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

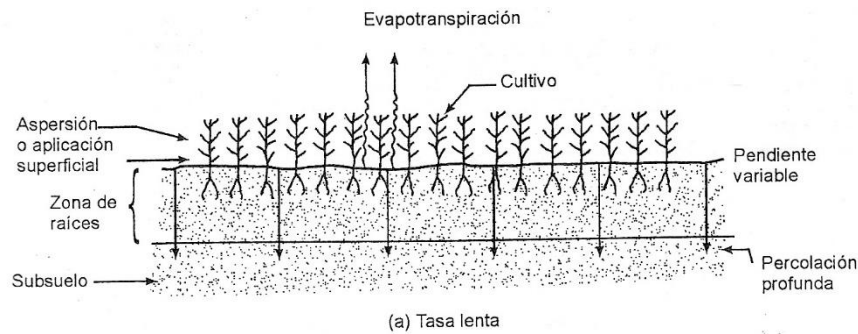
En un filtro verde se dan dos tipos de depuración natural uno llamado edafodepuración y otro llamado macrofitodepuración, a continuación se describen cada uno de ellos:

- **Edafodepuración:** Este proceso de depuración natural es realizado por la masa inerte de microflora y fauna bacteriana presente en el suelo, la cual realiza una depuración biológica a gran escala en las primeras capas debido a la presencia de oxígeno, el cual sustenta al proceso biológico, por otra parte, el suelo también funciona como un filtro físico de los sólidos en suspensión.
- **Macrofitodepuración:** El proceso de depuración del agua residual es realizado por las plantas superiores por medio de la absorción de la materia orgánica, nutrientes y sales minerales presentes en el agua residual (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 251).

El suelo descompone a la materia orgánica por medio de la actividad microbial de las bacterias, protozoos, gusanos y lombrices; reduciendo así el contenido de DBO presente en un agua residual. (Romero, 2002)

Los requisitos para la utilización de este sistema de depuración son: 1) Un pretratamiento para la eliminación de sólidos gruesos, arenas y grasas, 2) Una hectárea por cada 200 habitantes, 3) El efluente no debe contener sustancias nocivas para los cultivos y 4) No se recomienda utilizar este sistema de tratamiento en suelos arcillosos y muy arenosos. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Figura 4. Filtro verde (Proceso de tasa lenta o irrigación).



Fuente: (Romero, 2002, pág. 908), adaptado.

2.4.2.4 LECHOS DE TURBA.

La depuración del agua residual se realiza por medio de un lecho de turba, el cual descansa sobre una capa delgada de arena y otra de grava, por donde circula el agua residual para ser recogida en la parte inferior del sistema luego de ser tratada (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004). La turba es un material producido por la degradación biológica de la materia vegetal que se destaca por su alta capacidad adsorbente de sustancias disueltas y coloidales (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011).

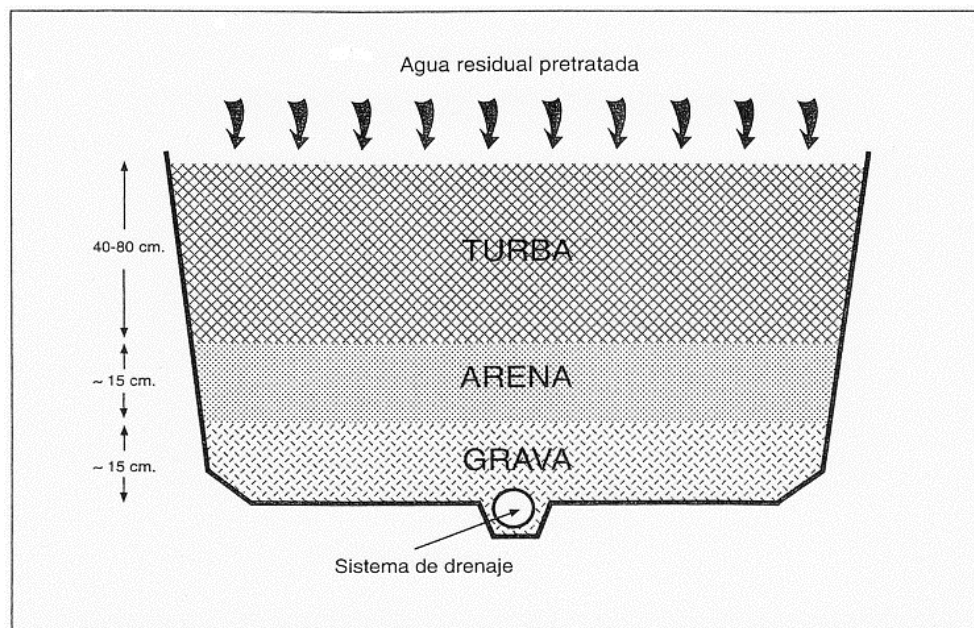
Las características de los lechos de turba son:

- Espesor del lecho de turba entre 40-80 cm, generalmente.
- Superficie de lecho necesaria, entre 0,20-0,50 m²/hb-eq.
- Limpiezas periódicas y rastrillado de la superficie del lecho, cada 10-15 días, lo que exige al menos dos unidades en paralelo.
- Reposición de la turba al cabo de unos años de funcionamiento.
- Se debe asegurar la estanqueidad del terreno, recogiendo el agua depurada por un drenaje en la parte inferior del lecho.
- El rendimiento de depuración, aunque es inferior a los sistemas convencionales y de aplicación al terreno, permite alcanzar reducciones del 85-90% de DBO, 80-85% de DQO y de un 90% de sólidos en suspensión totales.

- Es un sistema de construcción y mantenimiento sencillos, y que puede ser adaptado a variaciones de caudal y carga de agua residual con relativa facilidad.
- Se debe realizar un pretratamiento, desbaste, desarenado y desengrase, para evitar una colmatación rápida del lecho (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 255)

La medida de habitante equivalente (hb-eq) es el valor medio diario que una persona produce de un determinado contaminante (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011). En el caso de las unidades antes mencionadas ($m^2/hb-eq$) se refiere a la cantidad de superficie necesaria para la construcción de un lecho de turba por cada habitante.

Figura 5. Esquema de un lecho de turba.



Fuente: (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 256)

2.4.2.5 FILTROS DE ARENA.

El funcionamiento de este tipo de sistema se asemeja a la aplicación directa del agua residual en un terreno y son comúnmente empleados en pequeñas poblaciones (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011). Este sistema de tratamiento se encuentra formado por un lecho de arena de unos 60-90 cm de espesor, montado sobre una capa inferior de grava, con los correspondientes tubos drenantes que recogen el efluente tratado (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004).

La depuración realizada por el lecho de arena consiste en la retención de las partículas en suspensión debido a que el lecho de arena funciona como un filtro, además, se produce un tratamiento biológico llevado a cabo por los microorganismos que se encuentran en el lecho; el agua residual debe ser administrada al sistema de forma intermitente para evitar la saturación y mantener las condiciones aeróbicas en el mismo. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

2.4.2.6 FOSA SÉPTICA.

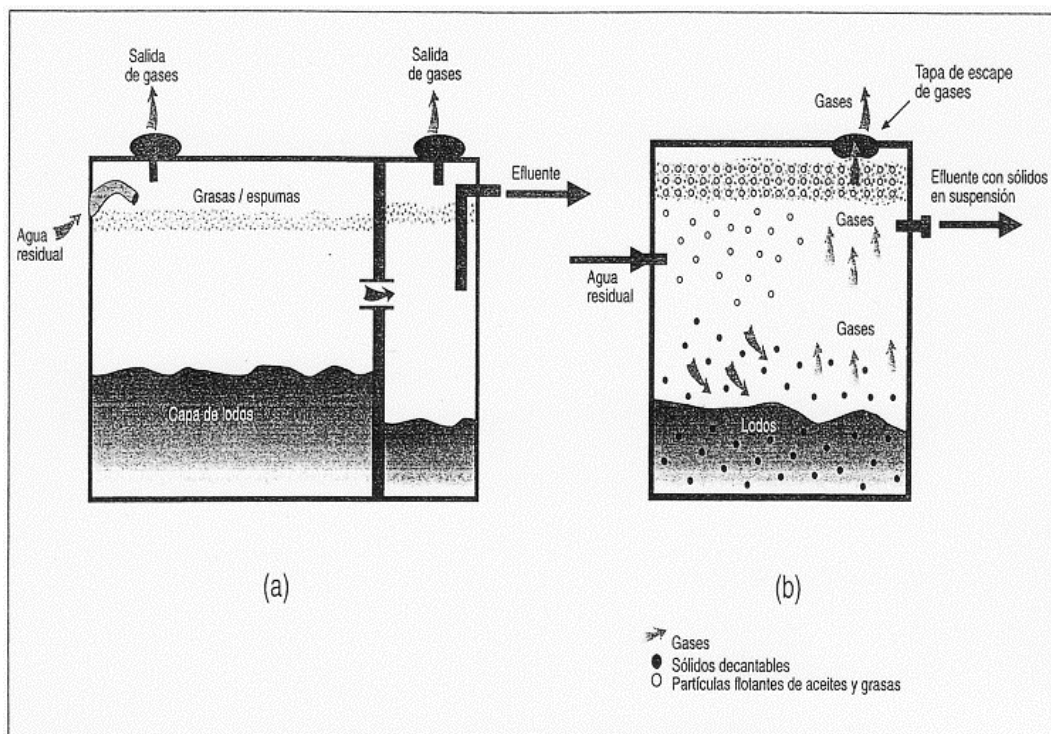
Son tanques prefabricados en hormigón o fibra de vidrio los cuales constan de dos cámaras, la una es utilizada para la separación de los sólidos sedimentables y flotación de los aceites y grasas, la segunda cámara es utilizada para la clarificación por medio de la sedimentación de los fangos y de los sólidos que pasaron de la primera cámara; los tanques deben de diseñarse para facilitar el escape de los gases que se forman por la digestión anaeróbica de los fangos sedimentables y para permitir la extracción de los lodos y espumas en un tiempo de 2-5 años. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011). La acción bacteriana presente en el tanque ayuda a degradar la materia orgánica y reducir la DBO unos 180 mg/L de los 210 mg/L que se encuentran generalmente en un agua residual doméstica (Davis & Masten, 2005).

Las características de una fosa séptica son:

- Necesidad de extracción de sólidos y eliminación de olores.
- Debe de procurarse una baja concentración de grasas, detergentes y legías.
- Posibilidad de introducción de agua de dilución, hasta 40 L/hab-día, en aguas muy cargadas.
- Profundidad de 1,2 a 1,7 m. Longitud entre 2 y 3 veces la anchura.

- Necesidad de vigilar que no se produzca contaminación de acuíferos cercanos utilizados para suministro de agua, por lo que las cámaras deben ser estancas y resistentes (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 258).

Figura 6. (a) Esquema de una fosa séptica de dos cámaras y (b) esquema de los procesos de decantación digestión de una fosa séptica.



Fuente: (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 259)

2.4.2.7 TANQUES IMHOFF.

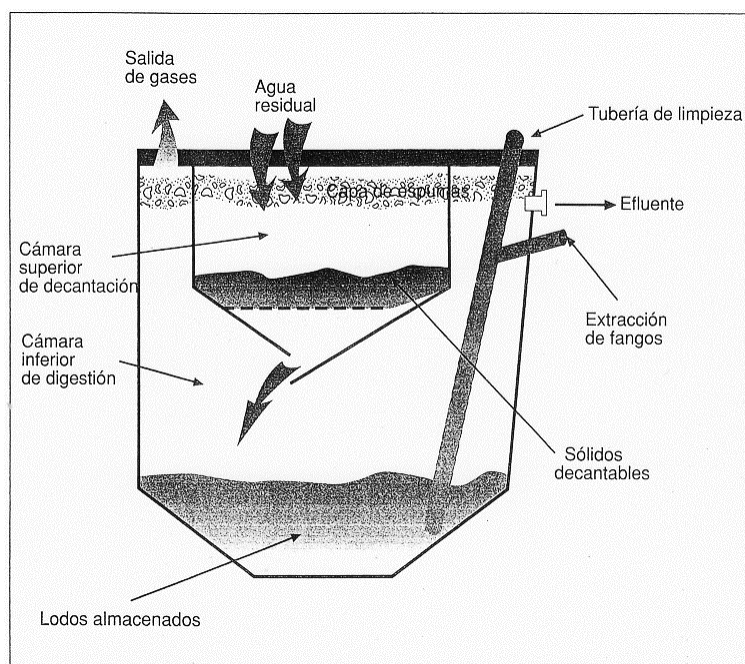
Son tanques de decantación-digestión que tienen los mismos principios de funcionamiento que las fosas sépticas, estos también se encuentran formados por dos cámaras a diferencia que una se encuentra encima de la otra, la cámara superior tiene la función de sedimentar los sólidos decantables presentes en el agua y la cámara inferior tiene el objetivo de

digerir los lodos decantados en condiciones anaerobias. (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011)

Las características de un tanque imhoff son:

- Los rendimientos son similares a los de la fosa séptica.
- El volumen de lodos no debe alcanzar la zona de comunicación o separaciones de los dos compartimientos.
- La capacidad de almacenamiento de lodos es de unos seis meses.
- Cuentan con un sistema de recogida de lodos digeridos, de eliminación de gases y separadores de espumas.
- Entre las mejoras de diseño, pueden llevar un sistema de remoción de espumas en la zona superior del tanque y en la zona superior de la cámara de digestión.
- Deben cumplirse los mismos requisitos de estanqueidad, protección de acuíferos y posibilidades de tratamiento secundario que en las fosas sépticas (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 260).

Figura 7. Esquema simplificado de un tanque de decantación-digestión, tipo IMHOFF.



Fuente: (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2011, pág. 260)

2.4.3 PLANTAS DEPURADORAS VEGETALES.

En la actualidad existen sistemas que necesitan poca superficie para su implementación, pocos cuidados para su operación, poco presupuesto para la construcción y que no producen malos olores, es más, las aguas tratadas con estos sistemas permiten la reutilización debido a que no se encuentran contaminadas como en un principio. (Izembart & Le Boudec, 2003)

En estos sistemas de tratamiento se utilizan plantas acuáticas que se sirven de los fenómenos naturales para la depuración de las aguas residuales y se aplican desde ciudades de tamaño mediano hasta viviendas unifamiliares, así mismo, este tipo de depuradoras propone un reto urbanístico mediante la reconversión de zonas abandonadas en sitios de atracción turístico-ecológicos. (Izembart & Le Boudec, 2003)

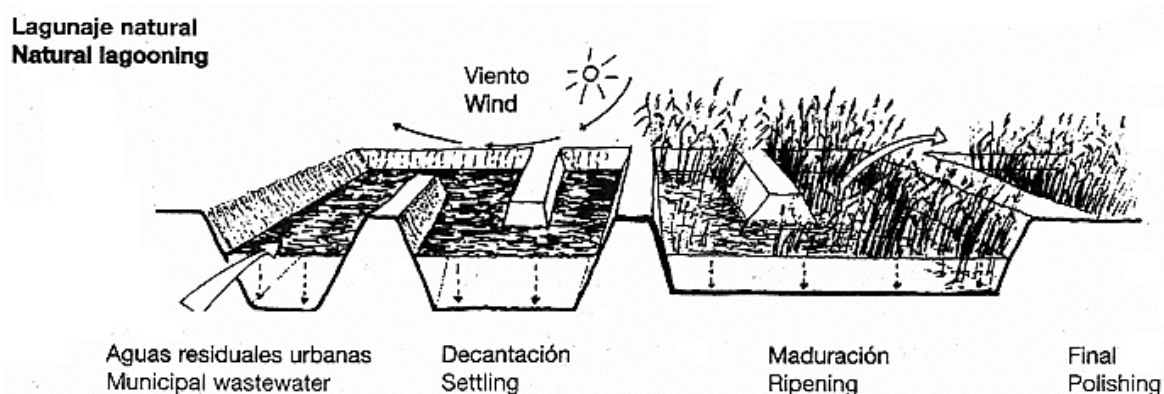
Debido a que estas plantas depuradoras pueden servir para el tratamiento de aguas residuales en ciudades pequeñas y viviendas unifamiliares, donde la densidad residencial es baja, también se pueden considerar plantas satélites o descentralizadas.

2.4.3.1 LAS LAGUNAS DE MACROFITAS.

Este método consiste en hacer circular el agua residual a través de una serie de estanques de fondo decreciente (1,20 m a 0,50 m) y paredes impermeables, necesitando una extensión de terreno llano de 10 m²/hab para su construcción, siendo utilizado generalmente para la depuración de aguas pluviales, aguas residuales domésticas y de ciertos residuos industriales. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Estas lagunas se encuentran plantadas con plantas flotantes o arraigadas (juncos, carrizos, espadañas, jacintos de agua), las cuales favorecen la sedimentación de la materia en suspensión, contribuyen a la oxigenación del estanque por medio de las raíces y sirven de soporte a los cultivos bacterianos que se sostienen en los tallos de dichas plantas. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Figura 8. Laguna de macrofitas.



Fuente: (Izembart & Le Boudec, 2003, pág. 24)

2.4.3.2 LOS LECHOS DE MACROFITAS O FILTROS VEGETALES.

Los estudios demuestran que los buenos resultados obtenidos en la depuración de las aguas residuales mediante este tipo de sistema se debe a la actividad de las colonias bacterianas que se encuentran fijadas en el sustrato granular del suelo. (Izembart & Le Boudec, 2003)

La función de las plantas acuáticas es primordialmente mecánico, el movimiento de los tallos y el crecimiento de los rizomas mantienen la capacidad de infiltración, en verano proporcionan sombra y en invierno aíslan el hielo; por otro lado, la vegetación por medio de sus raíces aporta una cierta cantidad de oxígeno y de ácidos orgánicos favorables para el desarrollo de la bacterias. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Estas plantas depuradoras utilizan menor espacio de construcción ($2-5 \text{ m}^2/\text{hab}$) que las lagunas, siendo sus ventajas la fácil instalación de viviendas en las cercanías de este tipo de plantas debido a la permanencia de las aguas residuales debajo de la superficie del suelo que compone el sistema de tratamiento evitando de esta manera el contacto de las aguas residuales con las personas y la producción de malos olores o mosquitos, finalmente, este tipo de depuradora no produce lodos evitándose los problemas que surgen de su vertido y gestión. (Izembart & Le Boudec, 2003)

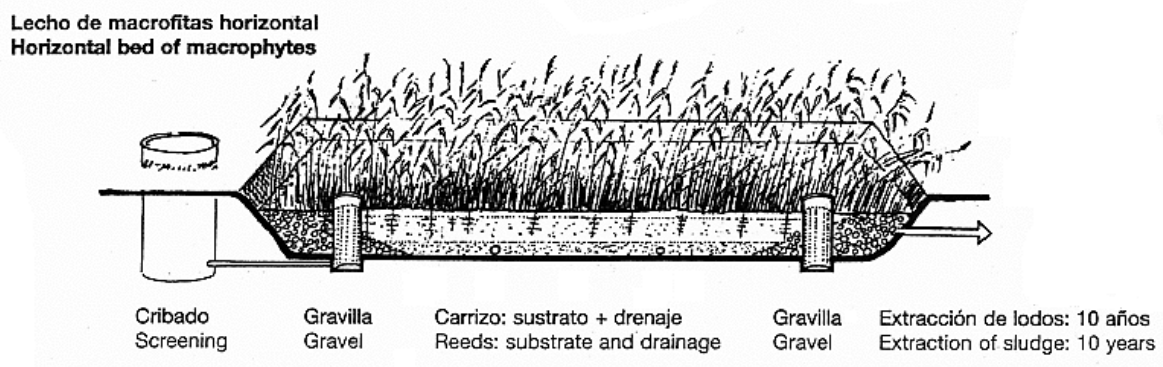
2.4.3.2.1 LOS SISTEMAS DE CIRCULACIÓN HORIZONTAL.

Este sistema fue desarrollado en los años de 1950 en Alemania a cargo del profesor Kickuth, utilizado para el tratamiento secundario o terciario de aguas residuales domésticas, residuos industriales, residuos agrícolas y, a veces, para aguas lixiviadas. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Para este tipo de depuradora solo se necesita de un estanque y puede ser construido sobre un terreno llano o ligeramente inclinado; el sustrato utilizado en este sistema se compone de elementos cohesionantes en donde se encuentran numerosas zonas anaerobias debido a la presencia de agua en dicho sustrato, siendo la única aportación de oxígeno la realizada por las plantas acuáticas presentes en el sistema de depuración. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Estas plantas depuradoras pueden cumplir los mínimos exigidos por la normativa ambiental en cuanto a la contaminación orgánica, todo esto va depender de la correcta construcción de las mismas; pero en cuanto a la reducción de sales minerales en muchas ocasiones es insuficiente. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Figura 9. Filtro vegetal de circulación horizontal.



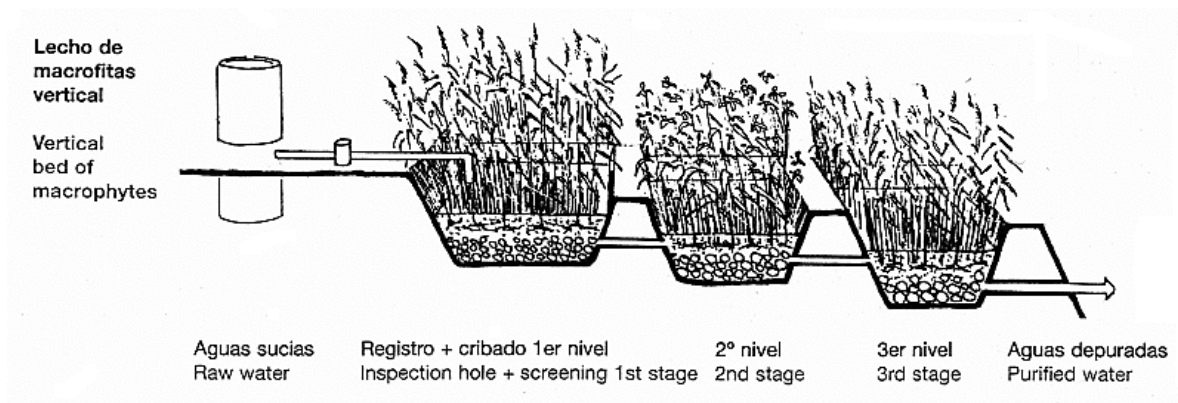
Fuente: (Izembart & Le Boudec, 2003, pág. 25)

2.4.3.2.2 LOS SISTEMAS DE CIRCULACIÓN VERTICAL.

Estas plantas de tratamiento también llamadas “sistemas de filtros vegetales” utilizan diversos estanques en donde el agua se desliza libremente por cada uno de ellos debido a la acción de la gravedad provocada por la ligera pendiente con que son construidos, siendo alimentados con agua residual de descargas puntuales lo que facilita la oxigenación del medio filtrante compuesto de gravilla o arena. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Estos sistemas de depuración están formados por carrizos y juncos, y son utilizados en el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas gracias a su capacidad para recibir importantes cantidades de materia en suspensión; además, la oxigenación y nitrificación son mejores en este tipo de sistemas permitiendo realizar un tratamiento secundario y terciario a las aguas residuales domésticas, como así también, a ciertos vertidos industriales y agrícolas. (Izembart & Le Boudec, 2003)

Figura 10. Filtro vegetal de circulación vertical.



Fuente: (Izembart & Le Boudec, 2003, pág. 26)

2.5 REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.

La reutilización consiste en dar un uso benéfico a las aguas residuales, previo a la realización de un tratamiento que permita obtener un agua recuperada o repurificada, la cual

sea apropiada para la utilización en una amplia variedad de aplicaciones (Crites & Tchobanoglous, 2000). Se debe distinguir entre reutilización potable y no potable, siendo esta última la más extendida debido a que se encuentran más usos para su aplicación, el agua residual puede reutilizarse en el sector industrial, sector agrícola y servicios recreativos (Corbitt, 2003).

El sector agrícola demanda el uso de aguas residuales para superar la insuficiencia del recurso agua, provocado por la estacionalidad y distribución irregular de las fuentes de agua a lo largo del año; además el uso de aguas residuales es beneficioso debido a que mejora la fertilidad de los suelos agrícolas por la contribución de materia orgánica, macronutrientes (N y P) y oligoelementos (Na y K), permitiendo reducir y hasta eliminar en algunos casos la necesidad de fertilizantes químicos. (Silva, Torres, & Madera, 2008)

Con el avance del tratamiento de las aguas residuales se ha aumentado la potencialidad de dar un uso benéfico a las aguas tratadas; como en los sistemas de manejo descentralizados de las zonas rurales en donde se reutiliza el agua residual tratada para riego agrícola y riego de campos, por otro lado, en las zonas urbanas se reutiliza para descargas de inodoros y orinales. (Crites & Tchobanoglous, 2000)

Tabla 9. Opciones típicas de reutilización y vertimiento de aguas residuales para sistemas pequeños y descentralizados.

Opción.	Ejemplos.
Humedales artificiales.	Sistema de flujo libre. Sistema de flujo superficial.
Descarga a cuerpos de agua.	Corrientes, lagos, estanques, reservorios, bahías, diques, ríos, océanos.
Sistemas de evaporación.	Lechos de evapotranspiración. Lagunas de evapotranspiración.
Aplicación en el suelo.	Aplicación superficial. Aplicación por aspersión. Aplicación por goteo.
Aplicaciones de reutilización.	Riego agrícola. Riego de zonas verdes.

	Recarga de acuíferos. Humedales naturales. Abastecimiento de agua no potable. Abastecimiento industrial. Lagos recreacionales. Aumento del agua para abastecimiento.
Disposición subsuperficial en el suelo.	Sistemas de absorción. Campos de infiltración convencionales. Campos de infiltración poco profundos dosificados a presión. Campos de infiltración poco profundos a presión con lechos de arena. Riego por goteo (emisores integrales o externos). Lechos de infiltración. Sistemas de infiltración en terraplén. Sistemas de relleno. Sistemas At-grade.

Fuente: (Crites & Tchobanoglous, 2000, pág. 9)

2.6 CALIDAD DE UN AGUA PARA RIEGO.

Las aguas residuales ameritan la realización de una valoración cuidadosa de su calidad para determinar los posibles efectos que se puedan producir a lo largo del tiempo, tanto en el suelo como en las plantas, debido a que estos vertidos pueden contener sales, elementos nutritivos y microelementos que fueron añadidos durante su uso. (Westcot & Ayers, 1990)

En la siguiente tabla se sugieren los parámetros necesarios para el análisis de la calidad de un agua destinada al riego, con el intervalo de concentraciones normalmente observado en este tipo de aguas, siendo estos datos los suficientes para calificar la idoneidad de un agua de riego y pronosticar los posibles daños que pueda causar un agua inadecuada al suelo y las plantas. (Westcot & Ayers, 1990)

Tabla 10. Parámetros de la calidad de un agua de riego.

Parámetro de calidad	Símbolo	Unidad	Intervalo usual en agua de riego	
Salinidad	<i>Contenido de sales.</i>			
	Conductividad eléctrica.	CEa	μS/cm	0-3000
	Materia disuelta total	MDT	mg/L	0-2000
	<i>Cationes y aniones.</i>			
	Calcio	Ca ²⁺	mg/L	0-400
	Magnesio	Mg ²⁺	mg/L	0-60
	Sodio	Na ⁺	mg/L	0-900
	Carbonatos	CO ₃ ²⁻	mg/L	0-3
	Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	mg/L	0-600
	Cloruros	Cl ⁻	mg/L	0-1100
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	0-1000	
Diversos	Boro	B	mg/L	0-2
	pH	pH	----	6,5-8,5

Fuente: (Westcot & Ayers, 1990, pág. 39), adaptado.

2.6.1 NORMATIVA ECUATORIANA.

La normativa ambiental ecuatoriana establece los valores de los parámetros de calidad para un agua destinada para el uso agrícola en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULAS), Libro VI, Anexo I. Prohibiéndose el uso de aguas servidas para riego, con la excepción de las aguas servidas tratadas que cumplan con la normativa.

Tabla 11. Parámetros de calidad para un agua de riego, TULAS.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/L	5,0

Arsénico (total)	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	1,0
Berilio	Be	mg/L	0,1
Boro	B	mg/L	1,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/L	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/L	0,2
Cobalto	Co	mg/L	0,05
Cobre	Cu	mg/L	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,1
Flúor	F	mg/L	1,0
Hierro	Fe	mg/L	5,0
Litio	Li	mg/L	2,5
Materia flotante	Visible	--	Ausencia
Manganeso	Mn	mg/L	0,2
Molibdeno	Mo	mg/L	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,001
Níquel	Ni	mg/L	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/L	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de Organoclorados totales	mg/L	0,2
Plata	Ag	mg/L	0,05
Potencial de hidrógeno	pH	--	6-9
Plomo	Pb	mg/L	0,05
Selenio	Se	mg/L	0,02
Sólidos disueltos totales	--	mg/L	3.000,0

Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.	--	--	mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/L	0,1
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Coliformes totales	nmp/100ml	--	1.000
Huevos de parásitos	--	Huevos por litro mg/L	Cero
Zinc	Zn	mg/L	2,0

Fuente: (TULAS, 2015, pág. 312)

2.7 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA.

El uso de las aguas residuales se ha puesto en práctica desde hace mucho tiempo atrás, como ejemplo se tiene que en algunas polis griegas estas eran usadas como agua de riego en algunas parcelas agrícolas. (Seoánez, 2005)

En Inglaterra en el años de 1865 se estableció que la aplicación continua de las aguas residuales consigue reducir la contaminación de los ríos, de igual manera, en Alemania a mediados del siglo pasado se regaba con aguas residuales provenientes de una población de 150.000 habitantes el suelo sin que se presente un problema sanitario, daño al suelo o perjuicio a los cultivos. (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004)

Como ejemplo actual de la reutilización del agua residual doméstica se tiene el estado de California, en donde se utiliza el agua en irrigación de jardinería publica, torres de enfriamiento de oficinas comerciales e irrigación agrícola; en una escala mundial se espera que el reuso del agua aumente de 19,4 millones m³/día a 54,5 millones de m³/día para el año 2015. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

En América Latina se tiene un gran vacío de información sobre el reuso del agua residual, salvo contados casos, como en Venezuela que se utiliza el efluente procedente de una

laguna de estabilización para el riego de una parcela sembrada de plantas frutales y cultivos de ciclo corto donde se observó que no existe ninguna diferencia entre el riego con agua residual y agua fresca, de la misma forma, en Colombia que se utiliza el agua residual doméstica parcialmente tratada para el riego de algunos cultivos. (Silva, Torres, & Madera, 2008)

En los últimos decenios en varias regiones civilizadas se ha intensificado el vertido de las aguas residuales al suelo, y al mismo tiempo, se ha investigado dando como resultado nuevas tecnologías de depuración que permiten el uso de un agua cada vez mejor tratada. (Seoánez, 2005)

2.8 ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA TEORICA.

Primero se debe entender que un agua residual es el producto de la ocupación de un agua natural o de la red en un uso determinado (Osorio, Torres, & Sánchez, 2010), y que las características de un agua residual va estar en función de los usos a los que fue sometida anteriormente (Von Sperling, 2012).

Se debe de conocer las principales características de un agua residual doméstica para entender la composición física, química y microbiológica de este vertido. Además, se deben de conocer los distintos procesos de tratamiento que se dan en las plantas depuradoras de agua residuales, para comprender las actividades que se realizan en las diferentes etapas.

Finalmente se deberá realizar un estudio y conocimiento de los sistemas naturales de tratamiento para aguas residuales, ya que estas tecnologías utilizan métodos más naturales para el tratamiento de dichas aguas y requieren un menor costo tanto en la construcción como en la operación. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

2.9 MARCO CONCEPTUAL.

2.9.1 AFLUENTE.

“Líquido que llega a una unidad o lugar determinado, por ejemplo el agua que llega a una laguna de estabilización” (Organización Panamericana de la Salud, 2005, pág. 5).

2.9.2 DBO.

Es la demanda bioquímica de oxígeno definida como la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para efectuar la oxidación, siendo una medida de la “fuerza” de una agua o agua residual. (Mihelcic, y otros, 2008)

2.9.3 DQO.

Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica, constituyéndose en un medio indirecto para la medición de la concentración de materia orgánica en el agua residual. (Rojas, 2002)

2.9.4 EFLUENTE.

“Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad” (TULAS, 2015).

2.10 HIPÓTESIS.

No aplica ya que se aplica el método descriptivo para diseñar el sistema de tratamiento del agua residual doméstica gris.

“En las investigaciones de tipo documental, en las históricas o meramente descriptivas, y, en general, en las que no tratan de establecer relaciones a diferencias entre fenómenos o variables, es aconsejable que no presenten hipótesis” (Achaerandio, 2010, pág. 58).

2.11 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES.

2.11.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

Características del agua residual.

Definición conceptual:

“Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico”. (TULAS, 2015, pág. 288)

Definición operacional:

Caracterización del agua residual doméstica gris mediante el análisis realizado en un laboratorio de los parámetros relacionados con la calidad de un agua destinada al uso agrícola, como así también, cantidad de volumen generada por día.

2.11.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Planta de tratamiento de aguas residuales.

Definición conceptual:

Una planta de tratamiento es, una estructura artificial donde se propicia el desarrollo controlado de un proceso natural que permite reducir a niveles convenientes el contenido de materia orgánica y de sustancias varias de carácter físico-químico y biológico para de esta forma disminuir la contaminación de las aguas residuales domésticas antes de su descarga al medio natural para favorecer, en esta forma la recuperación y conservación de la calidad de las aguas de las fuentes receptoras. (Mancera, 2004, pág. 36)

Definición operacional:

Consiste en diseñar un sistema de depuración para el tratamiento de las aguas residuales domésticas grises, con miras al uso del efluente tratado, en el regadío de una zona agrícola perteneciente a la residencia de donde provienen las aguas residuales.

CAPITULO III.

MÉTODO.

3.1 NIVEL DE ESTUDIO.

3.1.1 EXPLORATORIO.

El objetivo de este estudio es examinar temas o problemas poco tratados, aumentando la familiaridad de con un fenómeno relativamente desconocido por medio del conocimiento del mismo, permitiendo que el investigador realice un estudio más estructurado en los siguientes niveles como: aclarar conceptos, obtener un censo de problemas, establecer preferencias para otras investigaciones y proponer hipótesis bien fundamentadas. (Cauas, s. f.)

Este tipo de estudios realizan dos tipos de tareas:

- *Estudio de la documentación:* Esta se refiere a la reconstrucción de los trabajos realizados por otras personas mediante la revisión de archivos, informes, estudios y otros documentos.
- *Contactos directos:* Son los contactos directos que se realizan con la problemática a estudiar que pueden ser después o simultáneamente de a ver revisado la documentación; cabe mencionar que no todo el conocimiento y la experiencia se encuentran de forma escrita (Cauas, s. f., pág. 6).

El diseño de una instalación de tratamientos de aguas residuales requiere del entendimiento de los procesos fundamentales físicos, químicos y biológicos que se dan en el tratamiento para la eliminación de contaminantes específicos (Mihelcic & Zimmerman, 2012). Para esto se realizó un estudio exploratorio para revisar y recolectar la documentación

respectiva de los diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales, como así también, de los diferentes sistemas de depuración utilizados para el tratamiento de las aguas residuales.

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales requiere de un cierto número de factores como: a) características del agua residual, b) calidad del efluente de salida y c) Coste y disponibilidad de terreno para una adecuada elección de tratamiento d) Ampliaciones futuras y e) Coste local del agua. (Ramalho, 2003)

El estudio exploratorio también se utilizó para la recolección de datos en el campo mediante el contacto directo con el problema de estudio, con lo cual se realizó la caracterización del agua residual doméstica gris proveniente de la vivienda; uno de los factores importantes para la selección adecuada de los procesos de depuración dirigidos al tratamiento del efluente producido.

3.2 MODALIDAD DE INVESTIGACION.

3.2.1 DE CAMPO.

La investigación de campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (Arias, 1999, pág. 21).

En la vivienda, en el punto de descarga, se obtuvieron los datos de volumen, pH y temperatura producidos durante todo el mes de Mayo del 2015. Asimismo, se tomó una muestra del efluente para posteriormente ser trasladado y analizado por el Laboratorio Centro de Servicios Ambientales y Químicos CESAQ-PUCE.

3.2.2 DOCUMENTAL.

La investigación documental “es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos” (Arias, 1999, pág. 21).

En este trabajo se recolectó y revisó la información sobre los conceptos de agua residual y tipos de aguas residuales, en especial sobre los conocimientos referentes al agua residual doméstica gris. Además, se estudió la documentación referente a los tipos de sistemas de tratamiento, dirigiendo la atención a los sistemas de tratamiento que utilizan procesos naturales para la depuración de las aguas residuales y que además tengan una bajo costo de construcción.

3.3 MÉTODO.

3.3.1 MÉTODO EXPERIMENTAL.

Este método utiliza el razonamiento hipotético-deductivo y predice los eventos que ocurrirían si se introdujeran algunas modificaciones en las condiciones actuales; las experimentaciones pueden ser realizadas en el campo o en un laboratorio, siendo los aspectos esenciales de este tipo de investigación el diseño experimental y la representatividad de la muestra de sujetos. (Bisquerra, 1989)

El método de experimentación permite la manipulación de las variables en condiciones que permitan la recolección de datos, en el cual se conoce los efectos de los estímulos recibidos y creados para la apreciación. (Torres, Paz, & Salazar, s. f.)

Se utilizara el método experimental para medir el volumen diario de las aguas residuales domésticas grises producidas en la zona de estudio mediante la recolección del efluente en un tanque con medición volumétrica.

3.3.2 MÉTODO DE ANÁLISIS.

El método consiste en la descomposición de un todo en sus partes o elementos para conocer más del objeto en estudio y observar las causas, la naturaleza y los efectos de un hecho en particular. (Ruiz, 2007)

Mediante el análisis realizado en el laboratorio se obtendrá información sobre los componentes del agua residual domestica gris, conociendo más sobre las características de este efluente; siendo este un aspecto importante para el diseño del sistema de tratamiento.

3.3.3 MÉTODO DESCRIPTIVO.

Este tipo de investigación busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos o cualquier otro fenómeno que se haya sometido a un análisis; permite decir como es o se manifiesta el objeto de estudio. (Posso, 2011)

Con la utilización de este método se describirá o representará en el programa de AUTOCAD el diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises para la utilización del efluente tratado en el regadío de la zona agrícola perteneciente a la vivienda.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población es un agregado total de casos que cumple con una serie de criterios, por lo que cuando se habla de población no solo se refiere a personas sino también se puede referir por ejemplo: a las historias clínicas de un hospital determinado, escuelas de enfermería, etc. (Robledo, 2004)

El estudio se realizó en una vivienda ubicada en la ciudad de Ibarra, escogiendo a toda los individuos que habitan el domicilio, en donde se midió el volumen de las aguas residuales domésticas grises producida por la familia conformada por tres personas.

3.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION.

3.5.1 ANÁLISIS DE DOCUMENTOS.

Para la investigación se revisaron:

- Teoría sobre sistemas de tratamiento de agua residuales.
- Temas relacionados con la reutilización del agua residual como agua de regadío
- Normas sobre calidad de un agua de regadío.

3.5.2 MEDICIÓN.

Se realizó la medición del volumen del agua residual doméstica producido por día en la vivienda de estudio, del mismo modo, se realizó la medición del pH y temperatura.

3.5.3 EXPERIMENTACIÓN.

Se realizó el análisis en laboratorio de la muestra de agua residual doméstica gris tomada en el punto de descarga.

3.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS.

3.6.1 EXPLORACIONES, MUESTREO Y ANÁLISIS.

Una manera de pronosticar la posible composición y explicar los resultados analíticos obtenidos en un laboratorio sobre una muestra de agua preparada para el análisis, es el compenetrarse con las condiciones naturales en que se encuentra el agua que se está estudiando. (Fair, Geyer, & Okun, 1979)

3.6.1.1 EXPLORACIONES.

Una exploración muestra información exclusiva de las condiciones existentes en el momento y lugar de muestreo, permitiendo la observación de las principales características del punto de descarga como: crecimiento de plantas y algas acuáticas, sustancias flotantes, banco de lodos, sedimentos de fondo, existencia de hongo y condiciones molestas para los sentidos del olfato y la vista; de igual manera, proporciona datos importantes del efluente como la temperatura y la cantidad de oxígeno disuelto que pueden variar durante el transporte y almacenamiento de las muestras. (Fair, Geyer, & Okun, 1979)

3.6.1.2 MUESTREO.

El muestreo bien dirigido asegura la validez de los resultados analíticos, es por esta razón, que la muestra tomada debe de representar la realidad de la masa o masas de aguas residuales, finalmente, no se deben de producir cambios significativos hasta entregar la muestra para su análisis. (Fair, Geyer, & Okun, 1979)

3.6.1.3 ANÁLISIS.

El análisis consiste en la realización de un examen de laboratorio de las muestras tomadas en los puntos de descarga de las aguas residuales. (Fair, Geyer, & Okun, 1979)

Para obtener una representatividad aceptable de los datos del agua residual doméstica gris se seguirán los consejos antes mencionados referentes a la observación, muestreo y análisis.

El laboratorio en donde se realizara los análisis contara con la validación del organismo de acreditación ecuatoriana (OAE) en los parámetros analizados. La medición del volumen, pH como de la temperatura dependerá del buen estado de los instrumentos de medición.

Tabla 12. Parámetros analizados por el laboratorio.

Laboratorio Centro de Servicios Ambientales y Químicos CESAQ-PUCE.			
Parámetro.	Unidades.	Método de ensayo.	Rango Acreditado.
Aceites y grasa.	mg/L	SM 5520 C	0,6-1000 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno.	mg/L	SM 5210 B	6-4000 mg/l

Demanda Química de Oxígeno.	mg/L	SM 5220 D	10-10000 mg/l
Sólidos suspendidos totales.	mg/L	HACH 8006	50-1000 mg/l

Fuente: Laboratorio Centro de Servicios Ambientales y Químicos CESAQ-PUCE, Anexo E.

3.7 PROCESAMIENTO DE DATOS.

Los datos serán analizados y procesados por el programa de Word y Excel, en donde se realizaran tablas que recogerán los datos de caudales y volumen producidos en la vivienda, así también la hora en que se produjo la descarga del agua residual gris, para luego realizar graficas comparativas para su análisis. Finalmente se utilizar el programa de AUTOCAD para realizar el diseño del sistema de tratamiento del agua residual domestica gris.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1 LEVANTAMIENTO DE DATOS.

4.1.1 DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La investigación se realizó en una vivienda se encuentra ubicada en la parroquia de Caranqui, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. La propiedad consta de una extensión de terreno de 5318,20 m² (Anexo A) y posee varias zonas agrícolas sembradas con diferentes tipos de plantas.

La única fuente de agua disponible para el riego de las zonas agrícolas es la conexión de agua potable servida por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-I).

Las zonas agrícolas pertenecientes a la propiedad necesitan de un consumo importante de agua para el mantenimiento de las plantas, es por esta razón que se tiene que consumir más agua de lo normal para regar las zonas agrícolas produciéndose incrementos en los costos del agua potable. Las zonas agrícolas presentes en el terreno de la propiedad son dos, la primera se encuentra sembrada con árboles de aguacate y la segunda zona agrícola se encuentra sembrada con árboles frutales cítricos como el limón, mandarina y naranja (Anexo B).

4.1.2 MEDICIÓN DEL VOLUMEN, pH Y TEMPERATURA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GRISES.

Las aguas residuales domésticas grises se recogían por medio de un sistema de recolección (Anexo C) formado por una red de tuberías que conducían el efluente hacia un tanque de 250 litros de capacidad; las descargas provienen de la lavadora, la ducha y lavamanos

de un baño. Para facilitar la recolección de las aguas residuales domésticas grises se realizó solo la conexión de turbias en solo un baño.

Para la medición del volumen se tuvo que graduar el tanque de 250 litros con una escala medida cada 10 litros, además, se utilizó un balde de 14 litros y un recipiente de 500 mL para medir con mayor precisión el volumen del efluente recolectado. La medición de la temperatura se realizó mediante el empleo de un termómetro de mercurio de 110 °C y la medición del pH se realizó mediante el uso de papel pH. Los datos representan los valores diarios del volumen, temperatura y pH producidos durante todo el mes de Mayo.

4.1.3 MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA GRIS.

Una muestra compuesta representa la mezcla de varias muestras simples recogida en el mismo lugar pero en diferentes tiempos (Valencia, 2013). Para la toma de la muestra se utilizó el muestreo compuesto para captar los diferentes efluentes que componen el agua residual doméstica gris.

Para la recolección de la muestra se utilizó una botella plástica limpia de un 1 L y una botella de vidrio (ámbar) de 250 mL, los mismos que fueron proporcionados por el laboratorio en donde se realizó el análisis; además, se utilizó un cooler para llevar la muestra al laboratorio (Anexo D). En el Anexo E se muestra los volúmenes requeridos por el laboratorio para el análisis de los parámetros seleccionados.

Mediante el muestreo y la caracterización del efluente se tendrá la respectiva información sobre los contaminantes presentes en el agua residual doméstica gris, con lo cual se tendrá una mejor idea del tratamiento necesario a realizar para utilizar dicho efluente en el regadío de las zonas agrícolas presentes en la residencia.

4.2 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

4.2.1 DATOS DEL VOLUMEN, pH Y TEMPERATURA DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA GRIS.

El volumen diario registrado durante todo el mes de Mayo, así como, la temperatura y el pH se muestran en la siguiente tabla. En los datos recogidos también se muestran las veces en que se utilizó la lavadora ya que este factor incide directamente en la cantidad de agua residual doméstica gris producida por día.

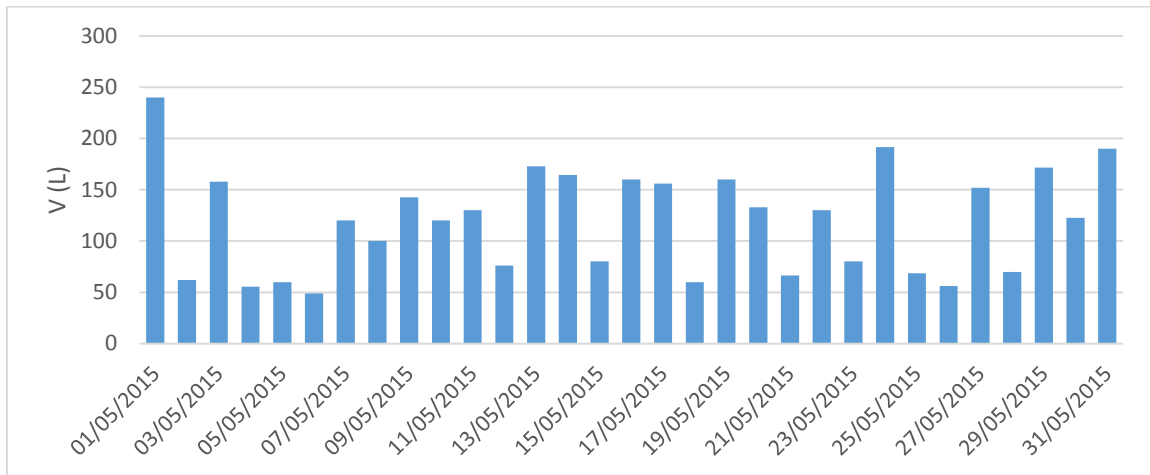
Tabla 13. Datos del volumen, pH y temperatura del agua residual doméstica gris.

MAYO 2015.				
Día	Volumen (L)	Temperatura (°C)	pH	Uso de la lavadora
01/05/2015	240	18	7	x
02/05/2015	62	17	6	
03/05/2015	158	17	7	x
04/05/2015	55,5	17	6	
05/05/2015	60	16	6	
06/05/2015	49	16	6	
07/05/2015	120	16	7	x
08/05/2015	100	15	7	x
09/05/2015	142,5	16	7	x
10/05/2015	120	17	7	x
11/05/2015	130	16	7	x
12/05/2015	76	17	7	
13/05/2015	173	18	8	x
14/05/2015	164,5	17	8	x
15/05/2015	80	17	8	
16/05/2015	160	18	7	x
17/05/2015	156	16	7	x
18/05/2015	60	17	7	
19/05/2015	160	18	7	x
20/05/2015	133	18	8	x
21/05/2015	66,5	17	7	
22/05/2015	130	17	7	x
23/05/2015	80	17	6	
24/05/2015	191,5	18	7	x
25/05/2015	68,5	16	7	
26/05/2015	56	17	6	
27/05/2015	152	18	7	x
28/05/2015	70	18	7	
29/05/2015	171,5	18	7	x
30/05/2015	122,5	18	7	x
31/05/2015	190	16	7	x

Fuente: Elaboración propia.

El volumen total producido de aguas residuales domésticas grises durante todo el mes de Mayo es de 3.698 litros con una media de 119, 29 litros. El valor diario máximo producido es de 240 litros y el valor diario mínimo es 49 litros. En la siguiente figura se muestra la variación del volumen con respecto al día.

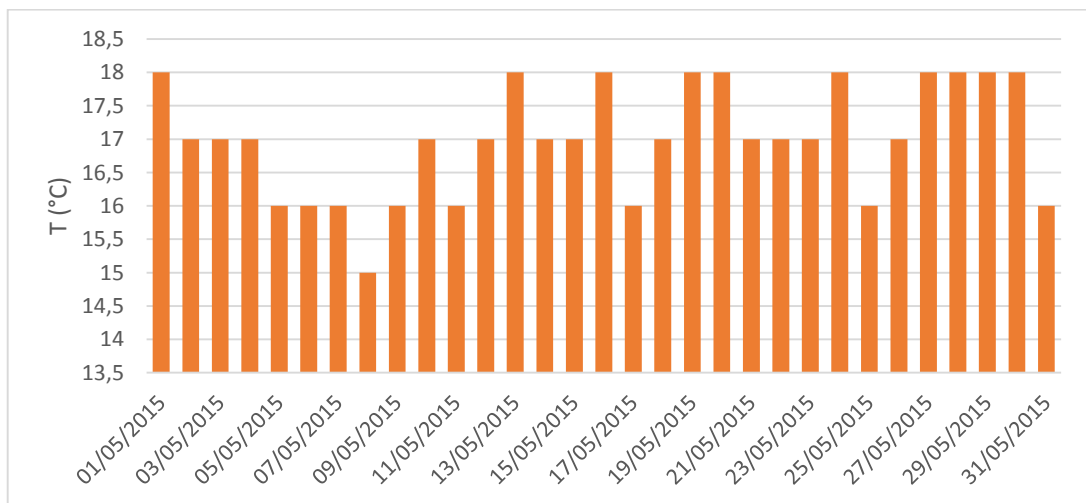
Figura 11. Volumen diario producido de agua residual doméstica gris.



Fuente: Elaboración propia.

La temperatura diaria tiene una variación entre los valores de 15°C y 18 °C, encontrándose en los rangos característicos de un agua residual doméstica. El valor medio de la temperatura durante todo el mes de Mayo es de 17 °C, en la siguiente figura de indican los datos.

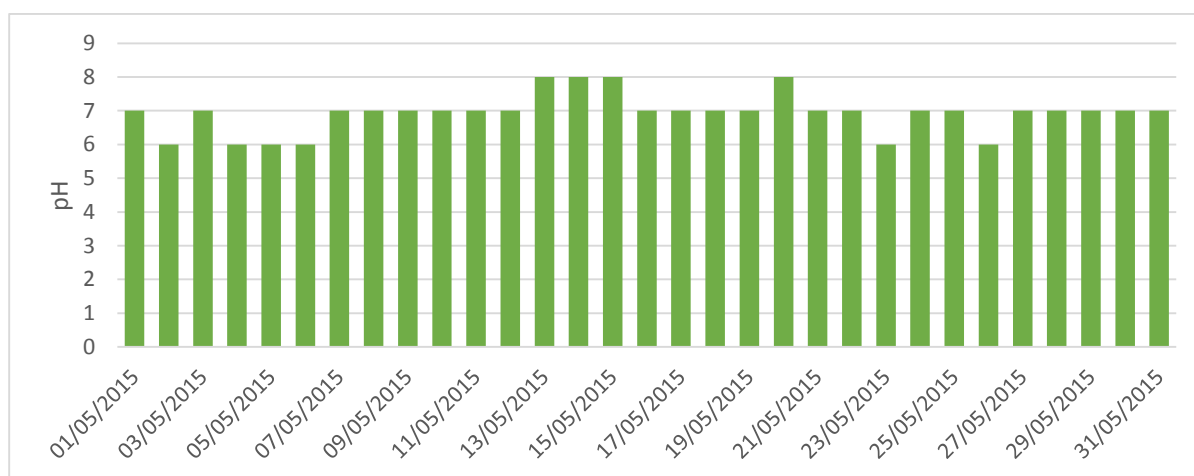
Figura 12. Temperatura diaria del agua residual doméstica gris.



Fuente: Elaboración propia.

El agua residual doméstica gris durante el mes de Mayo presenta un valor medio del pH de 6,94 encontrándose en los rangos característicos de un agua residual doméstica (Tabla 4) y en rango adecuado para un agua destinada al uso en regadío; el valor diario máximo registrado del pH es 8 y el valor mínimo diario es 6.

Figura 13. pH diario del agua residual doméstica gris.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA GRIS.

Los parámetros analizados en el Laboratorio Centro de Servicios Ambientales y Químicos CESAQ-PUCE indican que el agua residual doméstica gris presenta los siguientes valores:

Tabla 14. Comparación de los parámetros analizados con la normativa ambiental (TULAS).

Parámetro	Unidad	Valor	Limite permisible
Aceites y grasas	mg/L	3,8	0,3

DBO	mg/L	816	No aplica
DQO	mg/L	958	No aplica
Sólidos suspendidos	mg/L	1045	No aplica

Fuente: Análisis del Laboratorio Centro de Servicios Ambientales y Químicos CESAQ-PUCE, Anexo F.

En la tabla 11 se puede observar que el límite máximo permisible propuesto por el TULAS para el parámetro de aceites y grasa es de 0,3 mg/L, por lo que se concluye que el agua residual domestica gris producida en la vivienda excede este límite al tener un valor de 3,8 mg/L de aceites y grasa. Por otro lado los valores característicos presentados por un agua residual urbana respecto al contenido de aceites y grasa es de 50-150 mg/L (Tabla 2), por lo que se determina que el agua residual doméstica gris se encuentra por debajo de este rango.

En la tabla 4 se observa que los valores presentados por un agua residual doméstica respecto al DBO van desde los 250-400 mg/L, por lo que se deduce, que el valor presentado por el agua residual doméstica gris es mayor que rango al presentado e un valor de 816 mg/L. Además, en la tabla 4 se puede observar que los valores de un agua residual doméstica para el DQO van desde los 450-800 mg/L, produciéndose la misma situación que en el DBO debido a que el agua residual doméstica gris también excede este rango.

Finalmente en la tabla 4 se encuentran el rango de sólidos suspendidos presentes en un agua residual doméstica que van desde los 200-450 mg/L, con lo que se puede concluir que el agua residual se encuentra fuera de este rango al poseer un valor de 1045 mg/L de sólidos suspendidos.

Lógicamente se tiene que entender que la composición de un agua residual doméstica es diferente a un agua residual doméstica gris ya que esta carece del aporte de las aguas residuales domésticas negras, es por esta razón que las comparaciones antes realizadas solo proporcionan una idea sesgada del grado de contaminación que posee el agua residual doméstica gris.

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS GRISES.

Como se ha visto los sistemas de tratamiento de aguas residuales se componen de estructuras de captación del afluente, estructuras de tratamiento y finalmente de estructuras de descarga o disposición del efluente.

Es por esta razón que primero se diseñará el sistema de recolección de las aguas residuales domésticas grises, luego el sistema de tratamiento y finalmente la estructura para la disposición del efluente tratado para su uso en regadío.

4.3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS DOMÉSTICAS GRISES.

Los conductos de desagüe de las aguas residuales provenientes de una vivienda deben tener los siguientes requisitos para un buen funcionamiento: 1) Una pendiente igual o mayor al 2% y 2) Un diámetro de tubería superior a los 150 mm. (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004)

Las tuberías utilizadas para el desagüe de las aguas residuales provenientes de los inodoros normalmente son de un diámetro de 4 pulg y las tuberías utilizadas para el desagüe de las aguas residuales provenientes de los lavamanos o duchas es de 2 pulg. (Cadena, 12 de junio del 2015)

La red de tuberías que recolecta el agua residual producida por los baños (lavamanos y ducha) y la lavadora se diseñó con una pendiente al 2% y un diámetro de tubería de 2 pulg, debido a que se utiliza normalmente esta medida para la construcción de este tipo de desagüe.

La red de tuberías de los baños y lavandería a detalle se muestran en el Anexo G y los costos para su implementación en el Anexo J.

4.3.2 DISEÑO DE LA TRAMPA DE GRASA.

Las trampas de grasa son tanques de permanecía corta en los cuales las partículas con gravedad específica menor que la del agua flotan (CPE INEN 5, 1992), es por esta razón, que se retienen las grasas flotantes mientras el agua aclarada es expulsada por el conducto de salida. (RAS, 2000)

Las trampas de grasa son parte de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en donde existe una considerable producción de aceites y grasas, generalmente utilizado en estaciones de servicio, moteles, hospitales, restaurantes y hoteles (Romero, 2002). Además, las trampas de grasa se utilizan para el tratamiento de las descargas provenientes de lavanderías de ropa (CEPIS/OPS, 2003, pág. 6).

Las grasas y aceites son grupos de sustancias con características físicas similares, las cuales pueden estar compuestas de materiales de origen vegetal, materiales de tejido animal, petróleo o componentes del petróleo y también de aquellos materiales que son extraídos con hexano (Romero, 2002). Por otro lado, el contenido de grasas y aceites presentes en un agua residual doméstica es de 30 a 50 mg/L y puede constituir alrededor del 20% de su DBO. (Romero, 2002)

Para rebajar el contenido de grasa presente en el agua residual doméstica gris es imprescindible diseñar una trampa de grasa, aunque no existe una alta concentración de grasa en el afluente a tratar, es necesario rebajar este contenido para cumplir con la normativa ambiental de un agua destinada al uso agrícola.

4.3.2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA TRAMPA DE GRASA.

Los parámetros de diseño recomendados para una trampa de grasa son:

- El tanque debe tener 0,25 m² de área por cada L/s.
- El diámetro de la entrada debe ser de un diámetro mínimo de Ø 50 mm y
- El diámetro de salida debe de ser de un diámetro mínimo de Ø 100 mm,
- El extremo final del tubo de entrada debe tener una sumergencia de por lo menos 150 mm (RAS, 2000, pág. 29).

Además, de las distancias antes mencionadas se requiere que:

- La profundidad no deberá ser menor a 0,80 m.
- La parte inferior de la tubería deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- La relación largo/ancho del área de la trampa de grasa deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y la salida deberá de ser no menor a 0,05 m.

- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m (CEPIS/OPS, 2003, pág. 8).

Los tiempos de retención hidráulicos para una trampa de grasa respecto al caudal de entrada se describen en la siguiente tabla:

Tabla 15. Tiempos de retención hidráulicos.

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	< 10
4	10-20
5	> 20

Fuente: (CPE INEN 5, 1992, pág. 229)

Las dimensiones de una trampa de grasa utilizada en una o dos viviendas unifamiliares suele tener una superficie útil de 0,60 m² y una altura mínima de 0,50 m, siendo el volumen mínimo útil para una vivienda de una sola familia 120 L (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004). Por otro lado, la capacidad mínima de una trampa de grasa debe de ser de 300 L (CEPIS/OPS, 2003).

4.3.2.2 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA TRAMPA DE GRASA.

Cálculo del área superficial de la trampa de grasa.

El volumen máximo obtenido en la residencia es de 240 L, siendo este el volumen útil que tendría que tener la trampa de grasa. Por otra parte, el volumen mínimo de una trampa de grasa es de 300 L, por lo que se adopta este valor para el dimensionamiento de la trampa de grasa.

La razón de realizar el dimensionamiento utilizando el volumen útil como factor principal para obtener las medidas de la trampa de grasa, es que no se realizó ninguna medición sobre el caudal generado por la vivienda, ya que era muy dificultoso registrar los datos, porque se producían a diferentes horas del día.

De esta manera se utilizan las dimensiones de una trampa de grasa idónea para una vivienda unifamiliar, siendo el área de la superficie (A_s) y la altura (H) de la trampa de grasa los siguientes:

$$A_s = 0,60 \text{ m}^2 \quad H = 0,50 \text{ m}$$

Cálculo del ancho (a) y largo (Lg) de la trampa de grasa.

Las ecuaciones utilizadas son las desarrolladas por Kestler (2004) en el diseño de una trampa de grasa para el uso en una vivienda.

La relación para el cálculo del largo y ancho de la trampa de grasa utilizado es 2:1, obteniéndose los siguientes valores:

$$Lg = 2 a \tag{1}$$

$$A_s = lg \times a \tag{2}$$

Se reemplaza la ecuación (1) en la ecuación (2), obteniendo:

$$A_s = 2 a^2$$

Se despeja el ancho (a), obteniendo:

$$a = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

Se reemplazan los datos y se obtiene:

$$a = \sqrt{\frac{0,60 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a = 0,547 \text{ m} \approx 0,55 \text{ m}$$

Luego se reemplaza “a” en la ecuación (1), obteniendo:

$$Lg = 2 \times 0,55 \text{ m}$$

$$Lg = 1,10 \text{ m}$$

Cálculo del tiempo de retención hidráulico (Trh) de la trampa de grasa.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo del tiempo de retención hidráulica de una trampa de grasa son las usadas por Solís (2014).

El volumen (V) de la trampa de grasa se calcula reemplazando los datos antes calculados en la siguiente ecuación:

$$V = Lg \times a \times H$$

$$V = 1,10 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$$

$$V = 0,3025 \text{ m}^3 \text{ o } 302,5 \text{ L}$$

Para el cálculo del caudal (Q) se tomara el volumen máximo registrado en un día, quedando el siguiente resultado:

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q = \frac{240 \text{ L}}{24 \text{ h}}$$

$$Q = 10 \text{ L/h}$$

Luego se calcula el tiempo de retención hidráulica reemplazando los datos antes calculados en la siguiente ecuación:

$$Trh = \frac{V}{Q}$$

$$Trh = \frac{302,5 \text{ L}}{10 \text{ L/h}}$$

$$Trh = 30,25 \text{ h}$$

Los resultados del dimensionamiento de la trampa de gasa se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Dimensiones de la trampa de grasa.

Medidas de la trampa de grasa	
Ancho	0,55 m
Largo	1,10 m
Altura	0,50 m

Elaborado por: Rocha, 2015.

La representación gráfica de la trampa de grasa se encuentra en el Anexo H.

Los porcentajes en la remoción de aceites y grasa, DBO, DQO y sólidos suspendidos totales realizados por una trampa de grasa se explican en la siguiente tabla:

Tabla 17. Eficiencia de una trampa de grasa.

Eficiencia de remoción de una trampa de grasa					
Parámetros	DBO₅	DQO	SST	Grasas y Aceites	Referencia
	5%	5%	10%	70%	Folleco y Revelo (2010)
	-	-	-	90-92%	Durman (s.f.)

Elaborado por: Rocha, 2015.

En base a la tabla 17 las concentraciones finales del agua residual doméstica gris en DBO, DQO, sólidos suspendidos totales (SST) y grasas y aceites, después de realizar el tratamiento con la trampa de grasa serían:

Tabla 18. Concentraciones finales de aceites y grasa, DBO, DQO y SST del agua residual doméstica gris después de realizar el tratamiento con la trampa de grasa.

Concentraciones finales de aceites y grasa, DBO, DQO y SST luego de realizar el tratamiento con la trampa de grasa.			
Parámetros	Concentración Inicial	Porcentaje de remoción	Concentración final
Aceites y grasas	3,8 mg/L	70% - 92%	1,14 – 0,304 mg/L
DBO	816 mg/L	5%	775,2 mg/L
DQO	958 mg/L	5%	910,1 mg/L
SST	1045 mg/L	10%	940,5 mg/L

Elaborado por: Rocha, 2015.

En el porcentaje más alto para la remoción de aceites y grasas se tiene un 92%, dando como resultado una concentración de 0,304 mg/L, con lo cual se estaría cumpliendo con la normativa ambiental ecuatoriana para el uso de un agua residual en regadío.

4.3.3 DISEÑO DEL FILTRO VERDE.

El agua residual doméstica gris tratada por la trampa de grasa es conducida hacia un tanque de almacenamiento de 250 L, para luego ser regada en el área agrícola sembrada de aguacates, produciéndose un proceso de depuración realizado por el mismo terreno sembrado.

Las características para del terreno utilizado para la implementación de un filtro verde se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 19. Características principales de un filtro verde.

	Evacuación y depuración	Permeabilidad	Sistema de aplicación
Filtro verde (Sistema)	Evapotranspiración Infiltración	Moderada > 0,15 cm/h	Aspersión Surcos Inundación

de tasa lenta)	Necesidad de vegetación y suelo aireado.		
-----------------------	--	--	--

Fuente: (Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, & Galán, 2004, pág. 227), adaptado.

La capacidad de drenaje y retención del agua depende de la textura del suelo, dependiendo de la textura se puede escoger el método más adecuado para la depuración del agua residual siendo la clasificación la siguiente:

- *Sistemas de flujo sobre el suelo*: Suelos de textura fina que no drenan bien y retienen altas cantidades de agua en largos tiempos.
- *Sistemas de tasa lenta (Filtro verde)*: Suelos de textura media.
- *Sistemas de infiltración rápida*: Suelos de textura gruesa que pueden captar grandes cantidades de agua sin retenerla por mucho tiempo (Romero, 2002, pág. 915).

En la siguiente tabla se encuentra la clasificación del suelo según su textura, pudiéndose observar tres clases de suelos:

Tabla 20. Clases de suelos según su textura.

Nombre	Textura	Clase
Suelos arenosos	Gruesa	Arena Arena margosa
	Moderadamente gruesa	Marga arenosa Marga arenosa fina
Suelos margosos	Media	Marga arenosa muy fina Marga Marga limosa Limo
	Moderadamente fina	Marga arcillosa Marga arcilloarenosa Marga arcillolimosa
Suelos arcillosos	Fina	Arcilla arenosa

		Arcilla limosa Arcilla
--	--	---------------------------

Fuente: (Romero, 2002, pág. 915)

Para determinar si la textura del suelo es adecuada para la implementación del filtro verde en la zona agrícola se realizó un examen en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Anexo I), obteniéndose los siguientes resultados:

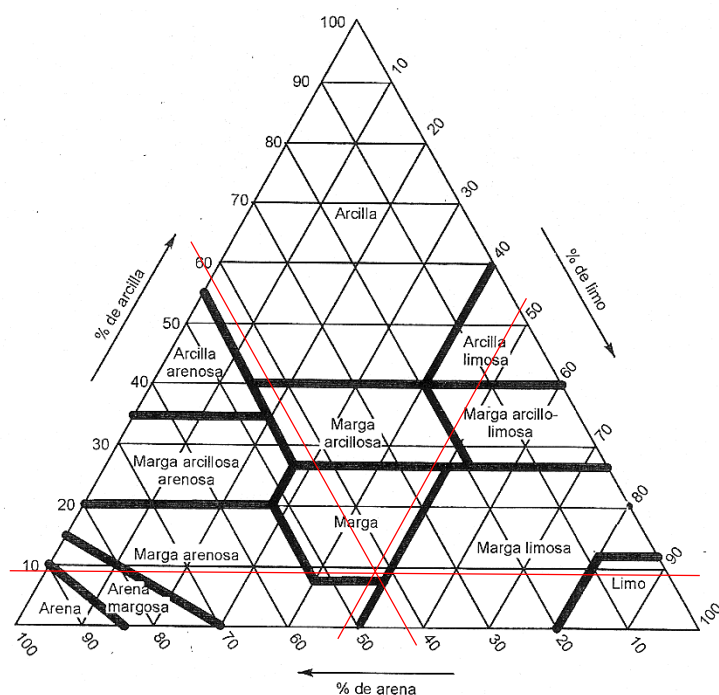
Tabla 21. Resultados del análisis del suelo de la zona agrícola.

Composición del suelo de la zona agrícola	
Arcilla	9%
Arena	43%
Limo	48%

Fuente: Laboratorio de Materiales de Construcción PUCE, Anexo I.

Con los resultados del laboratorio y la ayuda del triángulo de la textura de suelos se determinó que la textura del suelo de la zona agrícola es media siendo un suelo margoso.

Figura 14. Clasificación de los suelos según su textura.



Fuente: (Romero, 2002, pág. 916)

4.3.3.1 CALCULO DEL ÁREA REQUERIDA PARA EL FILTRO VERDE.

Para el cálculo del área necesaria para el filtro verde se procederá a calcular mediante la ecuación descrita por Álvarez (2000), obteniendo lo siguiente:

$$A_{FV} = \frac{Q \times C}{12.000 \text{ g/ha}} \quad (3)$$

Donde:

A_{FV} = Superficie del campo en hectáreas.

Q = Caudal medio diario de agua residual (m^3).

C = Concentración de DBO_5 promedio en el agua residual (mg/L).

12.000 = Cantidad de gramos de DBO_5 por habitantes equivalentes asimilados en una hectárea de terreno (g/ha).

El volumen medio diario es 119,29 L registrado en un día, para facilidades del diseño se redondeara la cifra a 120 L, para obtener un área que englobe totalmente al agua residual

doméstica gris empleada en el riego del cultivo. La concentración del DBO luego del tratamiento realizado por la trampa de grasa es 775,2 mg/L. Reemplazando estos datos en la ecuación se obtiene lo siguiente:

$$A_{FV} = \frac{0,120 \text{ m}^3 \times 775,2 \text{ mg/L}}{12.000 \text{ g/ha}}$$

$$A_{FV} = 0,007752 \text{ ha o } 77,2 \text{ m}^2$$

El filtro verde se implementara en la zona agrícola # 1 dividiendo el área total en cuatro partes iguales teniendo un área 86,25 m² por división, siendo un área aun mayor que la calculada.

Los porcentajes de remoción obtenidos en el tratamiento de un agua residual por medio de un filtro verde se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 22. Porcentaje de remoción de contaminantes de un filtro verde.

Parámetro	(%)
DBO	> 98
DQO	> 95
N	> 85
P	> 99
Metales	> 95
SST	99
Patógenos	99
Detergentes	80

Fuente: (Romero, 2002, págs. 912-913), adaptado.

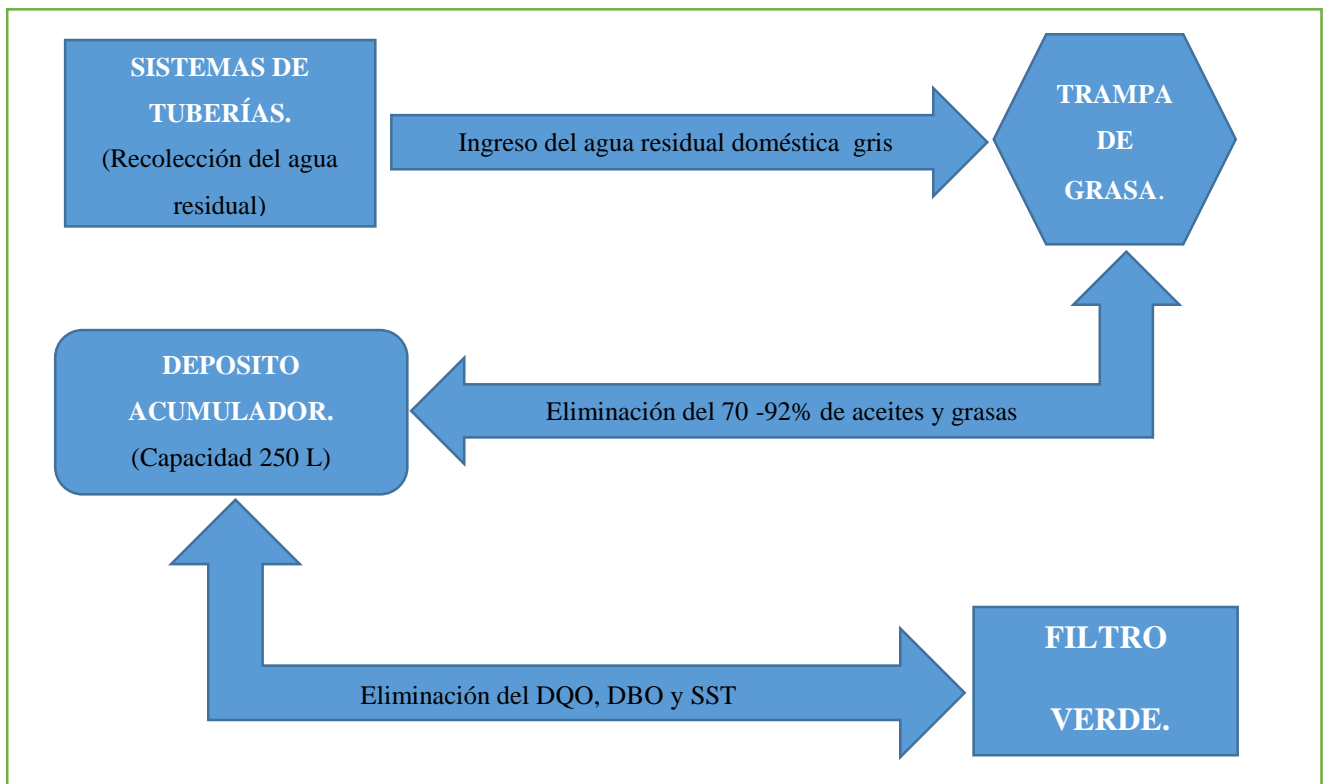
En base a la tabla 22 los niveles de contaminación del agua residual doméstica gris después de realizar el tratamiento con el filtro verde serian:

Tabla 23. Concentraciones finales de los contaminantes presentes en el agua residual doméstica gris luego de ser tratado con el filtro verde.

Concentraciones finales de los contaminantes después del tratamiento con el filtro verde.			
Parámetros	Concentración del efluente de la trampa de grasa	Porcentaje de remoción	Concentración final
Aceites y grasas	0,304 mg/L	0%	0,304 mg/L
DBO	775,2 mg/L	98%	15,5 mg/L
DQO	910,1 mg/L	95%	45,5 mg/L
SST	940,5 mg/L	99 %	9,405 mg/L

Elaborado por: Rocha, 2015.

4.3.4 DIAGRAMA DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO.



Elaborado por: Rocha, 2015.

El funcionamiento del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises consiste en realizar un tratamiento al efluente producido en la vivienda en dos etapas

En la primera etapa se realiza un tratamiento por medio de una trampa de grasa, para la depuración de los aceites y grasas presentes en el agua residual. Posteriormente se recoge el efluente tratado por la trampa de grasa en un tanque de 250 L, para ser regado en los filtros verdes por medio de una manguera, produciéndose la segunda etapa del tratamiento.

El diseño integrado del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises se encuentra en el Anexo J y Anexo K.

El costo para la implementación del sistema de tratamiento del agua residual doméstica gris es de 546,46 USD, la tabla de descripción de rubros se encuentra en el Anexo L.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- El diseño del sistema de tratamiento para el agua residual doméstica gris contempla un tratamiento preliminar realizado por una trampa de grasa con el objetivo de eliminar el contenido excesivo de aceites y grasas y un tratamiento avanzado realizado por un filtro verde con el objetivo de reducir el DBO, DQO y SST.
- El contenido de DBO presente en el agua residual doméstica gris, en forma de materia orgánica, es una potencialidad aprovechable (Seoáñez, 2005) para el crecimiento de las plantas ubicadas en el filtro verde.
- La residencia posee un área total de 1.099 m² de zona agrícola, siendo un área más que suficiente para la implementación del filtro verde, ya que este solo necesita un área de 77,2 m².
- La utilización del agua residual doméstica gris tratada permite reducir el consumo de un recurso de alta calidad (agua potable) en actividades que no requieren de dicha calidad, como es el caso del riego de cultivos; por otro lado, la utilización del agua residual doméstica gris tratada permite la reducción de los costos asociados al consumo de agua potable.
- El sistema de tratamiento del agua residual doméstica gris logra aprovechar el volumen producido de agua residual, para el regadío de la zona agrícola cultivada con aguacates, ayudando de esta manera a mantener en un buen estado al cultivo.

- El costo para la implementación del sistema de tratamiento del agua residual doméstica gris en la vivienda es bajo.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Poner en práctica la propuesta de la reutilización del agua residual doméstica gris como agua de regadío en una vivienda que posea una zona agrícola considerable.
- Se deben incorporar las propuestas sobre la reutilización del agua residual doméstica producida por una vivienda en los diseños arquitectónicos previos a la construcción para evitar gastos innecesarios en las adecuaciones para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- La red de tuberías para la recolección de las aguas residuales domésticas grises deben construirse con un diámetro mínimo de Ø 2 pulg y con una pendiente mínima del 2%.
- La construcción de la trampa de grasa debe realizarse en hormigón armado para tener una mayor resistencia y durabilidad durante el paso del tiempo.
- La trampa de grasa deberá limpiarse regularmente para evitar el escape de cantidades apreciables de grasa y la producción de malos olores.
- En las viviendas que no posean zonas agrícolas para utilizar el efluente tratado en regadío se debería adaptar el sistema propuesto en este trabajo para reutilizar el agua residual doméstica gris en las descargas de los inodoros de dichas viviendas.
- Es recomendable realizar un examen en un laboratorio para determinar la textura del suelo en donde se va implementar el filtro verde, ya que es muy importante que el suelo tenga una textura media.

CAPITULO VI.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

- Achaerandio, L. (2010). *Iniciación a la práctica de la investigación*. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2012/ini-investigacion.pdf>.
- Álvarez, F. (2000). *Filtros verdes. Un sistema de depuración ecológico*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd19/collazo/filtverd.pdf>
- Arias, F. (1999). *El proyecto de investigación: Guía para su elaboración*. Obtenido de <http://www.smo.edu.mx/colegiados/apoyos/proyecto-investigacion.pdf>
- Asano, T., Smith, R., & Tchobanoglous, G. (1990). Agua residual municipal: Tratamiento y características del agua residual regenerada. En R. Mujeriego (Ed.), *Manual práctico de riego con agua residual municipal regenerada* (págs. 13-33). Obtenido de http://www.researchgate.net/profile/Rafael_Mujeriego/publication/230887765_Manual_Prtico_De_Riego_Con_Agua_Residual_Municipal_Regenerada/links/5458b4f10cf2cf5164831668.pdf.
- Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa: Guía práctica*. Obtenido de <http://dip.una.edu.ve/mead/metodologia1/Lecturas/bisquerra2.pdf>
- Cadena, R. (12 de junio del 2015). *Comunicación personal*.
- Cauas, D. (s. f.). *Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/210115/Documento_reconocimiento_Unidad_No_2.pdf

- CEPIS/OPS. (2003). *Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa*. Obtenido de http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/etTrampa_grasa.pdf
- Corbitt, R. (2003). *Manual de referencia de la ingeniería medioambiental*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.
- CPE INEN 5. (1992). *Código ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de <ftp://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.5.9.1.1992.pdf>
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, S. A.
- Davis, M., & Masten, S. (2005). *Ingeniería y ciencias ambientales*. México D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V.
- Durman. (s.f.). *Ficha técnica de la trampa de grasa Endura*. Obtenido de [http://www.durman.com.mx/vol01/pagina.nsf/Edif_TG/\\$FILE/FICHATECNICATPG.pdf](http://www.durman.com.mx/vol01/pagina.nsf/Edif_TG/$FILE/FICHATECNICATPG.pdf)
- Fair, G., Geyer, J., & Okun, D. (1979). *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*. Cali: Carvajal S. A.
- Fair, G., Geyer, J., & Okun, D. (1980). *Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales*. Cali: Carvajal S. A.
- Folleco, M., & Revelo, V. (2010). *Plan de manejo ambiental para la planta de procesamiento de brócoli que opera el régimen de la zona franca especial en el Municipio de Ipiales-Nariño* (Tesis de posgrado), Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2258/1/333715F194.pdf>
- Hernández Muñoz, A., Hernández Lehmann, A., & Galán, P. (2004). *Manual de depuración uralita*. Madrid: Thomson Editores Spain Paraninfo, S. A.
- Herrera, G. (2011). *Tratamiento, reuso de agua gris y captación de agua pluvial en una vivienda de interés social* (Tesis de pregrado), Universidad Autónoma de Querétano. Obtenido de <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/2563>

- Izembart, H., & Le Boudec, B. (2003). *Using plant systems to treat wastewater*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Kestler, P. (2004). *Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda* (Tesis de pregrado), Universidad Rafael Landívar. Obtenido de <http://biblio2.url.edu.gt/Tesis/02/01/Kestler-Rojas-Patricia/Kestler-Rojas-Patricia.pdf>
- Mancera, H. (2004). *Modelo para valoración de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes en Barrancabermeja* (Tesis de posgrado), Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7020/2/114218.pdf>
- Mihelcic, J., & Zimmerman, J. (2012). *Ingeniería ambiental: Fundamentos, sustentabilidad, diseño*. México D. F.: Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V.
- Mihelcic, J., Auer, M., Hand, D., Honrath, R., Perlinger, J., Urban, N., & Penn, M. (2008). *Fundamentos de ingeniería ambiental*. México D. F.: Limusa Wiley.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Obtenido de http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf
- Orozco, C., Pérez, A., González, N., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2011). *Contaminación ambiental: Una visión desde la química*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S. A.
- Osorio, F., Torres, J., & Sánchez, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes: Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Posso, M. (2011). *Proyectos, tesis y marco lógico: Planes e informes de investigación*. Quito: Noción Imprenta.
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Sevilla: Editorial Reverté, S. A.
- Ramos, Y., & Uribe, I. (2009). *Planta piloto para tratamiento de aguas residuales industriales de ACESCO por medio de humedales construidos-laminas filtrantes*. Obtenido de <http://www.redisa.uji.es/artSim2009/Tecnologia/Planta%20piloto%20para%20tratami>

ento%20de%20aguas%20residuales%20industriales%20de%20acesco%20por%20medio%20de%20humedales%20construidos.pdf

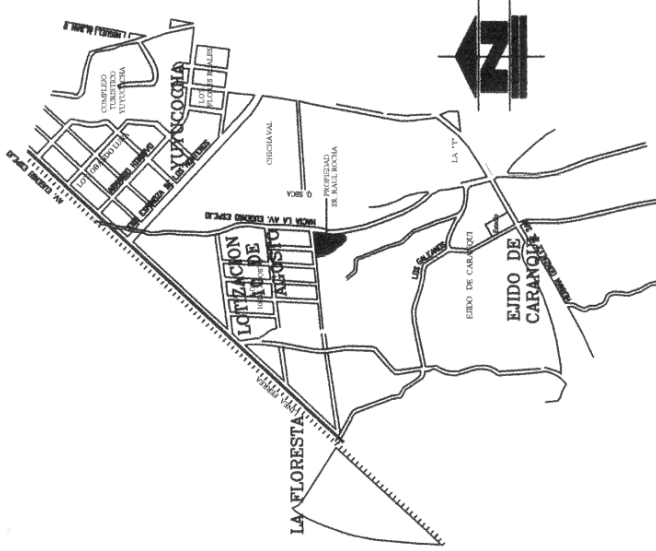
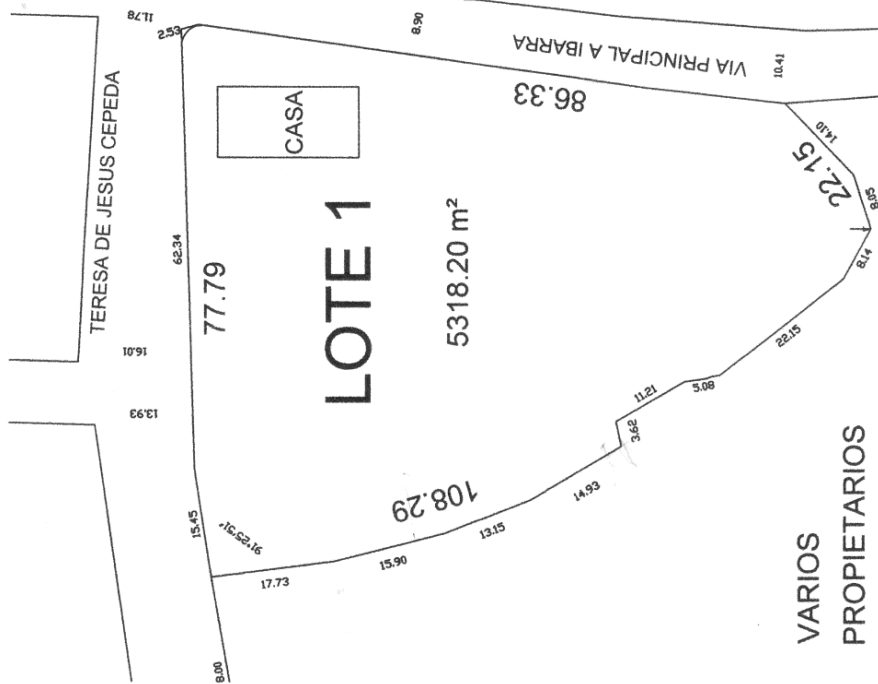
- RAS. (2000). *Sección II. Título E. Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
- Robledo, J. (2004). *Población de estudio y muestreo en la investigación epidemiológica*. Obtenido de http://www.nureinvestigacion.es/FICHEROS_ADMINISTRADOR/F_METODOLOGICA/formacion%2010.pdf
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (s. f.). *Informe de vigilancia tecnológica: Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Obtenido de http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2_tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf
- Rojas, R. (2002). *Conferencia: Sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358003/AVA_II-SEM-2014/Contenidos_del_curso/Material_complementario/2002_Sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
- Romero, J. (2002). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. Obtenido de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>
- Seoánez, M. (2005). *Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una Revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 347-359. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n2/v26n2a20.pdf>
- Solís, J. (2014). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de Petroecuador terminal Riobamba* (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3510/1/96T00263%20UDCTFC.pdf>
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (s. f.). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. Obtenido de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_03_BAS01.pdf
- TULAS. (2015). *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (Libro VI, Anexo I)*. Obtenido de http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=230&Itemid=59&lang=es
- Valencia, A. (2013). *Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis-Provincia de Chimborazo* (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Veliz, E., Llanes, J., Asela, L., & Bataller, M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 40(1), 35-44. Obtenido de <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Saneamiento/Reuso%20de%20efluentes%20en%20riego%20CEPIS.pdf>
- Von Sperling, M. (2012). *Introducción a la calidad del agua y al tratamiento de aguas residuales*. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.
- Westcot, D., & Ayers, R. (1990). Criterios de calidad del agua de riego. En R. Mujeriego (Ed.), *Manual práctico de riego con agua residual municipal regenerada* (págs. 35-66). Obtenido de http://www.researchgate.net/profile/Rafael_Mujeriego/publication/230887765_Manual_Prctico_De_Riego_Con_Agua_Residual_Municipal_Regenerada/links/5458b4f10cf2cf5164831668.pdf.

ANEXOS

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK IBARRA

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



CUADRO DE AREAS						
NOMBRES	LOTE No.	LINDEROS y DIMENSIONES				AREA
		NORTE	SUR	ESTE	OESTE	
SR RAUL ROCHA LEGARDA	1	TERESA DE JESUS CEPEDA 77.79m	PROPIETARIOS VARIOS 22.15m	VIA PRINCIPAL (EMPIEDRADO) 86.33 m	VARIOS PROPIETARIOS 108.29 m	5318.20m ²
TOTAL						5318.20m ²

CONTIENE

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA PROPIEDAD DEL SR. RAUL ROCHA LEGARDA

UBICACION Calle Teresa de Jesus C
Coop. 10 de Agosto

ESCALAS 1: 100

FECHA MARZO 2011

DIBUJO AUTOCAD 2011

LAMINA 1 DE 1

PROYECTO

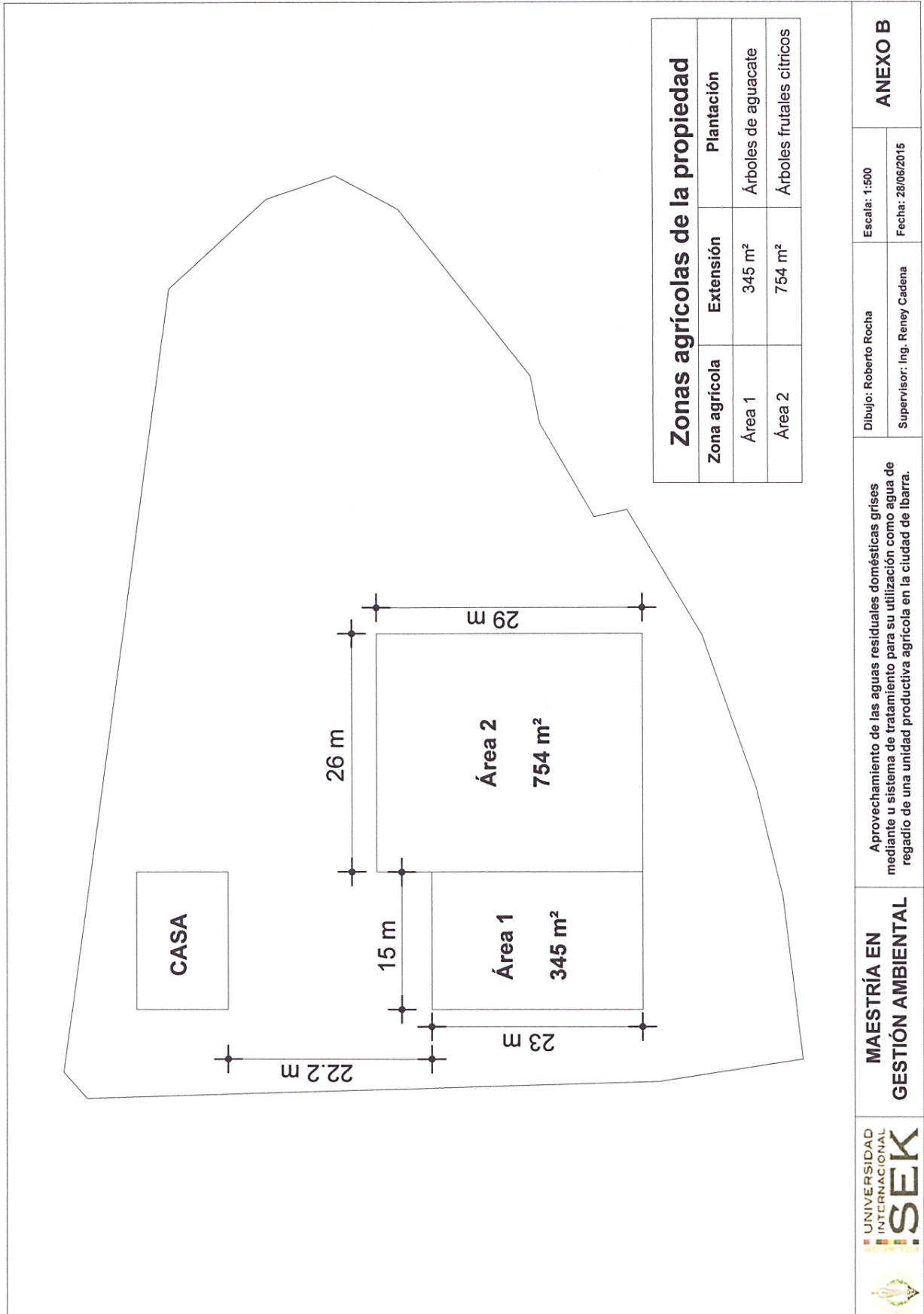
INGENIERO CIVIL

RG.10083 MUNC.126-2011 Sr. Raul Rocha Legarda

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

Anexo B. Áreas agrícolas presentes en la vivienda.



ANEXO B

Escala: 1:500
Fecha: 28/06/2015

Dibujo: Roberto Rocha
Supervisor: Ing. Reney Cadena

Aprovechamiento de las aguas residuales domésticas grises mediante u sistema de tratamiento para su utilización como agua de riego de una unidad productiva agrícola en la ciudad de Ibarra.

**MAESTRÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL**



Anexo C. Fotografía del sistema de recolección de las aguas residuales domésticas grises.



Fuente: Rocha, 2015.

Anexo D. Fotografía de la recolección de la muestra de agua residual doméstica gris.



Fuente: Rocha, 2015.

**Anexo E. Cotización del Laboratorio Centro de Servicios Ambientales y Químicos
CESAQ-PUCE.**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUIMICOS**
AV. 12 DE OCTUBRE N20-80 Y AV. PATRIA
TELEFONOS 2991 712 - 2991 700 Ext. 1906 y 1938
cesaq@puce.edu.ec

COTIZACIÓN : 7072

CLIENTE	CONSUMIDOR FINAL
CONTACTO	COMSUMIDOR FINAL
TELEFONO	000-0000
E-MAIL	

FECHA EMISIÓN	15/05/2015
FECHA VALIDEZ	30/05/2015
CONDICION DE PAGO	CONTADO

IMPORTANTE

Estimado Cliente: en el momento de la entrega de la muestra Usted deberá asegurarse que la muestra cumpla con los requisitos detallados en esta cotización, especialmente con respecto al volumen y tipo de envase. En caso que Usted requiera que se analicen las muestras pese a no cumplir con lo requerido, los parámetros se analizarán bajo responsabilidad del cliente y no serán cubiertos por la Norma Internacional ISO 17025 (OAE/ENAC), lo cual se reflejará en los informes de resultados entregado al cliente.

ANALISIS DE AGUAS

Acred	Parámetro	Clave	Método de ensayo	Rango de Trabajo (unidades)	Volumen de muestra requerido (ml)	Tipo de envase requerido	Cant.	Precio Unitario (USD)	TOTAL (USD)
1	Aceites y Grasas (sustancias solubles en hexano)	A001	SM 5520C	0.6 - 1000.0 (mg/L)	100.00	Vidrio ambar	1	30.00	30.00
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	A029	SM 5210 B	6 - 4000 (mg/L)	500.00	Plástico/Vidrio	1	25.00	25.00
1	Demanda Química de Oxígeno	A030	SM 5220 D	10 - 10000 (mg/L)	100.00	Plástico/Vidrio	1	30.00	30.00
1	Solidos Suspendidos	A069	HACH 8006	50 - 1000 (mg/L)	100.00	Plástico/Vidrio	1	10.00	10.00
							800.00	Subtotal USD	95.00

Subtotal	\$ 95.00
Descuento:	\$ 0.00
Impuesto:	\$ 11.40
Total:	\$ 106.40

OBSERVACIONES :

NOMBRE: RAUL ROCHA
CEDULA O RUC: 1704865912
TELEFONO: 0998141315
MAIL: rrocha@pronaca.com

Anexo F. Resultados del análisis realizado en el laboratorio.

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 14491-1

Página 1 de 2

CESAQ - PUCE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
CENTRO DE SERVICIOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS
INFORME DE ANÁLISIS No. 14491-1

Datos generales:

Cliente: ROCHA CADENA ROBERTO DANIEL

Dirección: QUITO

Teléfono: 0998834458

Tipo de muestra: AGUA RESIDUAL

Toma de Muestra:(No cubierta por las acreditaciones)

FECHA DE MUESTREO: 27/05/2015

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: RM1 / CASA RESIDENCIAL

MUESTREADO POR: CLIENTE

FECHA RECEPCIÓN: 27/05/2015 INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE

Norma de Comparación: ACUERDO 028 SUST LIBRO VI TULAS TABLA 4 CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO AGRICOLA EN RIEGO

Parámetros analizados:

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	NORMA ^{N1}	OBSERVACIONES
	AGUAS Y SUELOS					
1	Aceites y Grasas (sustancias solubles en hexano)	SM 5520C	mg/L	3,8	AUSENCIA	NO CUMPLE
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	SM 5210 D	mg/L	816	NA	
1	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D	mg/L	958	NA	
1	Sólidos Suspendidos	HACH 8006	mg/L	> 1000	NA	

Fecha de Realización del Ensayo

La muestra ingresa al CESAQ-PUCE el día, 27 de mayo del 2015. Los análisis fueron realizados en el período comprendido entre el 27 de mayo del 2015 y el 4 de junio del 2015.

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo

El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE

*Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se encuentran disponibles en los registros del CESAQ - PUCE
CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001*

ACREDITACIONES



INFORME CESAQ-PUCE No. 14491-1

Página 2 de 2

Versión: 2

NOTAS

U	Incertidumbre	NV	No Viable
N.E.	No. Evaluable	NA	No Aplica
N.D.	No. Disponible	< =	Menor a
N1	Norma de Comparación	La identificación de la muestra es dada por el cliente	
N2	No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del laboratorio es inferior a la norma		
N3	No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del laboratorio es superior a la norma		
Integridad de la muestra se refiere al cumplimiento de las normas de envase y preservación			
Los ensayos de suelos se realizan en materia seca, a excepción de pH y Conductividad			

ACREDITACIONES

AA	ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
1	OAE LE2 C 04-001
2	OAE LE C 10-011 (Realizados en Diserlab - PUCE)
3	Ensayo Subcontratado No Acreditado
4	Ensayo Subcontratado Acreditado
*	Los ensayos marcados no están incluidos en el alcance de acreditación OAE LE2 C 04-001

OBSERVACIONES ANALÍTICAS

El valor se encuentra fuera del rango de acreditación: Sólidos Suspendedos = 1045 mg/L

Revisado y Aprobado por

M. Sc. David Romero Estévez
DIRECTOR TÉCNICO

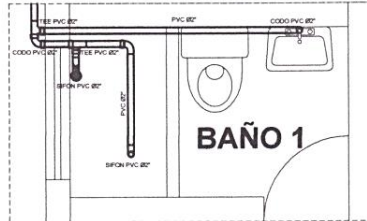
Quito, 2 de Julio del 2015

*El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
El presente informe no debe reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESAQ - PUCE
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación se encuentran disponibles en los registros del CESAQ - PUCE
CESAQ-PUCE, laboratorio acreditado OAE LE 2 C 04-001*

Anexo G. Diseño del sistema de tuberías.

DETALLE DE RED DE TUBERIAS PVC

ESCALA 1: 50



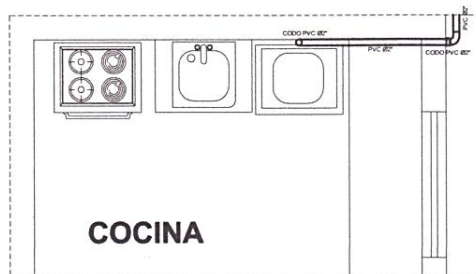
BAÑO 1

ESCALA 1: 50



BAÑO 2

ESCALA 1: 50



COCINA

LAVADORA

ESCALA 1: 50

ANEXO G

Escala: 1:50

Fecha: 28/06/2015

Dibujo: Roberto Rocha

Supervisor: Ing. Roney Cadena

Aprovechamiento de las aguas residuales domésticas grises mediante el sistema de tratamiento para su utilización como agua de riego de una unidad productiva agrícola en la ciudad de Ibarra.

MAESTRÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL

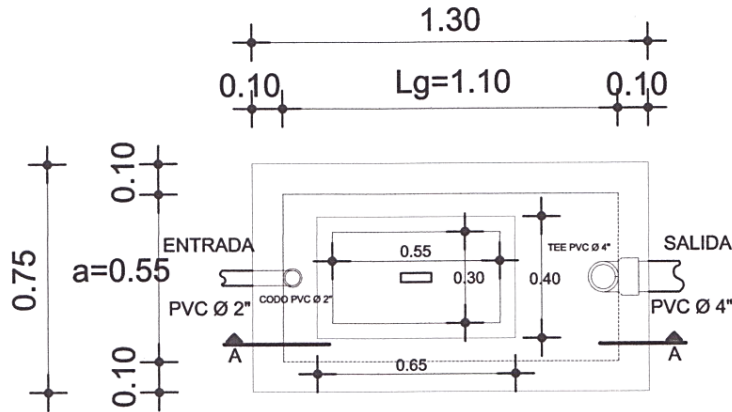
UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK



Anexo H. Diseño de la trampa de grasas.

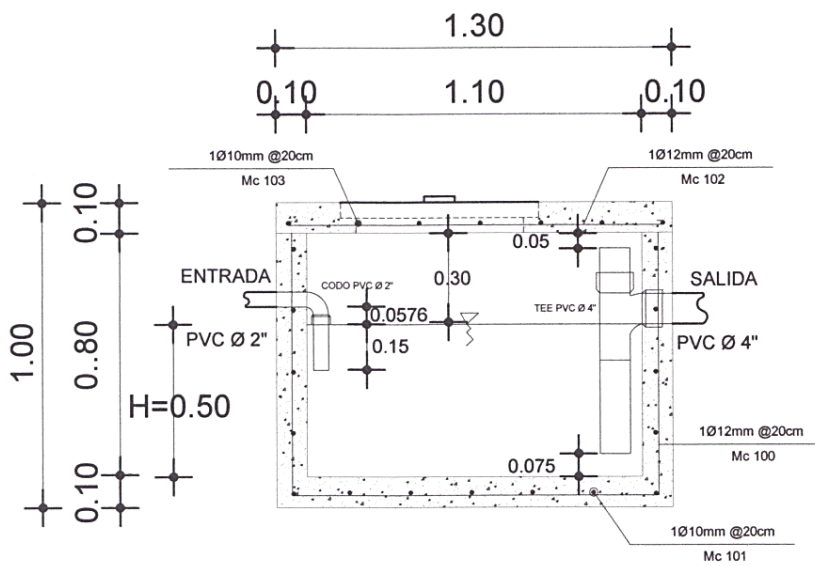
DETALLE DE TRAMPA DE GRASA

ESCALA 1: 20



PLANTA

ESCALA 1: 20



CORTE A-A

ESCALA 1: 20

ANEXO H

Escala: 1:20

Fecha: 28/06/2015

Dibujo: Roberto Rocha

Supervisor: Ing. Roney Cadena

Aprovechamiento de las aguas residuales domésticas grises mediante un sistema de tratamiento para su utilización como agua de riego de una unidad productiva agrícola en la ciudad de Ibarra.

**MAESTRÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK



Anexo I. Resultados del análisis del suelo de la zona agrícola.



Pontificia Universidad Católica del Ecuador LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA
INFORME DE ENSAYO
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

OBRA: Tesis
LOCALIZACIÓN: Ibarra
MUESTRA: Muestra tomada por el Cliente
DESCRIPCIÓN: M1, Suelo Zona Agrícola
NORMA: ASTM D - 422

N° DE RECEPCIÓN: 2927 S
SOLICITADO POR: Roberto Rocha
FISCALIZACIÓN:
CONTRATISTA:
FECHA INGRESO: 2015-07-02
FECHA ENTREGA: 2015-07-17

1.- DATOS DE HIDROMETRÍA

Material pasante del Tamiz: N° 40

Gravedad específica de sólidos (G _s)	2,53	Agente dispersante	NaPO ₃
Hidrómetro Tipo ASTM	152 H	Cantidad del agente dispersante (gr/lit)	40,0
Masa Inicial de suelo seco (g)	75,04	Corrección del menisco	1,00
Masa Inicial del suelo seco corregido (g)	74,82	Corrección de cero	7,00
Temperatura del ensayo (°C)	22	Corrección de temperatura	2,15

2.- CONTENIDO DE HUMEDAD HIGROSCÓPICA

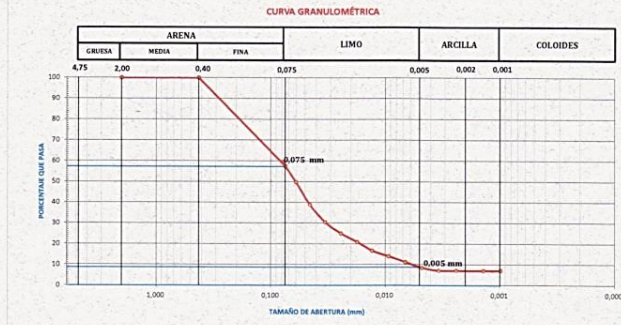
Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad
6,08	16,15	16,12	0,30

3.- GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

TAMIZ N°	N° 10	N° 40	N° 200
% QUE PASA	100,00	100,00	57,44

4.- GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO

Hora de la lectura	Tiempo min	Lectura real Rc	Lectura Corregida Rcp	Porcentaje más fino	Hidrómetro corregido Ref.	L	L / l	D mm	Porcentaje Pasó Corregido
10:05:00	0	---	---	---	---	---	---	---	---
10:05:15	0,25	48	43,15	59,4	49,0	8,3	33,04	0,080	59,4
10:05:30	0,5	41	36,15	49,7	42,0	9,4	18,81	0,060	49,7
10:06:00	1	33	28,15	38,7	34,0	10,7	10,72	0,045	38,7
10:07:00	2	27	22,15	30,4	28,0	11,7	5,85	0,033	30,4
10:09:00	4	23	18,15	24,9	24,0	12,4	3,09	0,024	24,9
10:13:00	8	20	15,15	20,8	21,0	12,9	1,61	0,018	20,8
10:20:00	15	17	12,15	16,7	18,0	13,3	0,89	0,013	16,7
10:35:00	30	15	10,15	12,9	16,0	13,7	0,46	0,009	13,9
11:05:00	60	13	8,15	11,2	14,0	14,0	0,23	0,007	11,2
12:05:00	120	11	6,15	8,4	12,0	14,3	0,12	0,0048	8,4
14:05:00	240	10	5,15	7,1	11,0	14,5	0,06	0,0034	7,1
18:05:00	480	10	5,15	7,1	11,0	14,5	0,03	0,0024	7,1
10:05:00	1440	10	5,15	7,1	11,0	14,5	0,01	0,0014	7,1
10:05:00	2880	10	5,15	7,1	11,0	14,5	0,01	0,0010	7,1



RESULTADOS

GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO

Partículas menores a 0,0075 mm : 57%
Partículas menores a 0,005 mm : 9%

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

TAMIZ N° 10 : 100%
TAMIZ N° 40 : 100%
TAMIZ N° 200 : 57,44%

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Andrés Muñoz
Andrés Muñoz
RESPONSABLE DE ENSAYOS

Jorge Albuja
Ing. Jorge Albuja
RESPONSABLE DEL ÁREA



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...





Pontificia Universidad Católica del Ecuador

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA

INFORME DE ENSAYO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SUCS)

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
 Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
 Cel.: 09870 49430
 Quito-Ecuador
 LMC-PUCE@puce.edu.ec
 www.puce.edu.ec

OBRA : Tesis
 LOCALIZACIÓN : Ibarra
 MUESTRA : Muestra tomada por el Cliente
 DESCRIPCIÓN : M1, Suelo Zona Agrícola
 NORMA : ASTM D2487

N° DE RECEPCIÓN : 2927 5
 SOLICITADO POR : Roberto Rocha
 FISCALIZACIÓN :
 CONTRATISTA :
 FECHA INGRESO : 2015-07-02
 FECHA ENTREGA : 2015-07-14

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD - Norma ASTM D 2216

Pcap.	Pcap. + sh.	Pcap. + ss.	% Humedad	% Hum. Promed
17,78	76,85	75,94	1,56	1,57
17,97	71,82	70,98	1,58	

2.- LÍMITE PLÁSTICO - Norma ASTM D 4318

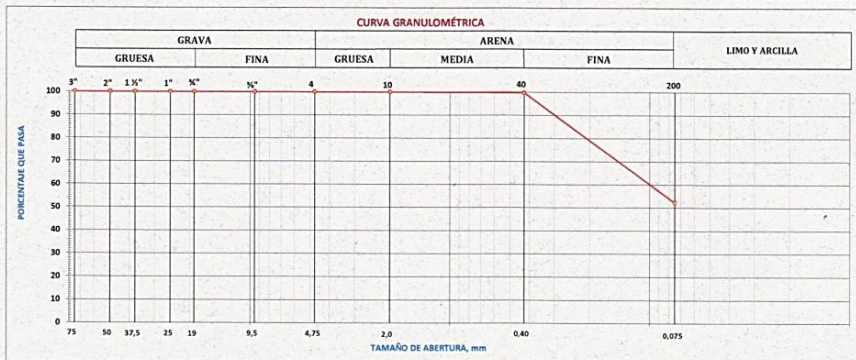
SUELO NO PLÁSTICO

3.- LÍMITE LÍQUIDO - Norma ASTM D 4318

SUELO NO PLÁSTICO

4.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - Norma ASTM D 422

TAMIZ N°	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200
ABERTURA (mm)	75,0	50,0	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,0	0,425	0,075
PORCENTAJE RETENIDO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,28	47,64
% QUE PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	52,4



5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

HUMEDAD NATURAL (%)

% Humedad : 2

LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido, LL : NP

Límite Plástico, LP : NP

Índice de Plasticidad, IP : NP

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Grava : 0

% Arena : 48

% Finos : 52

CONTENIDO ORGÁNICO : NO

CLASIFICACIÓN SUCS : **ML**

NOMBRE TÍPICO : **Limo arenoso**

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente

Eduardo Grandal
 Andrés Muñoz
 RESPONSABLE DE ENSAYOS

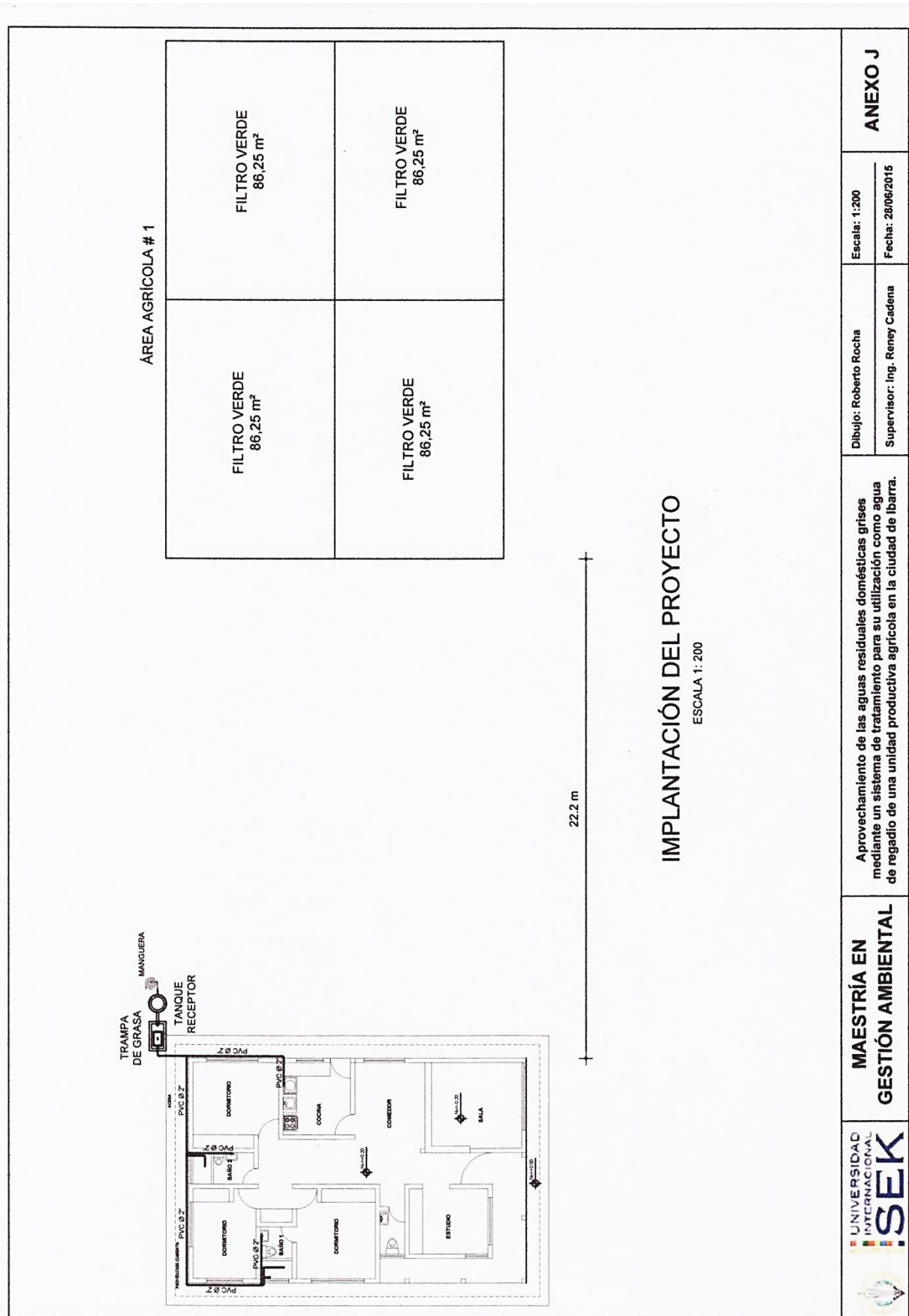
Jorge Albuja
 Ing. Jorge Albuja
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Guillermo Realpe
 Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...




Anexo J. Diseño del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises.

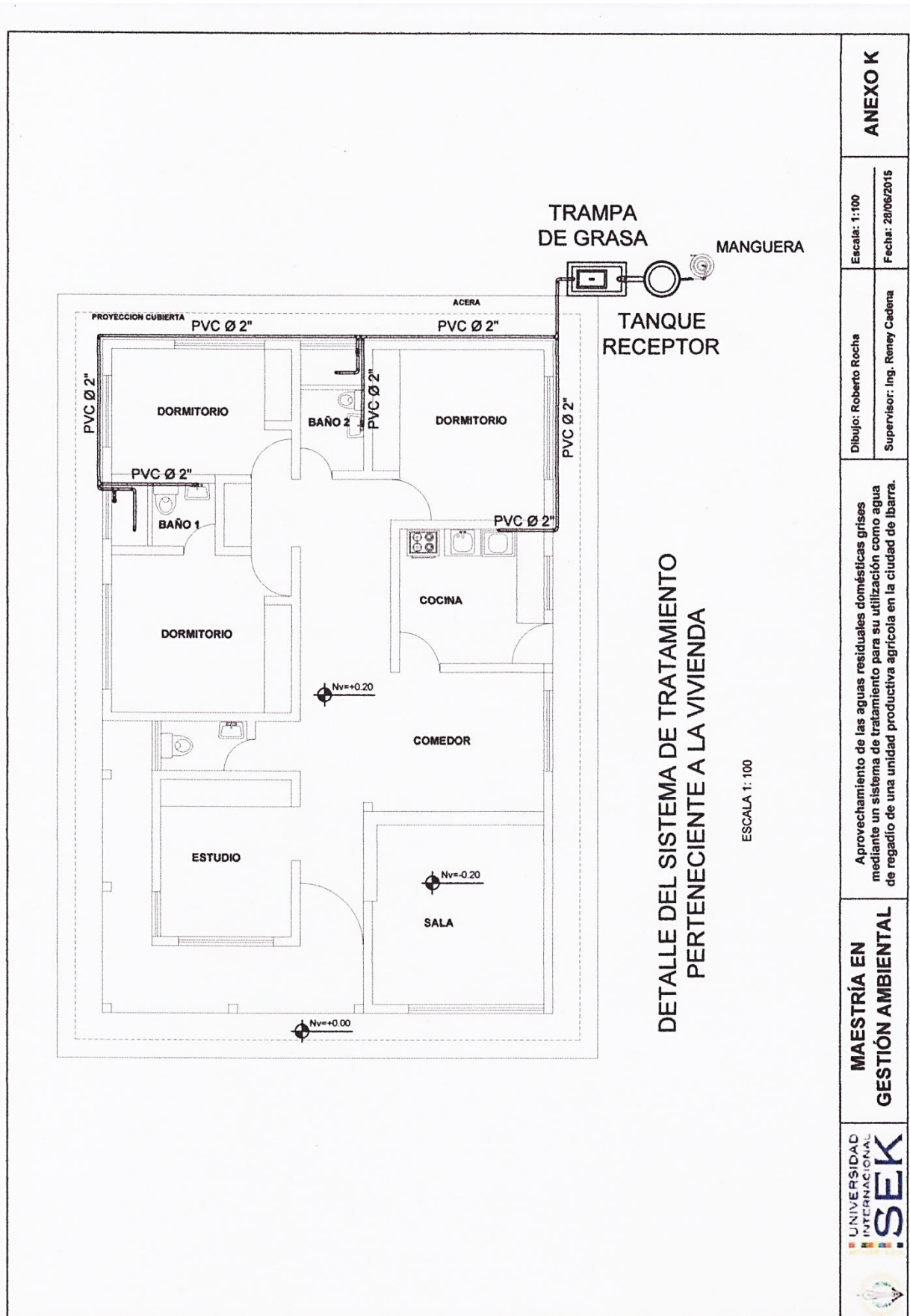


IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

ESCALA 1: 200

	MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL	Aprovechamiento de las aguas residuales domésticas grises mediante un sistema de tratamiento para su utilización como agua de riego de una unidad productiva agrícola en la ciudad de Ibarra.	
		Dibujo: Roberto Rocha Supervisor: Ing. Reney Cadena	Escala: 1:200 Fecha: 28/06/2015
		ANEXO J	

Anexo K. Detalle del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas grises.



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK	MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL	Aprovechamiento de las aguas residuales domésticas grises mediante un sistema de tratamiento para su utilización como agua de riego de una unidad productiva agrícola en la ciudad de Ibarra.	Dibujo: Roberto Rocha Supervisor: Ing. Rensy Cadena	Escala: 1:100 Fecha: 28/06/2015	ANEXO K
--	--	---	--	------------------------------------	----------------

Anexo L. Costo del sistema de tratamiento del agua residual doméstica gris.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL

TABLA DE DESCRIPCION DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

HOJA 1

RUBRO No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	RED TUBERIAS				
1	Codo PVC ø2"	u	11,00	2,34	25,75
2	Tee PVC ø2"	u	6,00	2,02	12,13
3	Sifón PVC ø2"	u	1,00	5,95	5,95
4	Tubo PVC ø2"	ml	27,00	3,35	90,57
5	Mortero 1:3	m3	0,11	103,65	11,61
6	Cerámica	m2	2,24	30,00	67,20
				SUBTOTAL	213,21
	TRAMPA DE GRASA				
7	Hormigón	m3	0,49	165,97	81,49
8	Hierro	kg	74,20	1,99	147,34
9	Encofrado	m2	4,91	11,85	58,20
10	Enlucido	m2	4,91	9,41	46,21
				SUBTOTAL	333,25
	Total				546,46

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 1 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Codo PVC Ø 2"			UNIDAD	u
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	1	1	0,2	0,2
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,2
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Ayudante	1	3,39	3,39	0,05	0,17
Plomero	1	3,39	3,39	0,1	0,339
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					0,51
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Codo PVC Ø 2"	u	1	1,3	1,3	
Polipega	galón	0,001	45	0,045	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				1,345	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2,05
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					11% 0,23
OTROS INDIRECTOS					3% 0,06
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,34
VALOR OFERTADO					2,34

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 2 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Tee PVC Ø 2"			UNIDAD	u
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	1	1	0,2	0,2
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,2
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Ayudante	1	3,39	3,39	0,05	0,17
Plomero	1	3,39	3,39	0,1	0,339
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					0,51
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Tee PVC Ø 2"	u	1	1,02	1,02	
Polipega	galón	0,001	45	0,045	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				1,065	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1,77
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					11% 0,20
OTROS INDIRECTOS					3% 0,05
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,02
VALOR OFERTADO					2,02

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 3 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Sifón PVC ø 2"			UNIDAD	u
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	1	1	0,2	0,2
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,2
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Ayudante	1	3,39	3,39	0,05	0,17
Plomero	1	3,39	3,39	0,1	0,339
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					0,51
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Sifón PVC Ø 2"	u	1	4,47	4,47	
Polipega	galón	0,001	45	0,045	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				4,515	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				5,22
	INDIRECTOS Y UTILIDADES %				11% 0,57
	OTROS INDIRECTOS				3% 0,16
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				5,95
	VALOR OFERTADO				5,95

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 4 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Tubo PVC Ø2"			UNIDAD	ml
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	0,5	0,5	0,1	0,05
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Ayudante	1	3,39	3,39	0,1	0,34
Plomero	1	3,39	3,39	0,15	0,5085
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					0,85
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Tubo PVC Ø2"	ml	1	1,82	1,82	
Polipega	galón	0,005	45	0,225	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				2,045	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2,94
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					11% 0,32
OTROS INDIRECTOS					3% 0,09
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3,35
VALOR OFERTADO					3,35

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 5 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Mortero 1:3			UNIDAD	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	2	2	1,25	2,5
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					2,5
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	1	3,39	3,39	1,25	4,24
Albañil	1	3,39	3,39	1,25	4,2375
Maestro mayor	1	3,39	3,39	1,25	4,2375
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					12,71
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Cemento portland	kg	350	0,17	59,5	
Arena fina	m3	1,05	15	15,75	
Agua	m3	0,23	2	0,46	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				75,71	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					90,92
INDIRECTOS Y UTILIDADES %				11%	10,00
OTROS INDIRECTOS				3%	2,73
COSTO TOTAL DEL RUBRO					103,65
VALOR OFERTADO					103,65

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 6 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Cerámica			UNIDAD	m2
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	1	1	0,4	0,4
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,4
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	1	3,39	3,39	0,4	1,36
Albañil	1	3,39	3,39	0,4	1,356
Maestro mayor	1	3,39	3,39	0,4	1,356
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					4,07
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Cerámica	m2	1	20	20,00	
Bondex	kg	1,5	1,2	1,80	
Agua	m3	0,023	2	0,05	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				21,846	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					26,31
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					11% 2,89
OTROS INDIRECTOS					3% 0,79
COSTO TOTAL DEL RUBRO					30,00
VALOR OFERTADO					30,00

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 7 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón simple F'c=240 kg/cm2			UNIDAD	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	2	2	1	2
Concretera 2 sacos	1	6	6	1	6
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					8
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	1,5	3,39	5,085	10	50,85
Albañil	1	3,39	3,39	2,051	6,95
Maestro mayor	1	3,39	3,39	1,026	3,48
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					61,28
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Cemento portland tipo I	kg	420	0,15	63	
Arena gruesa	m3	0,46	11	5,06	
Ripio	m3	0,71	11	7,81	
Agua	m3	0,22	2	0,44	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				76,31	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					145,59
INDIRECTOS Y UTILIDADES %				11%	16,02
OTROS INDIRECTOS				3%	4,37
COSTO TOTAL DEL RUBRO					165,97
VALOR OFERTADO					165,97

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 8 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Acero de refuerzo Fy=4200kg/cm2			UNIDAD	kg
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	2	2	0,035	0,07
Cortadora mecánica	1	3	3	0,035	0,105
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,175
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Ayudante	1	3,39	3,39	0,05	0,17
Fierrero	1	3,39	3,39	0,04	0,1356
Maestro mayor	1	3,39	3,39	0,01	0,0339
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					0,34
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Acero de refuerzo fy=4200kg/cm2	kg	1,05	1,11	1,1655	
Alambre galvanizado #18	kg	0,052	1,2	0,0624	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				1,23	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1,74
INDIRECTOS Y UTILIDADES %				11%	0,19
OTROS INDIRECTOS				3%	0,05
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1,99
VALOR OFERTADO					1,99

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 9 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Encofrado			UNIDAD	m2
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	1	2	2	0,25	0,5
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,5
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Ayudante	1	3,39	3,39	1	3,39
Carpintero	1	3,39	3,39	1	3,39
			0		0
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					6,78
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Tabla de monte (3usos)	u	0,75	2,25	1,69	
Clavos	kg	0,5	1,2	0,6	
Pingos o refuerzos	u	1	0,83	0,83	
				0	
				0	
				0	
				0	
				0	
SUBTOTAL O				3,1175	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
				0	
				0	
SUBTOTAL P				0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					10,40
INDIRECTOS Y UTILIDADES %				11%	1,14
OTROS INDIRECTOS				3%	0,31
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11,85
VALOR OFERTADO					11,85

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ALUMNO: ROBERTO ROCHA

MAESTRIA EN GESTION
AMBIENTAL

Hoja 10 de 10

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Enlucido vertical liso			UNIDAD	m2
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor	0,1	2	0,2	0,25	0,05
Andamios metálicos	1	0,35	0,35	0,25	0,09
			0		0
			0		0
SUBTOTAL M					0,14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Peón	1	3,39	3,39	0,6	2,03
Albañil	1	3,39	3,39	0,9	3,051
Maestro mayor	1	3,39	3,39	0,1	0,339
			0		0
			0		0
SUBTOTAL N					5,42
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	
Mortero 1.3	m3	0,026	103,65	2,69	
					0
					0
					0
					0
					0
					0
					0
SUBTOTAL O					2,69
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
					0
					0
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8,26
INDIRECTOS Y UTILIDADES %					11% 0,91
OTROS INDIRECTOS					3% 0,25
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9,41
VALOR OFERTADO					9,41

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Ibarra, a 28-07-2015