

**MODELO DE BOMBEO, RECICLAJE Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
VIVIENDAS SOSTENIBLES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

**OSCAR EMILIO PORRAS TRILLOS.  
HARRY NELSON RAMIREZ ROSERO.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA**

**2014**

**MODELO DE BOMBEO, RECICLAJE Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA  
VIVIENDAS SOSTENIBLES**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL**

**OSCAR EMILIO PORRAS TRILLOS.  
HARRY NELSON RAMIREZ ROSERO.**

**DIRECTOR**

**Ms. MARGARETH INDIRA VIECCO MARQUEZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO  
BUCARAMANGA**

**2014**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado 1

---

Firma del Jurado 2

Bucaramanga, Enero del 2014

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS.....	16
1. REVISIÓN LITERARIA.....	17
1.1 Estado del arte .....	17
1.1.1 Trabajo de grado: sistemas de construcción sostenibles aplicadas al diseño y la construcción de edificios institucionales en la región.....	18
1.1.2 Monografía: Evaluación para la construcción de sistemas sépticos caso: campo casabe.....	19
1.1.3 Trabajo de grado: Diseño, construcción y evaluación de filtros anaerobios de flujo ascendente para el tratamiento de las aguas residuales. provenientes de la lavandería y del casino en el campamento Payoa de petrosantander (Colombia) inc.....	20
1.1.4 Trabajo de grado: Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones.....	21
1.1.5 Trabajo de grado: Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones.....	23
1.2 Marco teórico.....	23
1.2.1 Construcción Sostenible.....	30
1.2.2 Aguas de residuales.....	30
1.2.2.1 Características de las aguas de desecho domésticas.....	31
1.2.3 Tratamiento de aguas residuales.....	31
1.2.3.1 Requisitos de tratamientos.....	32
1.2.4 Los sistemas de tratamiento en el sitio.....	33
1.2.4.1 Trampas de grasa.....	34
1.2.4.1.1 Trampa de grasa domiciliar.....	35
1.2.4.2 Tanque séptico.....	35
1.2.4.2.1 El tratamiento anaerobio.....	36
1.2.4.2.2 Sedimentación.....	36

1.2.4.2.3	Digestión anaerobia de lodos de aguas residuales.....	38
1.2.4.3	Filtro anaerobio.....	38
1.2.4.3.1	Filtro anaerobio de flujo ascensional.....	39
1.2.4.4	Humedales artificiales.....	39
1.2.4.4.1	Tipos de humedales.....	40
1.2.4.4.2	Subdivisión de las micrófitas emergentes.....	41
1.2.5	Captación y aprovechamiento de agua de lluvia.....	41
1.2.5.1	Usos del agua lluvia.....	41
1.2.5.2	Tratamiento de aguas lluvias.....	42
1.2.5.2.1	Cloración.....	42
1.2.6	Instalaciones hidráulicas y sanitarias.....	42
1.2.7	Ariete hidráulico.....	43
1.2.7.1	Cuerpo del ariete.....	45
1.2.7.2	Válvula de Impulso.....	45
1.2.7.3	Válvula de descarga.....	45
1.2.7.4	Cámara de Presión.....	45
2.	METODOLOGIA.....	46
2.1	Diseño de tratamiento anaerobio para aguas residuales.....	46
2.1.1	Clasificación del nivel de complejidad.....	46
2.1.2	Dotación neta.....	46
2.1.3	Trampa de grasas.....	47
2.1.3.1	Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios.....	47
2.1.3.2	Caudal de diseño de la trampa de grasa.....	48
2.1.3.3	Volumen de la trampa de grasa.....	48
2.1.4	Tanque séptico.....	49
2.1.4.1	Tiempo de retencion hidraulica.....	49
2.1.4.2	Volumen de sedimentación.....	50
2.1.4.3	Volumen para biodigestión.....	50
2.1.4.4	Volumen para almacenamiento de lodos digeridos.....	50

2.1.4.5	Volumen total de líquido en el tanque séptico.....	51
2.1.5	Filtro anaerobio.....	51
2.1.5.1	contribución de aguas residuales por persona.....	51
2.1.5.2	Volumen del filtro anaerobio.....	51
2.1.6	Humedal artificial.....	51
2.1.6.1	Temperatura.....	52
2.1.6.2	Constante de velocidad de reacción para BOD en la temperatura apropiada.....	52
2.1.6.3	Tiempo de detención.....	53
2.1.6.4	Organic loading rate.....	53
2.1.6.5	Área del terreno de cama para el humedal en flujo subterráneo.....	54
2.1.6.6	Ancho del humedal.....	55
2.2	Diseño de tratamiento para aguas lluvias actas para consumo humano.....	55
2.2.1	Filtro anaerobio.....	56
2.2.2	Potabilización del agua con Lejía domestica.....	56
2.3	Instalaciones hidráulicas y sanitarias.....	56
2.3.1	Sistema de suministro de agua.....	57
2.3.1.1	Almacenamiento.....	58
2.3.1.2	Altura del tanque.....	58
2.3.1.3	Medidores.....	58
2.3.1.4	Caudales.....	59
2.3.1.5	Presión para el funcionamiento de los aparatos.....	59
2.3.1.6	Perdida de carga en la tubería.....	60
2.3.2	Sistemas de aguas grises y negras.....	61
2.3.3	Sistemas de aguas lluvias.....	61
2.3.3.1	Bajantes de aguas lluvias.....	62
2.3.3.2	Canaletas semicirculares.....	64
2.3.3.3	Colectores de aguas lluvias.....	64
2.4	Bombeo de agua con ariete hidráulico.....	65
3.	RESULTADOS Y ANALISIS.....	66
3.1	Tratamiento anaerobio.....	66

3.1.1	Clasificación del nivel de complejidad.....	66
3.1.2	Dotación neta.....	66
3.1.3	Trampa de grasa.....	66
3.1.3.1	Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios.....	66
3.1.3.3	Caudal de diseño de la trampa de grasa.....	66
3.1.3.4	Volumen de la trampa de grasa para aguas de desecho.....	67
3.1.3.5	volumen de la trampa de grasas para aguas grises a reutilizar.....	67
3.1.3.5.1	Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios.....	67
3.1.3.5.2	Caudal de diseño de la trampa de grasa.....	68
3.1.3.6	Volumen de la trampa de grasa para aguas grises a reutilizar.....	68
3.1.4	Tanque séptico.....	69
3.1.4.1	Tiempo de retención hidráulica.....	69
3.1.4.2	Volumen de sedimentación.....	69
3.1.4.3	Volumen para biodigestión.....	69
3.1.4.4	Volumen para almacenamiento de lodos digeridos.....	70
3.1.4.5	Volumen total de líquido en el tanque séptico.....	70
3.1.5	Filtro anaerobio.....	71
3.1.5.1	contribución de aguas residuales por persona.....	71
3.1.5.2	Volumen del filtro anaerobio.....	71
3.1.6	Humedal artificial.....	72
3.1.6.1	Temperatura.....	72
3.1.6.2	Constante de velocidad de reacción para BOD en la temperatura apropiada.....	72
3.1.6.3	Tiempo de detención.....	72
3.1.6.4	Organic loading rate.....	72
3.1.6.5	Área del terreno de cama para el humedal en flujo subterráneo.....	72
3.1.6.6	Ancho del humedal.....	73
3.1.6.7	Longitud del humedal.....	73
3.2	Diseño de tratamiento para aguas lluvias aptas para consumo humano....	74

<b>3.2.1</b>	Filtro anaerobio.....	74
<b>3.2.2</b>	Potabilización del agua con Lejía domestica.....	75
<b>3.3</b>	Instalaciones hidráulicas y sanitarias.....	75
<b>3.3.1</b>	Almacenamiento.....	75
<b>3.3.2</b>	Sistemas de aguas grises y negras.....	77
<b>3.3.3</b>	Sistemas de aguas lluvias.....	77
<b>3.3.3.1</b>	Bajantes de aguas lluvias.....	77
<b>3.3.3.2</b>	Canaletas semicirculares.....	78
<b>3.3.3.3</b>	Colectores de aguas lluvias.....	78
<b>3.4</b>	Bombeo de agua con ariete hidráulico.....	78
<b>3.5</b>	Costos.....	80
<b>3.5.1</b>	Tratamiento anaerobio de desechos.....	80
<b>3.5.2</b>	Tratamiento para reciclaje de aguas grises.....	80
<b>3.5.3</b>	Tratamiento de aguas lluvias.....	80
<b>4.</b>	CONCLUSIONES.....	83
<b>5.</b>	RECOMENDACIONES.....	84
<b>6.</b>	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	85



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Asignación del nivel de complejidad.....	46
Tabla 2. Dotación por habitante según el nivel de complejidad.....	47
Tabla 3. Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios.....	47
Tabla 4. Contribución de aguas residuales por persona.....	51
Tabla 5. La concentración de BOD estimada para [non point source loading] de varios usos de tierra (Benaman 1996).....	54
Tabla 6. Los valores típicos de sustratos de humedales construidos (Crites and Tchobanoglous 1998). *d10 es el diámetro de una partícula en una distribución del peso de las partículas que es más pequeña que todo salvo 10% de las partículas.....	55
Tabla 7. Dotación de acuerdo al tipo de edificación.....	58
Tabla 8. Población según el tipo de identificación.....	59
Tabla 9. Caudal máximo.....	60
Tabla 10. Las unidades de gasto para cada aparato.....	60
Tabla 11. Presiones de los aparatos.....	61
Tabla 12. Unidades y longitudes máximas horizontales.....	62
Tabla 13. Unidades y longitudes máximas verticales.....	63
Tabla 14. Dimensionamiento de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvias para 100mm/h.....	63
Tabla 15. Dimensionamiento de canales exteriores en fachada.....	64
Tabla 16. Definición de las dimensiones de tubería horizontal de agua lluvia.....	65
Tabla 17. Cantidad y unidades de gasto.....	66
Tabla 18. Cantidad y unidades de gasto.....	68
Tabla 19. Cálculos para suministro de agua potable.....	76
Tabla 20. Cálculos para suministro de agua tratada.....	76
Tabla 21. Unidades y diámetros de ramales horizontales.....	77
Tabla 22. Unidades y diámetros de bajantes.....	77
Tabla 23. Tabulación del ensayo del ariete hidráulico.....	79

Tabla 24. Costo de tratamientos de la vivienda sostenible.....81  
Tabla 25. Presupuesto del ariete hidráulico.....82

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trampa de grasas agua de desecho.....	67
Figura 2. Trampa de grasas aguas a reutilizar.....	69
Figura 3. Tanque septico .....	70
Figura 4. Filtro anaerobio .....	71
Figura 5. Humedal artificial.....	73
Figura 6. Filtro anaerobio para aguas lluvias .....	74
Figura 7. Dispersión de porcentaje de desperdicio.....	80

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO 1.** PLANO DEL TRATAMIENTO ANAEROBIO Y POTABILIZACION DE AGUA LLUVIA EN PERFIL Y PLANTA. (CD)

**ANEXO 2.** PLANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS DE LA VIVIENDA DE DOS PISOS EN PLANTA. (CD)

**ANEXO 3.** CALCULOS DE LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS. (CD)

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** MODELO DE BOMBEO, RECICLAJE Y TRATAMIENTO DE AGUA PARA VIVIENDAS SOSTENIBLES.

**AUTOR:** OSCAR EMILIO PORRAS TRILLOS.  
HARRY NELSON RAMIREZ ROSERO.

**FACULTAD:** INGENIERIA CIVIL.

**DIRECTOR:** MARGARETH INDIRA VIECCO MARQUEZ.

### **RESUMEN**

En la actualidad la construcción sostenible ya es una alternativa deseada a nivel mundial y las constructoras buscan que sus proyectos se basen en no ser gran fuente de contaminación, por eso hay la necesidad de proponer nuevos sistemas de construcción que permitan ahorrar recursos naturales y que sean amigables con el medio ambiente.

Algunas metodologías como: potabilizar las aguas lluvias, reutilizar aguas grises en aparatos sanitarios como el inodoro, limpiar aguas residuales y bombear agua sin necesidad de electricidad o combustible, logran contribuir a que una vivienda sea sostenible. Así son los sistemas que brinda este proyecto, proporcionando un factor económico menor basándose en utilizar las aguas lluvias y las aguas grises para el consumo de la vivienda; usar un ariete hidráulico para bombear el agua y tratar las aguas residuales de una manera anaerobia sin necesidad de ningún método que utilice energía perjudicial para el medio ambiente.

**Palabras clave:** reciclaje de agua, tratamiento de agua, construcción sostenible, vivienda sostenible, ariete hidráulico.

## **GENERAL SUMMARY OF WORD OF DEGREE**

**TITULO:** MODEL OF PUMPING, RECYCLING AND TREATMENT OF WATER FOR SUSTAINABLE HOUSEHOLDS.

**AUTOR:** OSCAR EMILIO PORRAS TRILLO  
HARRY NELSON RAMIREZ ROSERO.

**FACULTAD:** CIVIL ENGINEERING.

**DIRECTOR:** MARGARETH INDIRA VIECCO MARQUEZ.

### **ABSTRACT**

At the moment sustainable construction is a desired alternative worldwide. Engineers nowadays are interested in focusing their projects to reduce the amount of pollution created. Therefore, the needs to propose new ideas of systems that conserve natural resources, which are environmentally friendly, are increasing.

Some methodologies such as: recycling of rain water, grey water recycling in appliances like the toilet, cleaning wastewater and transporting water without the use of electricity or gas contribute to sustainable housing. These are the systems that are brought up in this project, incorporating a factor that will be based on lowering economic needs, to utilize rainwater and grey water for housing consumption; using a hydraulic pump to move water and treat residual water without the use of energy that is detrimental to the environment.

**Key words:** water recycling, water treatment, sustainable construction, sustainable housing, Hydram.

## INTRODUCCIÓN

El mundo de la construcción busca formas para ayudar al medio ambiente debido a que los porcentajes de contaminación son altos como consecuencia de la realización de las obras y el uso después de construida la vivienda. Actualmente ya hay proyectos que están a la vanguardia con este tema como también organizaciones mundiales que buscan certificar la veracidad de su aporte de sostenibilidad y son ejemplos de que si es posible cumplir con este propósito.

Un tema que siempre ha sido curioso es buscar formas de cuidar el agua que es un producto vital para el ser humano y disminuir consumos energéticos que son causantes de daños en el medio ambiente.

Este proyecto brinda una alternativa para cumplir con objetivos de sostenibilidad aportando diseños como: bombear agua sin necesidad de electricidad o combustible, potabilizar las aguas lluvias, reutilizar aguas grises y tratar las aguas residuales de forma anaerobia.

La intención es conseguir beneficios tanto en el factor económico como el factor ambiental ya que se consumiría menos agua y menos energía, reduciendo costos en los valores actuales del consumo en las viviendas como lo son la facturación por parte de los acueductos, alcantarillados y electrificadora.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Realizar una propuesta de un sistema constructivo distinto al tradicional teniendo en cuenta criterios sostenibles como solución en algunas de las fases constructivas en viviendas en el requerimiento de bombeo de agua sin energía eléctrica y reciclaje de aguas grises.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión literaria donde se adquiriera conocimientos que promuevan viviendas sostenibles.
- Realizar una práctica donde se use una forma no convencional de bombeo de agua sin energía eléctrica para abastecer de agua el tanque aéreo de una vivienda sostenible.
- Obtener una propuesta económica en cuanto al proceso, materiales y equipos utilizados para la fabricación de una forma de bombeo de agua sin energía eléctrica.
- Diseñar las acometidas domiciliarias hidráulicas y sanitarias para una casa de dos pisos sostenible.
- Diseñar tanques de reserva de agua para abastecimiento de la vivienda sostenible.
- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas lluvias, grises y residuales de la vivienda sostenible.



## 1. REVISIÓN LITERARIA

### 1.1 Estado del arte

Se encontraron trabajos y monografías de grados que tocan el tema de la sostenibilidad en construcciones, como también el trato de agua con el fin de contribuir con el medio ambiente. A continuación se muestran los resúmenes correspondientes a los documentos.

#### **1.1.1 Trabajo de grado: sistemas de construcción sostenibles aplicadas al diseño y la construcción de edificios institucionales en la región por Jerson A. Orostegui Jaimes y Manuel a. zapata Barroso. Dirigido por Aldemar Remolina**

El siguiente trabajo está enfocado hacia la aplicación de sistemas sostenibles a construcciones tradicionales, con el fin de convertirlas en construcciones sostenibles, se da entonces gran importancia a la certificación LEED, cuyos requerimientos son la base de producir edificaciones sostenibles, y se enmarcan en tecnologías que reduzcan el uso de recursos naturales y que a su vez los aprovechen, sin alterar de manera importante el medio ambiente en cada uno de sus sistemas; se ven entonces tecnologías para el ahorro de agua potable, como son: recolección y tratamiento primario de aguas grises y de aguas lluvias. Para el ahorro de energía eléctrica se utilizan sistemas de paneles solares aprovechando la energía solar, ventanales sirviendo la iluminación del día, y sensores electrónicos.

Para ello se toman como ejemplo las edificaciones sostenibles existentes a nivel nacional e internacional, que ofrecen información del procedimiento que se llevó a cabo para la elaboración de construcciones sostenibles, dentro del cual se muestran materiales, recursos y tecnologías, algunas ya mencionadas. Sin

embargo; estas son pocas a nivel mundial ya que requieren una inversión monetaria importante que las personas y las empresas no están dispuestas a asumir sin tener en cuenta que la inversión realizada se recupera a mediano y largo plazo obteniéndose posteriormente, además de promover el mejoramiento del medio ambiente y de la salud pública.<sup>1</sup>

**1.1.2 Monografía: Evaluación para la construcción de sistemas sépticos caso: campo casabe por Harold Pedrozo Martínez. Dirigida por Norma Cristina Solarte Vanegas**

Toda instalación en el cual se generen aguas residuales domesticas deberá contar con el respectivo permiso de vertimientos y garantizar la calidad del mismo, lo cual conlleva a mantener una infraestructura física adecuada que permita el tratamiento y disposición eficiente de los residuos líquidos. El presente documento muestra una situación que existía en un campo de producción petrolera en la cual se evidencio la necesidad de evaluar los sistemas de tratamiento (pozos sépticos) de acuerdo a los criterios de diseño establecido en el Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000, y lograr así verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normatividad ambiental vigente mediante monitoreo fisicoquímicos y microbiológico. Por lo anterior, se enfocó el presente estudio en diseñar una herramienta que permita realizar un diagnóstico del estado actual de los sistemas de tratamiento, poder clasificarlos según los

---

<sup>1</sup> OROSTEGUI JAIMES, Jerson. ZAPATA BARROSO, Manuel. Sistemas de construcción sostenibles aplicadas al diseño y la construcción de edificios institucionales en la región. En: Software de Biblioteca ALEJANDRIA. [En línea]. (2011). [Consultado 28 oct. 2013]. Disponible en <[http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_18468.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_18468.pdf) >

números de aportantes y posteriormente definir las mejoras o la construcción nueva según sea el criterio utilizado para dimensionar la obra o el proyecto.<sup>2</sup>

**1.1.3 Monografía: Aplicación del sistema de clasificación LEED-NC al proyecto edificio laboratorios k de la Universidad Pontificia Bolivariana por Karhely Tutasaura Cáceres y Ricardo Andrés Sanz Londoño. Dirigida por Margareth Indira Viecco Márquez**

La sostenibilidad requiere implementar indicadores que cubran además de los aspectos tradicionales, temas específicos de la construcción en relación a su impacto en la economía en la que se inserta, al ambiente natural que lo rodea y a la sociedad a la que sirve.

Es de vital importancia los cambios climáticos por los que está atravesando el mundo, por lo tanto se requiere de construcciones que reduzcan el impacto negativo global del entorno construido en salud humana y el medio ambiente natural.

Con este proyecto se pretende aplicar el sistema de clasificación LEED-NC al Proyecto Edificio Laboratorios K de la Universidad Pontificia Bolivariana, para generar recomendaciones, de tal forma que pueda consignarse en un documento guía para estudiantes y profesionales de la construcción.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> PEDROZO MARTÍNEZ, Harold. Evaluación para la construcción de sistemas sépticos caso: campo casabe. En: Software de Biblioteca ALEJANDRIA. [En línea]. (2011). [Consultado 28 oct. 2013]. Disponible en < [http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_21071.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_21071.pdf) >

<sup>3</sup> TUTASAURA CÁCERES, Karhely. SANZ LONDOÑO, Ricardo. Aplicación del sistema de clasificación LEED-NC al proyecto edificio laboratorios k de la Universidad Pontificia Bolivariana. En: Software de Biblioteca ALEJANDRIA. [En línea]. (2012). [Consultado 12 dic. 2013]. Disponible en < [http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_22204.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_22204.pdf) >

#### **1.1.4 Trabajo de grado: Diseño, construcción y evaluación de filtros anaerobios de flujo ascendente para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavandería y del casino en el campamento Payoa de petrosantander (Colombia) inc. por Juan Diego Navarro Sarmiento. Dirigido por María Kopytko**

Las aguas residuales provenientes del casino y de la lavandería del campamento Payoa de PetroSantander (Colombia) Inc. ingresaban sin tratamiento previo a la planta tipo lodos activados. Lo que ocasionaba la generación de espuma en los compartimientos de aireación, generación de olores ofensivos e interferencia con el tratamiento biológico. En el presente trabajo, se diseñaron, construyeron y evaluaron dos filtros anaerobios como sistema de tratamiento pre-liminar para las aguas residuales provenientes de la sección de la lavandería y del casino, antes del ingreso al sistema de lodos activados. El diseño de los reactores a escala real, inició con la caracterización físico-química y la determinación del caudal proveniente de la sección de la lavandería y del casino. Una vez determinada la composición físico-química, se procedió a definir las variables de diseño de los filtros, para el tratamiento de la totalidad del vertimiento generado. Posteriormente, se llevó a cabo la implementación de los reactores en inmediaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (FIAR) del Campamento Payoa. Finalmente, se evaluaron las eficiencias de remoción de parámetros físico-químicos en un periodo de 4 meses, para lo cual se realizaron dos jornadas de monitoreo, la primera en la semana 8 y la segunda en la semana 16. Para un tiempo de retención hidráulico de 5,25 horas en los filtros anaerobios de flujo ascendente, se obtuvo una remoción de DBO de 67%, 58% de DOO, 52% de Sólidos Suspendidos, 80% para Grasas & Aceites. 65% para Fósforo total y 58% para tensoactivos.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> NAVARRO SARMIENTO, Juan. Diseño, construcción y evaluación de filtros anaerobios de flujo ascendente para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavandería y del casino en el campamento Payoa de petrosantander (Colombia) inc. En: repositorio uis. [En línea]. (2008).

### **1.1.5 Trabajo de grado: Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones por Gerson Eduardo Biancha Gutiérrez y Carlos Andrés Sierra Gallo. Dirigido por Jabid Eduardo Quiroga**

La investigación realizada en esta tesis busca determinar la influencia de algunos parámetros presentes en el funcionamiento del ariete hidráulico para obtener un mejor rendimiento y aprovechar al máximo su capacidad como sistema de bombeo y aplicación de la energía alternativa. La investigación abarca dos procedimientos uno experimental y otro teórico que determinarán la influencia del resorte de la válvula de impulso, el acumulador y la combinación de las áreas de la válvula de descarga y de impulso en la eficiencia total del sistema, incluyendo como parámetro principal la carrera de la válvula de impulso que determina la frecuencia de los pulsos en el funcionamiento del ariete hidráulico.

El análisis teórico se lleva a cabo mediante un programa realizado en la plataforma de MATLAB basado en un modelo teórico que permite relacionar las variables presentes en el funcionamiento del ariete y determinar su influencia en la eficiencia sistema. El análisis experimental se realiza con la construcción de modelos de ariete hidráulico que permitan variar los parámetros que se quieren analizar y mediante un diseño de experimentos comprobar la influencia en el comportamiento del sistema de bombeo por ariete hidráulico.

Posteriormente se hace una comparación de los resultados experimentales y teóricos para determinar la relación que tiene cada uno de los parámetros con

---

[Consultado 1 dic. 2013]. Disponible

en<<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7062/2/128628.pdf>>

respecto a estos dos métodos de análisis y concluir cómo afectan en la operación del ariete hidráulico.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> BIANCHA GUTIERREZ, Gerson. SIERRA GALLO, Carlos. Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones En: repositorio uis. [En línea]. (2012). [Consultado 1 dic. 2013]. Disponible en< <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6089/2/145184.pdf> >

## 1.3 Marco teórico

### 1.3.1 Construcción Sostenible

Es un sistema de construcción que tiene como misión el ahorro de energía y de recursos naturales para proteger el medio ambiente. Se caracteriza por fomentar una adecuada gestión y reutilización de los recursos naturales.

El sector de la construcción es un gran fomentador de impacto ambiental. Según la página construmatica existen datos que corroboran que los edificios consumen entre un 20% y el 50% de los recursos naturales, contribuyen en gran manera al aumento de las emisiones y la contaminación, tanto durante el proceso constructivo como a lo largo de su vida útil una vez terminados.<sup>6</sup>

La construcción sostenible propone<sup>7</sup>:

- Desarrollar proyectos más comprometidos con el uso responsable de recursos y tener un impacto positivo en el medio ambiente y la salud pública.
- Un ahorro considerable de energía, optimización de sistemas e insumos, reciclaje de materiales, un adecuado manejo de agua para su aprovechamiento y ahorro al máximo.

Para la sostenibilidad hay necesidad de establecer criterios que ayuden al análisis y control de los procesos, teniendo en cuenta los ciclos constructivos y el uso de los recursos que se disponen se establecen 5 criterios básicos sostenibles<sup>8</sup>:

---

<sup>6</sup> [citado en 2013-12-05]. Disponible en internet:  
<[http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n\\_Sostenible](http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n_Sostenible)>

<sup>7</sup> OROSTEGUI. y ZAPATA Op. cit., p. 29.

- Grado de ocupación del territorio.
- Aportación al cambio climático.
- Variación del ciclo natural del agua.
- Modificación del ciclo de los materiales.
- Calidad de espacios habitables.

La consecución de los mismos se debe llevar a cabo mediante acciones concretas que influirán en uno o varios de los puntos que se enumeran a continuación<sup>9</sup>:

- Correcta integración en el ambiente físico
  - Restricción en la utilización del terreno.
  - Reducción de la fragmentación.
  - Prevención de las emisiones tóxicas
  - Realización de estudios geobiológicos.
  - Conservación de áreas naturales y biodiversidad.
- Adecuada elección de materiales y procesos.
  - Prohibición en el uso de materiales potencialmente peligrosos
  - Uso eficaz de los materiales no renovables
  - Potenciar reutilización y reciclaje.
  - Uso preferible de materiales procedentes de recursos renovables.
  - Utilización de materiales con bajas emisiones tóxicas.
  - Aumento de la durabilidad, transformabilidad y flexibilidad.
  - Incremento de la vida útil de los materiales fomentando un aumento de la calidad

---

<sup>8</sup> [citado en 2013-12-05]. Disponible en internet:  
<[http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n\\_Sostenible](http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n_Sostenible)>

<sup>9</sup> [citado en 2013-12-05]. Disponible en internet:  
<[http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n\\_Sostenible](http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n_Sostenible)>



- Gestión eficiente del agua y la energía.
  - Reducción del consumo en fuentes no renovables.
  - Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> y sustancias tóxicas (NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>) en atmósfera.
  - Incremento del aislamiento edificación, ventilación natural, etc.
  - Utilización de energías renovables.
  - Reducción consumo agua.
  
- Planificación y control de la generación de residuos.
  - Disminución residuos inertes mediante reducción en su origen y fomento del reciclaje.
  - Adaptabilidad y flexibilidad física y funcional.
  - Adopción de criterios de proyecto que faciliten el desmontaje y la separación selectiva de los residuos durante los procesos de rehabilitación y demolición.
  
- Creación de atmósfera interior saludable.
  - Utilización de materiales con bajas emisiones tóxicas.
  - Optimización de los equipos de ventilación.
  - Compatibilidad con las necesidades de los ocupantes.
  - Previsiones de transporte y seguridad.
  - Disminución de ruidos y olores.
  - Gestión del ciclo de vida.
  - Control de los elementos contaminantes del aire.
  - Mantenimiento del ambiente interior saludable y de la calidad de los ambientes urbanizados.

- Eficiencia calidad-coste (coste eficaz).
  - Aumento de la calidad en todo el proceso.
  - Reducción costes mantenimiento.
  - Incremento de la estandarización tecnológica y de sistemas.
  - Desarrollo sistemas de control de calidad.
  - Establecimiento mecanismos de mercado estándar.

Hay organizaciones sin ánimo de lucro y a nivel mundial que promueven las construcciones sostenibles con el fin de desarrollar soluciones e implementar normas para certificar proyectos que sean sostenibles.

En Colombia se encuentran<sup>10</sup>:

- CCCS 'CONSEJO COLOMBIANO DE LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE'. Estas organizaciones proponen nuevos sistemas de acreditación y calificación, el más conocido de ellos es el sistema LEED que significa Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental.
- El Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, durante 50 años de trabajo en formación profesional para el trabajo, enmarcado en las nuevas tecnologías de la información, la formación a través del método de proyectos, basado en el componente ambiental y de hábitat de forma transversal en sus programas de formación, inculcar en sus aprendices e instructores un compromiso socialmente responsable y de igual forma tener en cuenta que la capacitación en temas como Arquitectura bioclimática y sostenible, Construcción sostenible, Calidad del Aire. Energías, alterativas, Nomotica, Domótica entre otros.

---

<sup>10</sup> OROSTEGUI. y ZAPATA Op. cit., p. 35.

- IHOLCIM: dentro de esta encontramos:
  - 1 World bussmes, consil for sustentable
  - 2 Cecodes consejo empresarial colombiano de desarrollo sostenible Holcim.
  - 3 Fundación for sustentable Homcilawards.
    - WGBC "WORD GREEN BUILDING COUNCIL".
    - USGBC "UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL".
    - BEAN SOCIETY.
    - GREEN BUILDIN COUNCIL AUSTRALIA.
    - CASBEE FOR NEW CONSTRUCTION.

Estas organizaciones ofrecen productos como los siguientes<sup>11</sup>:

- Certificación a profesionales: el sistema de certificación LEED, ahora, está certificando a profesionales para incentivarlos a especializarse en la aplicación de sistemas de construcción sostenibles.
- Centro documentación: Versión definitiva de planos, especificaciones finales, planos de taller, muestras y fichas técnicas, finalización de presupuesto y programación.

---

<sup>11</sup> OROSTEGUI. y ZAPATA Op. cit., p. 36.

Los sistemas de certificación son la manera de valorar y aprobar los proyectos que aspiran ser denominados como sostenibles. Uno de estos sistemas por ejemplo es la certificación LEED.

SISTCMA LEED (Certificación estadounidense de Liderazgo De Energía Y Diseño Ambiental).

Este sistema promueve estándares ambientales para la construcción, basados en una calificación enfocados en 6 áreas diferentes con sus puntajes correspondientes<sup>12</sup>:

1. Planificación sostenible de la parcela (14 puntos) 20%.
2. Uso eficiente del agua (5 puntos) 7%.
3. Eficiencia energética y energías renovables (17 puntos) 25%.
4. Conservación de materiales y recursos (13 puntos) 19%.
5. Calidad ambiental interior (15 puntos) 22%.
6. Innovación y diseño (5 puntos) 7%.

Cada una de las 6 áreas consiste:

- Planificación sostenible.

Se busca que la zona donde se va realizar la construcción sea adecuada para evitar en lo más mínimo un impacto ambiental, preservando áreas naturales tanto en la realización del edificio como en su fase de uso. También tiene presente que en el entorno se promuevan actividades que sean aportantes a la causa de no contaminación y que por ende la edificación compenetre con esto.

---

<sup>12</sup> TUTASAURA. y SANZ Op. cit., p. 45.

- Eficiencia en agua.

Se busca la reducción en el consumo de agua ya sea reciclaje de agua, artefactos hidráulicos y sanitarios de consumo mínimo de agua, recolección de aguas lluvias etc.

- Energía y atmósfera.

Se busca la minimización del consumo energético para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

- Materiales y recursos.

Se busca el uso de menos materiales reciclando y reutilizando otros para producir un menor impacto ambiental.

- Calidad ambiental interior.

Se busca que al interior de la edificación se asegure una climatización ideal, un aire limpio, una iluminación natural y un ambiente visual natural en lo posible.

- Innovación y diseño

Se busca nuevas ideas que sean útiles para los objetivos de sostenibilidad.

Se deben tener para la certificación LEED-NC. El edificio debe satisfacer obligatoriamente todos los pre-requisitos y optar a un mínimo de 26 puntos de los 69 posible.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> TUTASAURA. y SANZ Op. cit., p. 45-46.

Actualmente existen cuatro categorías de certificación que maneja el sistema<sup>14</sup>:

Certificado 40-49 puntos.

Plata 50-59 puntos.

Oro 60-79 puntos.

Platino 80 - + puntos.

### **1.3.2 Aguas de residuales**

Son aguas residuales los fluidos provenientes de las casas o edificios ya sean residenciales, comerciales o institucionales y se dividen en:

- Las aguas grises son todas las aguas residuales derivadas de lavamanos, tinajas, duchas y lavadoras.
- Las aguas negras son todas las aguas residuales derivadas del inodoro que transportan orina y excrementos humanos.
- Las aguas lluvias o pluviales son aguas derivadas de la condensación del vapor de agua que hay en las nubes.

#### **1.3.2.1 Características de las aguas de desecho domésticas**

Son aguas que contienen menos del 0.1% de materias sólidas según el Manual Del Ingeniero Civil de Frederick S. Merritt<sup>15</sup> en su tercera edición. Esas aguas estancadas por poco tiempo se convierten rancias por temperaturas mayores a 40°F y pueden volverse sépticas.

Las aguas negras contienen en diferentes porcentajes<sup>16</sup>:

---

<sup>14</sup> TUTASAURA. y SANZ Op. cit., p. 45-46.

<sup>15</sup> S. Merritt, Frederick. Manual Del Ingeniero Civil. Tercera Edición. México: McGraw-Hill, 1995. P22-27.

<sup>16</sup> *Ibíd.*, p. 22-27.

Sólidos en suspensión.  
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).  
Cantidad de amoníaco.  
Nitritos y nitratos.  
Oxígeno disuelto.  
Materias solubles en éter, o sebos y grasas.  
Valor de PH.  
Demanda química de oxígeno.  
Fosforo.  
Metales pesados.  
Carbón orgánico total (TOC).

Estos porcentajes de los contenidos de las aguas negras se conocen por medio de ensayos en los que se analizan los resultados para determinar sus efectos potenciales que contienen al disponer de ellos.

### **1.3.2.2 Disposición de aguas de desecho**

La disposición de estas aguas de desecho debe ser con mucha cautela ya que son peligrosos para la salud, generan malos olores y tienen apariencia desagradable.

### **1.3.3 Tratamiento de aguas residuales**

El agua residual debe tener un manejo importante para evitar problemas de salud y promover bienestar a los individuos miembros de la sociedad como también minimizar los daños al ambiente.

El desarrollo del tratamiento de aguas residuales se lleva a cabo de manera gradual y debe tener como objetivos lo siguiente<sup>17</sup>:

- Remoción a la demanda biológica de oxígeno (DBO).
- Remoción de sólidos suspendidos.
- Remoción de patógenos.
- Remoción de nitrógeno y fósforo.
- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes fenoles y pesticidas.
- Remoción de trazas de metales pesados.
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas.

### **1.3.3.1 Requisitos de tratamientos**

El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales es el que limita la capacidad y eficiencia de este.

Buscando la protección del sistema no se puede descargar materiales que causen taponamiento, su deterioro físico o riesgo de explosión.

Los limitantes principales para la protección del sistema de ductos y tratamientos<sup>18</sup>:

Ductos:

- Acidez o alcalinidad excesiva, las cuales pueden causar reacciones químicas.

---

<sup>17</sup> ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales: teoría y principios de diseño. 5 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.p.130.

<sup>18</sup> *Ibíd.*, p. 123.



- Gases tóxicos y reactivos como el ácido sulfhídrico, el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno.
- Sustancias explosivas.
- Grasas, aceites y sólidos suspendidos.
- Sustancias inflamables o tóxicas.

Tratamientos:

- DBO y SS excesivamente altos.
- pH indeseable, menor de cinco o mayor de nueve.
- Temperatura excesiva.
- Grasas y aceites en concentración excesiva.
- Sustancias tóxicas inhibitorias del proceso biológico.

#### **1.3.4 Los sistemas de tratamiento en el sitio**

Son sistema de disposición que se realizan para lugares donde no se cuenta con un servicio de alcantarillado.

Antes de proceder a diseñar e implantar un sistema de esta índole se debe adquirir la información necesaria y realizar estudios pertinentes<sup>19</sup>:

Información:

1. Cantidad y calidad del agua residual.
2. Tipo de suelo y permeabilidad.
3. Temperatura (media mensual y anual).
4. Uso de la tierra.
5. Zonificación.

---

<sup>19</sup>MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras - 2000: tratamiento de aguas residuales. sección II título E. Bogotá D.C.: El instituto, 2000. 27 p.

6. Prácticas agrícolas.
7. Requerimientos de calidad para descargas superficiales y subsuperficiales.
8. Nivel freático.
9. Información de los cuerpos de agua de la zona.

Estudios:

1. Inspección visual.
2. Estudio de suelos: humedad, permeabilidad, granulometría, conductividad hidráulica saturada.
3. Topográficos: pendiente del terreno.
4. Hidrológicos: precipitación (promedio máximo mensual), evapotranspiración y evaporación (promedio mensual).
5. Revisión de estudios previos hechos en la zona.
6. Vulnerabilidad sísmica.
7. Inundaciones.

#### **1.3.4.1 Trampas de grasa**

Hace parte del sistema de tratamiento de aguas residuales y es como un primer filtro antes del tanque séptico con el fin de prevenir taponamiento en los ductos, el deletéreo de la acción bacteriana y el aplacamiento de sólidos.

El sistema no solo se queda con grasas sino también con aceites ya que son sustancias que tienen características similares.

Una trampa de grasas debe estar diseñada no solo para cumplir su función principal sino también para brindar su fácil mantenimiento. Se debe tener en cuenta el diseño hidráulico y los tiempos de retención del sistema de tratamiento para que esta cumpla su función adecuadamente. La entrada y la salida en esta

parte del sistema deben tener distancias idóneas para que por gravedad funcione y no permita el escape de grasas por la salida. La grasa y los aceites deben subir y flotar mientras el agua queda abajo.

#### **1.3.4.1.1 Trampa de grasa domiciliar**

Son usadas para recibir residuos provenientes de las casas que son originados desde las cocinas, cuartos de lavado y baños. Debe estar ubicada lo más cerca posible a su fuente y por encima del tanque séptico.

#### **1.3.4.2 Tanque séptico**

Es un utensilio donde ocurre la sedimentación y la digestión de los residuos. Son subterráneos, sellados, diseñados y contruidos para el saneamiento rural. Manejan fluidos de olores fuertes con muchos contenidos bioquímicos de oxígeno y muy peligrosos por el contenido de organismos patógenos. Es una alternativa para tratar aguas residuales desechadas por residencias individuales es fases primarias de tratamiento.

Se permiten los siguientes tipos de pozos sépticos<sup>20</sup>:

- Tanques convencionales de dos compartimentos.
- Equipados con un filtro anaerobio.
- Según el material: de concreto o de fibra de vidrio o de otros materiales apropiados.
- Según la geometría: rectangulares o cilíndricos.

---

<sup>20</sup>Ibíd., p. 30.

Los tanques sépticos descomponen el lodo de manera anaerobia su remoción de DBO puede ser de 30 al 50% de grasas y de aceites un 70 a 80%, de fósforo un 15% y de un 50 a 70% de SS para aguas residuales domesticas típicas.<sup>21</sup>

#### **1.3.4.2.1 El tratamiento anaerobio**

Es el proceso de degradación de la materia orgánica por la acción coordinada de Microorganismos, en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes fuertes (SO=4, NO=3, etc.). Como subproducto de ella se obtiene un gas, denominado usualmente biogás, cuya composición básica es metano CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en un 95%, pero con la presencia adicional de nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, usualmente en proporciones inferiores al 1%.<sup>22</sup>

#### **1.3.4.2.2 Sedimentación**

Es la separación por medio de asentamiento gravitacional, de las partículas en suspensión más pesadas que el agua.

La sedimentación puede ser muy diferente según el tamaño, peso y concentración de las partículas del agua residual. Se pueden considerar cuatro tipos diferentes de sedimentación<sup>23</sup>:

1. Sedimentación Discreta.
2. Sedimentación floculante.

---

<sup>21</sup> ROMERO. Op. cit., p. 688.

<sup>22</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, RAS - 2000: tratamiento de aguas residuales, Op. cit. p. 74.

<sup>23</sup> SERRANO FORERO, Norman. Tratamiento de aguas residuales. En: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. [En línea]. (2008). (Consultado 3 dic. 2013). Disponible en <[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301332/EXE\\_301332/identificacin\\_del\\_curso\\_acadmico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301332/EXE_301332/identificacin_del_curso_acadmico.html) >

3. Sedimentación Zonal.
4. Sedimentación por compresión.

Cada una se caracteriza:

1. Sedimentación discreta.

Las partículas se sedimentan individualmente y sin chocar con otras guardando sus características. Se produce solo en los desarenadores.

2. Sedimentación floculante.

Las partículas que están en suspensión se adhieren entre sí para lograr obtener un peso óptimo para sedimentarse.

3. Sedimentación zonal.

Las partículas que caen interactúan de manera que se unen dos porciones y se sedimentan en una zona espacial.

4. Sedimentación por compresión.

Una estructura de partículas ya sedimentadas recibe otras partículas que se precipitan con un peso que causa una compresión desde la superficie hacia los lodos.

### **1.3.4.2.3 Digestión anaerobia de lodos de aguas residuales**

Los lodos están compuestos por materia orgánica del agua residual cruda. La digestión de estos lodos produce un compuesto más estable y la eliminación de los microorganismos patógenos. Se estabilizan lodos primarios y secundarios.

Reduce el contenido volátil a cerca del 50% y los sólidos aproximadamente un 70% de los valores originales. Los sólidos orgánicos remanentes son de naturaleza homogénea, relativamente estables, con olor a alquitrán; sin embargo la deshidratación del lodo digerido es difícil.<sup>24</sup>

El proceso anaerobio se realiza en dos etapas:

1. Calentamiento y mezcla.

Produce la mayor cantidad de gas.

2. Almacenamiento tranquilo.

Almacenamiento, espesamiento del lodo dirigido y formación de un sobrenadante rico en material orgánico soluble (claro).

### **1.3.4.3 Filtro anaerobio**

Es un sistema complementario al tanque de decantación-digestión, altamente eficiente. Puede lograr reducciones de entre un 50 a 70% de DBO, sobre la remoción lograda previamente en el tanque séptico. Consiste en un tanque o cámara cerrada, compuesta por un lecho de grava y en donde el afluente proveniente del tanque séptico pasa de manera ascendente, a través de los

---

<sup>24</sup> ROMERO. Op. cit., p. 788.

intersticios y la película biológica que se forma sobre la superficie de este material granular, realiza un trabajo de digestión y reducción anaerobia.<sup>25</sup>

#### **1.3.4.3.1 Filtro anaerobio de flujo ascensional**

Es un proceso que contiene una película microbial de crecimiento adherido para el tratamiento de residuos solubles con una gran ventaja de que el riesgo de taponamiento sea mínimo.

Está constituido por un tanque con un relleno de medio sólido para el crecimiento allí del proceso biológico anaerobio que esta adherido y permite que las bacterias del agua residual al hacer contacto queden retenidas proporcionando unos tiempos de retención celular largos y unos tiempos de retención hidráulica cortos.

#### **1.3.4.4 Humedales artificiales**

Es una zona inundada o saturada que enfoca su principio de depuración, en el uso de plantas acuáticas o semiacuáticas, emergentes. Las especies más usadas son los carrizos, juncos, eneas, entre otras, las cuales presentan una elevada productividad y son muy resistentes a las condiciones de poco oxígeno que se presentan en suelos pantanosos y encharcados.

Mediante fenómenos de sedimentación y filtración eliminan solidos a través de un soporte de gravas, tallos y raíces de las plantas acuáticas.

---

<sup>25</sup> LOZANO RIVAS, W. *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Módulo didáctico. En: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. [En línea]. (2012). (Consultado 3 dic. 2013]. Disponible en [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_39\\_filtro\\_anaerobio.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_39_filtro_anaerobio.html)

Una vez que esta materia orgánica ha sido retenida, la acción de microorganismos (bacterias, principalmente) transforma estos compuestos en otros más simples, los cuales son fácilmente asimilables por el ecosistema artificial recreado en el humedal. El oxígeno requerido por los microorganismos es proveído no sólo por los procesos fotosintéticos que pueden darse en superficie, sino principalmente por las raíces de las plantas. No obstante, en algunas zonas del humedal (las que se encuentran a mayor profundidad) pueden darse también procesos de degradación anaerobia.<sup>26</sup>

#### 1.3.4.4.1 Tipos de humedales

Clasificación según las características del material vegetal predominante en el lecho<sup>27</sup>:

1. Humedales contruidos, basados en micrófitas flotantes. Ej.: Eichhornia crassipes, lemna minor.
2. Humedales contruidos, basados en micrófitas de hojas flotantes. Ej.: Nymphaea alba, potamogeton gramineus.
3. Humedales contruidos, con macrófitas sumergidas. Ej.: Littorella uniflora, potamogeton crispus.
4. Humedales contruidos, con macrófitas emergentes. Ej.: Thypha latifolia, phragmites australis.

---

<sup>26</sup> Ibíd., Disponible

en<[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_39\\_filtro\\_anaerobio.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_39_filtro_anaerobio.html)>.

<sup>27</sup> ARIAS, Carlos. HANS, Brix. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. En: Revista ciencia y tecnología Neogranadina. Vol.13. p. 19.



#### **1.2.4.4.2 Subdivisión de las micrófitas emergentes**

2. Sistemas de flujo libre (humedales de flujo superficial HFS).
3. Sistemas con flujo horizontal subsuperficial (HFSS).
4. Sistemas con flujo vertical (HFV).
5. Sistemas híbridos (SH).

#### **1.3.5 Captación y aprovechamiento de agua de lluvia**

El agua de lluvia es un recurso que ha desempeñado un papel muy importante hasta el siglo XIX. Cuando a principios del siglo XX las canalizaciones de agua empezaron a irrumpir de forma masiva en ciudades, pueblos y villas, el agua de lluvia pasó a un segundo plano y reservado casi exclusivamente a situaciones muy especiales.

##### **1.3.5.1 Usos del agua lluvia**

El agua de lluvia presenta una serie de características ventajosas<sup>28</sup>:

- Por una parte es un agua extremadamente limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles.
- Por otra parte es un recurso esencialmente gratuito e independiente totalmente de las compañías suministradoras habituales.
- Precisa de una infraestructura bastante sencilla para su captación, almacenamiento y distribución.

---

<sup>28</sup>[citado en 2013-12-10]. Disponible en internet: <[http://www.aguapur.com/0/es\\_generalidades.html](http://www.aguapur.com/0/es_generalidades.html)>

Pero incluso más allá de estas indicaciones, el agua de lluvia se ha empleado históricamente para lavarse, beber y cocinar directamente con ella. Hoy día los criterios son un poco más restrictivos y no suele aconsejarse el empleo directo del agua de lluvia para estos usos. Pero es relativamente fácil adaptarla para poder disponer de ella como única fuente de agua si así se desea, con todas las garantías sanitarias que se requieren. En este caso, sí se deben tomar una serie de precauciones e instalar unos sistemas de depuración del agua sencillos.

### **1.3.5.2 Tratamiento de aguas lluvias**

El agua de lluvia se puede aprovechar para el consumo humano pero es importante conocer el agua disponible mediante análisis estadísticos de precipitación en la zona de captación por medio de los registros anuales para garantizar los ciclos hidrológicos secos, húmedos e intermedios que se presentan.

El agua lluvia se puede volver potable sometiéndola a procesos de filtros anaerobios y con la ayuda de desinfectantes ya conocidos.

#### **1.3.5.2.1 Cloración**

Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.<sup>29</sup>

### **1.3.6 Instalaciones hidráulicas y sanitarias**

Al realizar una vivienda se deben tener en cuenta un determinado número de aparatos sanitarios, por esa razón es necesario la instalación interna de un suministro y desagüe de agua hasta llevarla a un sitio de tratamiento y disposición.

---

<sup>29</sup> ROMERO. Op. cit., p. 1041.

Realizar las instalaciones hidráulicas y sanitarias se refiere al diseño y distribución de redes de tuberías, accesorios y aparatos de control para cumplir con el servicio atendiendo los siguientes principios básicos<sup>30</sup>:

- Todos los aparatos deben ser abastecidos con una cantidad suficiente de agua a presión adecuada para que su funcionamiento sea satisfactorio y sin producir ruidos durante él.
- El sistema de suministro se diseñara para producir un funcionamiento correcto de todos los aparatos y consumir la menor cantidad de agua.
- El sistema de desagües tendrá pendientes y diámetros adecuados para evitar la acumulación de salidas que produzcan tapones. Estará previsto de tapones de limpieza localizados en forma que haya fácil acceso a ellos.
- Las tuberías deben ser de un material durable libre de defectos de fábrica, poros, fisuras, etc.
- Todo aparato conectado a la red de desagüe y todo punto abierto de esta, deberá estar provisto de un sifón.
- El sistema de desagües se diseñara teniendo en cuenta una correcta circulación de aire por la red para evitar el sifonaje.
- Una vez ejecutado el sistema de redes, de deberían someter a una serie de pruebas suficientes y adecuadas para descubrir cualquier defecto de montaje.

### **1.3.7 Ariete hidráulico**

El ariete hidráulico fue patentado en 1796, por Joseph Montgolfier (1749-1810), consiste en una máquina que aprovecha únicamente la energía de un pequeño

---

<sup>30</sup> LLOREDA, Eduardo. Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificios. 1 ed. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia, 1972.p1.

salto de agua para elevar parte de su caudal a una altura superior. Con el tiempo cayó en desuso, sobre todo debido al avance arrollador de la bomba centrífuga.

En la actualidad asistimos a un renacer del interés acerca de este aparato debido a que es tecnológicamente accesible, eficiente, ecológico y muy didáctico.

Fue sólo durante el siglo pasado cuando se constató de forma correcta su principio de funcionamiento. Entonces fue cuando se demostró que el ariete es un dispositivo muy complejo que sólo puede funcionar a alto rendimiento tras un ajuste preciso de sus componentes. En este sentido fue significativa la aportación del ingeniero Heerleiri de la empresa Firma Pfister & anghanss, quien hizo de los problemas del ariete hidráulico el objetivo de su vida y en su trabajo sistemático durante décadas exploró las regularidades y estableció principios de construcción.<sup>31</sup>

En este sistema hidráulico, la energía potencial del agua en el tanque de abastecimiento, es convertida primero en energía cinética que acciona el ariete, y posteriormente en energía potencial del agua que llega al tanque de descarga. Este funciona aprovechando el fenómeno del golpe de ariete que ocurre en las tuberías por la sobrepresión generada por el cierre rápido de una válvula.

Este sistema se compone de cuatro partes fundamentales que son:

- . Cuerpo del Ariete.
- . Válvula de impulso.
- . Válvula de descarga.
- . Cámara de Presión.

---

<sup>31</sup> BIANCHA y SIERRA, Op. cit., p. 29.

#### **1.3.7.1 Cuerpo del ariete**

El cuerpo del ariete básicamente es el elemento que alberga los componentes que hacen posible el funcionamiento de esta bomba.

#### **1.3.7.2 Válvula de Impulso**

Esta válvula es la encargada de producir el golpe de ariete, esta es abierta y se cerrada debido a la aceleración del agua que proviene de la surtidor, para abrirse nuevamente e iniciar el ciclo está provista de un resorte graduado para que sea capaz de vencer el peso de la válvula y de la cantidad de agua existente en el cuerpo.

#### **1.3.7.3 Válvula de descarga**

Esta válvula se encarga de permitir el paso del fluido hacia la descarga, funciona como una válvula anti retorno, es normalmente cerrada bloqueando el paso del líquido desde la descarga hacia el cuerpo del ariete, solo permite flujo en el otro sentido, solo se abre debido al golpe de ariete.

#### **1.3.7.4 Cámara de Presión**

Es un tipo de acumulador hidráulico encargado de hacer continuo el flujo de descarga presurizando el aire existente en la cámara de presión y descargando el fluido atrapado en esta cada vez que la válvula de descarga cerrada, de este modo se suavizan las pulsaciones de un flujo generado, como es el caso de un golpe de ariete que se repite indefinidamente.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Diseño de tratamiento anaerobio para aguas residuales

#### 2.1.1 Clasificación del nivel de complejidad

La clasificación del proyecto depende del número de habitantes del municipio en su zona urbana y su capacidad económica.

La siguiente tabla indica la clasificación del nivel de complejidad:

Tabla 1. Asignación del nivel de complejidad<sup>32</sup>

Asignación del nivel de complejidad		
Nivel de complejidad	Población en la zona urbana <sup>(1)</sup> (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios <sup>(2)</sup>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: RAS 2000 TITULO A.

#### 2.1.2 Dotación neta

La dotación neta de consumo de un habitante depende del nivel de complejidad y el clima.

---

<sup>32</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. sección I título A. Bogotá D.C.: El instituto, 2000. 9 p.

Tabla 2. Dotación por habitante según el nivel de complejidad<sup>33</sup>

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab•día ) climas templado y frío	Dotación neta (L/hab•día ) clima cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: RAS 2000 TITULO B.

### 2.1.3 Trampa de grasas

#### 2.1.3.1 Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios

Se requiere contabilizar el número de aparatos hidráulicos y sanitarios para saber las unidades de gasto.

Tabla 3. Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios<sup>34</sup>

USO PRIVADO			
NOMENCLATURA	APARATO USO PRIVADO	UNIDADES	PRESIONES
LM	LAVAMANOS	1,00	3,00
DU	DUCHA/TINA	2,00	4,00
IN	INODORO	3,00	3,40
BI	BIDE	2,00	3,40
LP	LAVAPLATOS	2,00	3,00
LPE	LAVAPLATOS ELECTRICO	3,00	3,00
LA	LAVADORA	2,00	3,80
LO	LAVADERO	3,00	3,00
C	Calentador		

<sup>33</sup> MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO: VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANAMIENTO BASICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras: sistemas de acueducto. Título B. 2 ed. Bogotá D.C.: El instituto, 2010. 32 p

<sup>34</sup> INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS. WILLIAM IBÁÑEZ. Facultad de ingeniería civil. Universidad pontificia bolivariana. 2013.

Fuente: MATERIAL DE CLASE DE LA MATERIA INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS. WILLIAM IBÁÑEZ.

### 2.1.3.2 Caudal de diseño de la trampa de grasa

El caudal se calcula con la siguiente expresión<sup>35</sup>:

$$Q = 0.3 \sqrt{\sum p}$$

$$Q = \text{Caudal máximo en } \frac{lt}{seg}.$$

$\sum p$  = Suma de todas las unidades de gasto a ser atendido por la trampa de grasa.

### 2.1.3.3 Volumen de la trampa de grasa

Se debe tener 0.25m<sup>2</sup> de área por cada litro por segundo<sup>36</sup> y una profundidad mínima de 0.8m<sup>37</sup>.

$$V = A * 0.8$$

---

<sup>35</sup>CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE: ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SALUD AMBIENTAL. En: unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. [En línea]. (2003). (Consultado 3 dic. 2013). Disponible en <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xv.pdf> >

<sup>36</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, RAS - 2000: tratamiento de aguas residuales, Op. cit. p. 28.

<sup>37</sup> CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE: Disponible en <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xv.pdf> >, Op. cit. p. 7.



$V = \text{Volumen de la trampa de grasa} - \text{litros.}$

$A = \text{Área de la trampa de grasa} - m^2 .$

#### **2.1.4 Tanque séptico**

El diámetro interno debe ser mínimo de 1.1m y su profundidad mínima de 1.20m. Se debe ubicar a 1.50m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración; 3.0 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua; 15.0m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.<sup>38</sup>

##### **2.1.4.1 Tiempo de retencion hidraulica**

Se calcula con la siguiente expresión<sup>39</sup>:

$$th = 1.5 - 0.3 * \log(P * d)$$

$th = \text{Tiempo de retencion hidraulica} - \text{dias.}$

$P = \text{Poblacion servida} - \text{hab.}$

$d = \text{Dotación} - l/(\text{hab. dia}).$

---

<sup>38</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, RAS - 2000: tratamiento de aguas residuales, Op. cit. p. 30.

<sup>39</sup>GÓMEZ RENDÓN, C. Manejo de aguas residuales en pequeñas comunidades. Módulo didáctico. En: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. [En línea]. (2012). (Consultado 3 dic. 2013). Disponible en< <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358041/EXE/protocolo.html>>

#### 2.1.4.2 Volumen de sedimentación

$$Vs = P * q * th$$

*Vs = Volumen de sedimentación – litros.*

*P = Poblacion servida – hab.*

$$q = \text{Dotación} - \frac{l}{\text{hab. dia.}}$$

*th = Tiempo de retención hidraulica – dias.*

#### 2.1.4.3 Volumen para biodigestión

$$Vd = 0.5 * P * td$$

*Vd = Volumen para biodigestión – litros.*

*P = Población servida – hab.*

$$td = 28 * 1.035^{35-T}$$

*T = Temperatura estimada del agua por tratar en grados celsius.*

#### 2.1.4.4 Volumen para almacenamiento de lodos digeridos

$$Va = r * P * \left( n - \left( \frac{td}{365} \right) \right)$$

*Va = Volumen para almacenamiento de lodos digeridos – litros.*

$$r = 30 \frac{lt}{\text{pers} - \text{año}}$$

*P = Población servida – hab.*

*n = Periodo de limpieza o remoción de lodos – años.*

$$td = 28 * 1.035^{35-T}$$

$T$  = Temperatura estimada del agua por tratar en grados celsius.

#### 2.1.4.5 Volumen total de líquido en el tanque séptico

$$V_{total} = V_s + V_d + V_a$$

$V_{total}$  = Volumen total de líquido en el tanque – litros.

$V_s$  = Volumen de sedimentación – litros.

$V_d$  = Volumen para biodigestión – litros.

$V_a$  = Volumen para almacenamiento de lodos digeridos – litros.

#### 2.1.5 Filtro anaerobio

##### 2.1.5.1 contribución de aguas residuales por persona

Tabla 4. Contribución de aguas residuales por persona<sup>40</sup>

Contribución de aguas residuales por persona			
Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco $L_r$ (L / día)	
		C	$L_r$
<b>Ocupantes permanentes</b>			
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
<b>Ocupantes temporales</b>			
Fábrica en general	persona	70	0.30
Oficinas temporales	persona	50	0.20
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0.20
Escuelas	persona	50	0.20
Bares	persona	6	0.10
Restaurantes	comida	25	0.01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0.02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4.0

Fuente: RAS TITULO E.

##### 2.1.5.2 Volumen del filtro anaerobio

$$V_f = 1.6 * P * C * th$$

<sup>40</sup> *Ibíd.*, p. 129.

$V_f$  = volumen del filtro anaerobio – litros.

$P$  = Población servida – hab.

$C$  = Contribución de aguas residuales por persona –  $\frac{l}{dia}$ .

$th$  = Tiempo de retención hidraulica – dias.

En filtros circulares el diámetro debe ser menor o igual al doble de la profundidad. El filtro se debe rellenar con grava de 2 ½ de pulgada con espesor de 0.8 metros.

### **2.1.6 Humedal artificial**

Para determinar el tamaño de un sistema biológico grande de filtración, se debe primero determinar la temperatura mínima del ambiente del sitio propuesto (°C), la cantidad de BOD producido actualmente, y el nivel de BOD deseado para el agua que sale del sistema. Se puede probar el cálculo con la profundidad variando de 55 a 85 centímetros para encontrar un tamaño apropiado.<sup>41</sup>

#### **2.1.6.1 Temperatura**

Determinar la temperatura media mínima mensual del ambiente,  $T$  (°C), en que el sistema trabajará (por ejemplo, la temperatura media para enero).<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup>DAYNA YOCUM, BREN SCHOOL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND MANAGEMENT, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA BÁRBARA. Manual de Diseño: Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración. [En línea]. (Consultado 5 dic. 2013).P.7 Disponible en<[http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP\\_reports/Diseno\\_Humedal\\_AguasGrises.pdf](http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_AguasGrises.pdf)>

<sup>42</sup> Ibíd., p. 7.

### 2.1.6.2 Constante de velocidad de reacción para BOD en la temperatura apropiada

$$K_r = K_{20}(1.06^{(T-20)})$$

$K_r$  = Constante de velocidad de reacción – días.

$K_{20}$  = según Tchobanoglous y Burton (1991) se estima  $1.35 \text{ día}^{-1}$ .

### 2.1.6.3 Tiempo de detención

El agua debe quedarse en el humedal lo indispensable para alcanzar el nivel de BOD deseado.

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{c}{c_o}\right)}{K_r}$$

$t$  = Tiempo de detención – día.

$c$  = concentración del BOD que se desea que salga del sistema –  $\text{mg/L} = \text{g/m}^3$ .

$c_o$  = concentración del BOD que entra al sistema –  $\text{mg/L} = \text{g/m}^3$ .

$K_r$  = Constante de velocidad de reacción – días.

Tabla 5. La concentración de BOD estimada para [non point source loading] de varios usos de tierra (Benaman 1996)<sup>43</sup>

Tipo de uso de tierra	Urbano – Residencial y Negocios	Residencial	Agricultura	Abierta/Pastura	Bosque	Humedales Naturales	Agua	Árido
BOD (mg/L)	9	15	4	6	6	6	0	13

Fuente:

[http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP\\_reports/Diseno\\_Humedal\\_AguasGrisas.pdf](http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_AguasGrisas.pdf)

#### 2.1.6.4 Organic loading rate

Este número indicará la masa de BOD por área por día que el sistema recibirá y no debe ser mayor de 11.2 g BOD/m<sup>2</sup>-día. Entre más profundidad del sustrato mayor será la carga que el sistema puede procesar.

$$L_{org} = \frac{c * dw * n}{t}$$

$L_{org}$  = Organic loading rate – g BOD/m<sup>2</sup> – día.

$c$  = Nivel de BOD del agua influyente – mg/L = g/m<sup>3</sup>.

$dw$  = Profundidad del sustrato – m (típicamente de 0.4m a 0.85m)

$n$  = Porosidad efectiva.

$t$  = Tiempo de detención – día.

---

<sup>43</sup> Ibíd., p. 8.

Tabla 6. Los valores típicos de sustratos de humedales construidos (Crites and Tchobanoglous 1998). \*d10 es el diámetro de una partícula en una distribución del peso de las partículas que es más pequeña que todo salvo 10% de las partículas<sup>44</sup>

Sustrato	tamaño efectivo d <sub>10</sub> *, mm	Porosidad efectiva $\eta$
Arena (media)	1	0.3
Arena (grueso)	2	0.32
Arena con grava	8	0.35
Grava (media)	32	0.4
Grava (grueso)	128	0.45

Fuente:

[http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP\\_reports/Diseno\\_Humedal\\_AguasGrisas.pdf](http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_AguasGrisas.pdf)

#### 2.1.6.5 Área del terreno de cama para el humedal en flujo subterráneo

$$A_s = \frac{Q_{ave} * t}{n * dw}$$

$A_s = \text{Área del terreno} - m^2$ .

$Q_{ave} = \text{Flujo diario medio que entra al humedal} - m^3/\text{día}$ .

$t = \text{Tiempo de detención} - \text{día}$ .

$n = \text{Porosidad efectiva}$ .

$dw = \text{Profundidad del sustrato} - m \text{ (típicamente de } 0.4m \text{ a } 0.85m)$ .

#### 2.1.6.6 Ancho del humedal

La proporción se recomienda entre 2:1 y 4:1 según Crites and Tchobanoglous (1998).

$$w = \left(\frac{A_s}{R_A}\right)^{\frac{1}{2}}$$

---

<sup>44</sup>Ibíd., p. 9.

$w = \text{Ancho del humedal} - m.$

$A_s = \text{Área del terreno} - m^2.$

$R_s = \text{Proporción longitud/ancho}.$

### 2.1.6.7 Longitud del humedal

$$L = \frac{A_s}{w}$$

$A_s = \text{Área del terreno} - m^2.$

$w = \text{Ancho del humedal} - m.$

## 2.2 Diseño de tratamiento para aguas lluvias aptas para consumo humano

### 2.2.1 Filtro anaerobio

La superficie filtrante del filtro de arena va acorde a la superficie de captación: por cada 100 metros cuadrados de superficie de captación se recomienda 1 metro cuadrado de superficie filtrante de arena.

El filtro en la parte inferior (en contacto con la cañería de PVC agujereada o ranurada) debe cargarse con piedra partida de  $\frac{3}{4}$  e incluso con piedra de menor tamaño, por ejemplo de 1 a 2 mm de diámetro, con un espesor de 30 cm. Luego debe ir arena gruesa con un espesor de 20 cm, después 10 cm de arena fina<sup>45</sup> y por último 20cm de carbón activado de 2 mm de diámetro.

---

<sup>45</sup>BASÁN NICKISCH, M. Utilización del agua de lluvia para consumo humano. [En línea]. (2008). (Consultado 24 nov. 2013]. Disponible



El material filtrante es carbón activado y después la arena fina. Ésta es sostenida por la arena gruesa y, a su vez, ésta es sostenida por la piedra partida. La función de la piedra partida es no permitir la filtración de la arena a través de la cañería agujereada al depósito de agua.

### 2.2.2 Potabilización del agua con Lejía domestica

El cloro es un buen desinfectante del agua para beber, y da buenos resultados contra las bacterias responsables de las enfermedades que se transmiten por el agua; es importante que el agua se filtre antes de añadir el cloro.

La lejía tiene que llevar indicada la concentración de cloro libre por litro de lejía, y se encuentra con diferentes nombres comerciales.

Las concentraciones que se pueden encontrar de lejía comercial y su dosificación en función del volumen de agua a tratar se pueden calcular con esta fórmula<sup>46</sup>:

$$x = \frac{2 * V}{C}$$

*x = ml de lejía.*

*V = Volumen del deposito en litros.*

*C = Concentracion de lejía en  $\frac{g}{l}$ .*

---

en<<http://www.seminariolatinodeagua.com/documentos/Utilizaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia%20para%20consumo%20humano.pdf> >

<sup>46</sup>FARMACIA CUIXART LLOPIS. Cloro. [En línea]. (2013). (Consultado 1 dic. 2013). Disponible en<[http://farmaciacuixartllopis.com/consejos\\_agua\\_potabilizacion.php](http://farmaciacuixartllopis.com/consejos_agua_potabilizacion.php) >

La dosis máxima del uso de cloro en el agua de beber es de 30mg/l.

## 2.3 Instalaciones hidráulicas y sanitarias

### 2.3.1 Sistema de suministro de agua

El suministro de agua se hace a través de la bomba de ariete.

#### 2.3.1.1 Almacenamiento

Se almacena únicamente el consumo de un día y para esto se tiene en cuenta el volumen.

$$\text{volumen} = \text{No. de habitantes} * \text{dotacion neta.}$$

Tabla 7. Dotación de acuerdo al tipo de edificación

Viviendas	200-250 litros hab/día
Industrias	80 litros/trabajadores
Comercio, mercancías secas, casas de abasto, peluquerías y pescaderías	20 litros/ m <sup>2</sup> Mínimo 400 litros/ día
Mercados	15 litros/m <sup>2</sup>
Universidades	50 litros/personas *día
Hoteles (a)	500 litros/habitación *día
Oficinas	90 litros/persona*día

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 1500- Código Colombiano de Fontanería.

Tabla 8. Población según el tipo de identificación

EDIFICACION	NUMERO DE HABITANTES
Residencial	5 hab/viv
	3 hab/viv , (viv, 1 o 2 alcobas)
Oficinas	1 persona por cada 10 m <sup>2</sup> de área de oficina

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 1500- Código Colombiano de Fontanería.

### 2.3.1.2 Altura del tanque

La altura del tanque es la presión antes del medidor que se obtiene en el cálculo de la red interna hidráulica.

$$PAM = H \text{ medidor} + H \text{ acumuladas} + Pre. \text{min}$$

### 2.3.1.3 Medidores

La selección adecuada del medidor depende principalmente del caudal y no del diámetro de la tubería donde se encuentra instalado. Se recomienda que el caudal medio de operación se encuentre entre el 50% y 80% del caudal máximo del medidor.<sup>47</sup>

Las pérdidas en el medidor están determinadas por la siguiente ecuación:

$$H_{\text{medidor}} = \left( \frac{Q \text{ diseño}}{Q \text{ max}} \right)^2 * 10$$

<sup>47</sup> APUNTES DE CLASE de William Ibáñez, Profesor del curso de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de la Universidad Pontificia Bolivariana. Floridablanca, segundo semestre de 2013.

Dónde:

El Caudal Máximo es:

Tabla 9. Caudal máximo

Diámetro	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
Q max (lt/seg)	0,83	1,39	1,94	5,56

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 1063-1. Medición del Flujo de agua en conductos cerrados a sección llena. Medidores para agua potable fría y agua caliente. Parte 1. Especificaciones.

#### 2.3.1.4 Caudales

Tabla 10. Las unidades de gasto para cada aparato

Aparato sanitario	Unidades de consumo
Lavamanos	1
Ducha	2
Inodoro	3
Lavaplatos	2
Lavaplatos eléctricos	3
Lavadora	2
Lavadero	3

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 1500. Código colombiano de Fontanería.

El caudal máximo probable se obtiene de la tabla de Hunter Modificados donde se encuentran las Unidades de consumo versus los caudales para la tubería en PVC.

### 2.3.1.5 Presión para el funcionamiento de los aparatos

Para el funcionamiento adecuado de cada aparato es recomendada las siguientes presiones.

Tabla 11. Presiones de los aparatos

Aparatos Sanitarios	Presión residual (m.c.a)	Altura de aparatos (m)	Altura piezometrica
Lavamanos	2	1	3
Ducha	2	2	4
Inodoro	2.8	0.6	3.4
Lavaplatos	2	1	3
Orinal	2	1.2	2.2
Lavadora	2.8	1	3.8
Lavadero	2	1	3

FUENTE: Norma Técnica Colombiana NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería.

### 2.3.1.6 Perdida de carga en la tubería

Las pérdidas de energía por fricción pueden calcularse utilizando la ecuación universal para conductos a presión o las ecuaciones empíricas de Hazen-Williams y Flamant, en su respectivo rango de aplicabilidad; para tuberías de diámetro mayor o igual a 2" y tuberías de pequeño diámetro ½" a 1 ½", respectivamente. Expresadas por:<sup>48</sup>

$$J_{Hazen-William} = \frac{10.643 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

<sup>48</sup> LONDOÑO LOZANO, Johana María. Soporte para la elaboración de normas técnicas de diseño y presentación de proyectos de redes internas de acueductos en urbanizaciones y edificios. [en línea]. [consultado 26 dic. 2013]. Disponible en: <<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1663/2/117027.pdf>>

$$J_{Flamant} = \frac{6.1 * C * Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Dónde:

Las unidades de medidas para el diámetro es metros (m) y para el caudal es metro cubico sobre segundo (m<sup>3</sup>/seg).

El coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams: 150 y de Flamant: 0.00010, para la tubería en PVC.

### 2.3.2 Sistemas de aguas grises y negras

Para garantizar el funcionamiento correcto del sistema de desagüe de aguas grises y negras, se cuenta con los ramales horizontales, los bajantes y colectores.

Para conocer el diámetro de desagüe de los ramales horizontales y colectores:

Tabla 12. Unidades y longitudes máximas horizontales

Diámetro del tubo en pulg	2	3	4	6	8	10	12
Unidades máxima tubería de desagüe <b>horizontal</b>	8	35	216	720	2640	4680	8200

FUENTE: Norma Técnica Colombiana NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería.

Para conocer el diámetro de desagüe de los bajantes:

Tabla 13. Unidades y longitudes máximas verticales

Diámetro del tubo en pulg	2	3	4	6	8	10	12
Unidades máxima tubería de desagüe <b>vertical</b>	16	48	256	1380	3600	5600	8400

FUENTE: Norma Técnica Colombiana NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería.

### 2.3.3 Sistemas de aguas lluvias

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de desagüe de aguas lluvias se cuenta con los bajantes, canaletas y colectores.

#### 2.3.3.1 Bajantes de aguas lluvias

Es fundamental el diámetro de la tubería, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia del lugar.

Tabla 14. Dimensionamiento de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvias para 100mm/h

Diámetro nominal (mm)	Caudal máximo (lt/seg)	Áreas máximas permitidas (m <sup>2</sup> )
75	4.2	150
100	9.1	321
125	16.5	583
150	26.8	948
200	57.6	204

FUENTE: Norma Técnica Colombiana NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería.

### 2.3.3.2 Canaletas semicirculares

El dimensionamiento de las canaletas se calcula con la tabla que se muestra a continuación, con una intensidad de lluvia para 100 mm/h.

Tabla 15. Dimensionamiento de canales exteriores en fachada

Diámetro de la canaleta	Área en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) para diferentes pendientes			
	0.5%	1%	2%	4%
75 mm (3")	16	22	32	45
100mm (4")	33	47	67	95
125 mm(5")	58	82	116	164
150 mm (6")	89	126	178	257
175 mm ( 7")	128	181	256	362
200 mm (8")	185	260	370	520
250 mm (10")	334	474	669	929

FUENTE: Norma Técnica Colombiana NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería.

### 2.3.3.3 Colectores de aguas lluvias

Para calcular el diámetro de los colectores, se tiene en cuenta las pendientes y la intensidad de lluvia para 100mm/h.



Tabla 16. Definición de las dimensiones de tubería horizontal de agua lluvia

Diámetro del conducto	Pendiente 1%	Pendiente 2%
	M <sup>2</sup> de área servida (proyección horizontal)	
75 mm (3")	75	108
100mm (4")	175	246
125 mm(5")	310	438
150 mm (6")	497	701
200 mm (8")	1068	1514

FUENTE: Norma Técnica Colombiana NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería.

## 2.4 Bombeo de agua con ariete hidráulico

Se realiza una prueba de pérdidas para saber la cantidad de agua en promedio que puede bombear el ariete.

Se bombea un volumen de 110 litros desde una caída de 1.5 metros de altura respecto a la nivel del ariete, y el volumen llegara al recipiente que se encuentra a 9 metros de altura respecto al nivel del ariete.

El ejercicio consiste en mirar cual es el volumen de agua que es bombeado y cuál es el volumen de agua que sale de la válvula de desperdicio respecto a los 110 litros de agua que ingresan al ariete en 25 repeticiones. Los datos se promediaran y se dispondrá un porcentaje de pérdidas del ariete hidráulico construido.

### 3 RESULTADOS Y ANALISIS

#### 3.1 Tratamiento anaerobio

##### 3.1.1 Clasificación del nivel de complejidad

La ciudad de Floridablanca cuenta con más de 60.000 habitantes clasificando el proyecto en un nivel de complejidad alto.

##### 3.1.2 Dotación neta

El nivel de complejidad es alto y el clima es cálido siendo la dotación neta de 150 L/hab.dia.

##### 3.1.3 Trampa de grasa

###### 3.1.3.1 Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios

Tabla 17. Cantidad y unidades de gasto

Aparato	cantidad	Unidades	total
lavaplatos	1	2	2
lavamanos	4	1	4
Ducha	4	2	8
		Total	14

Fuente: el autor.

###### 3.1.3.2 Caudal de diseño de la trampa de grasa

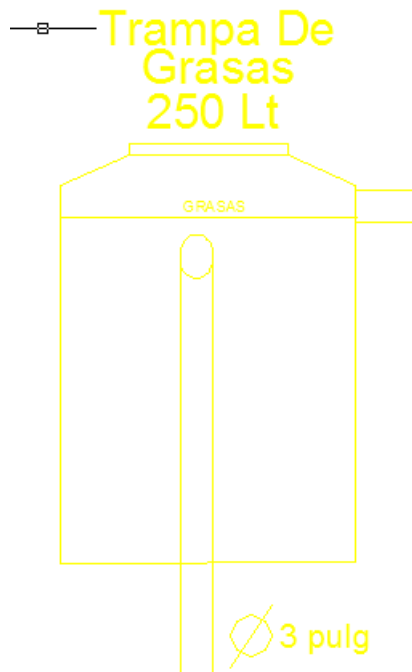
$$Q = 0.3 * \sqrt{14} = 1.1225 \frac{lt}{seg}$$

### 3.1.4.3 Volumen de la trampa de grasa para aguas de desecho

Se debe tener 0.25m<sup>2</sup> de área por cada litro por segundo y una profundidad mínima de 0.8m.

$$V = 0.281 * 0.8 = 0.2245m^3 \approx 224.5 \text{ litros}$$

Figura 1. Trampa de grasas agua de desecho



Fuente: el autor.

La trampa de grasas se consigue en polietileno comercialmente con un volumen de 250 litros.

### 3.1.4.4 volumen de la trampa de grasas para aguas grises a reutilizar

#### 3.1.4.4.1 Unidades de gasto de aparatos hidráulicos y sanitarios

Tabla 18. Cantidad y unidades de gasto

Aparato	cantidad	Unidades	total
Lavadero	1	3	3
Lavadora	1	2	2
		Total	5

Fuente: el autor.

#### 3.1.4.4.2 Caudal de diseño de la trampa de grasa

$$Q = 0.3 * \sqrt{5} = 0.6708 \frac{lt}{seg}$$

#### 3.1.4.5 Volumen de la trampa de grasa para aguas grises a reutilizar

Se debe tener 0.25m<sup>2</sup> de área por cada litro por segundo y una profundidad mínima de 0.8m.

$$V = 0.168 * 0.8 = 0.1344m^3 \approx 134.4 \text{ litros}$$

La trampa de grasas se consigue en polietileno comercialmente con un volumen de 250 litros.

Figura 2. Trampa de grasas aguas a reutilizar



Fuente: el autor.

### 3.1.5 Tanque séptico

#### 3.1.5.1 Tiempo de retención hidraulica

$$th = 1.5 - 0.3 * \log(5 * 150) = 0.6375 \text{ dias}$$

#### 3.1.5.2 Volumen de sedimentación

$$Vs = 5 * 150 * 0.6375 = 478.125 \text{ litros}$$

#### 3.1.5.3 Volumen para biodigestión

La temperatura promedio es de 23 grados Celsius.

$$td = 28 * 1.035^{35-23} = 42.310$$

$$Vd = 0.5 * 5 * 42.310 = 105.775 \text{ litros}$$

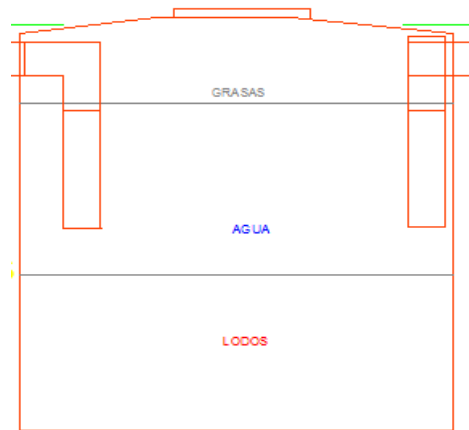
#### 3.1.5.4 Volumen para almacenamiento de lodos digeridos

$$Va = 30 * 5 * \left(1 - \left(\frac{42.310}{365}\right)\right) = 132.612 \text{ litros}$$

#### 3.1.5.5 Volumen total de líquido en el tanque séptico

$$Vtotal = 478.125 + 105.775 + 132.612 = 716.512 \text{ litros}$$

Figura 3. Tanque septico



**POZO SEPTICO  
1000 LT**

Fuente: el autor.

El pozo séptico se consigue en polietileno comercialmente con un volumen de 1000 litros.

### 3.1.6 Filtro anaerobio

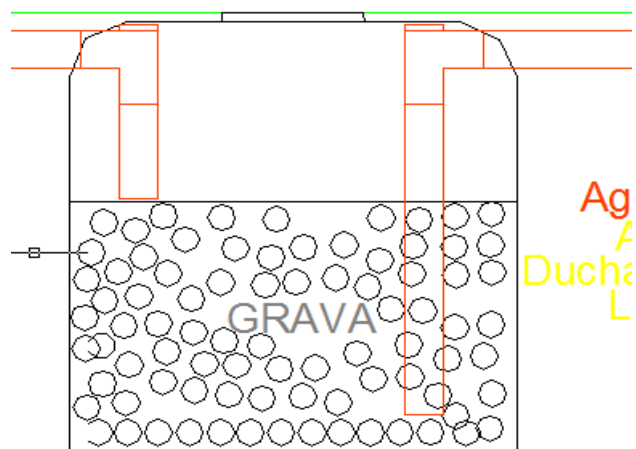
#### 3.1.6.1 contribución de aguas residuales por persona

La contribución de aguas residuales por persona es de 130 L/día.

#### 3.1.6.2 Volumen del filtro anaerobio

$$V_f = 1.6 * 5 * 130 * 0.6375 = 663 \text{ litros}$$

Figura 4. Filtro anaerobio



## FILTRO ANAEROBIO 1000 LT

Fuente: el autor.

El filtro anaerobio se consigue en polietileno comercialmente con un volumen de 1000 litros.

### 3.1.7 Humedal artificial

La profundidad del estrato es de 85 centímetros.

#### 3.1.7.1 Temperatura

La temperatura media es de 23°C.

#### 3.1.7.2 Constante de velocidad de reacción para BOD en la temperatura apropiada

$$K_r = 1.35^{-1}(1.06^{(23-20)}) = 0.882 \text{ dias}$$

#### 3.1.7.3 Tiempo de detención

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{6}{15}\right)}{0.882} = 1.039 \text{ dias}$$

#### 3.1.7.4 Organic loading rate

$$L_{org} = \frac{15 * 0.85 * 0.4}{1.039} = 4.909 \text{ g BOD/m}^2 - \text{día}$$

#### 3.1.7.5 Área del terreno de cama para el humedal en flujo subterráneo

$$A_s = \frac{1 * 1.039}{0.4 * 0.85} = 3.056 \text{ m}^2$$



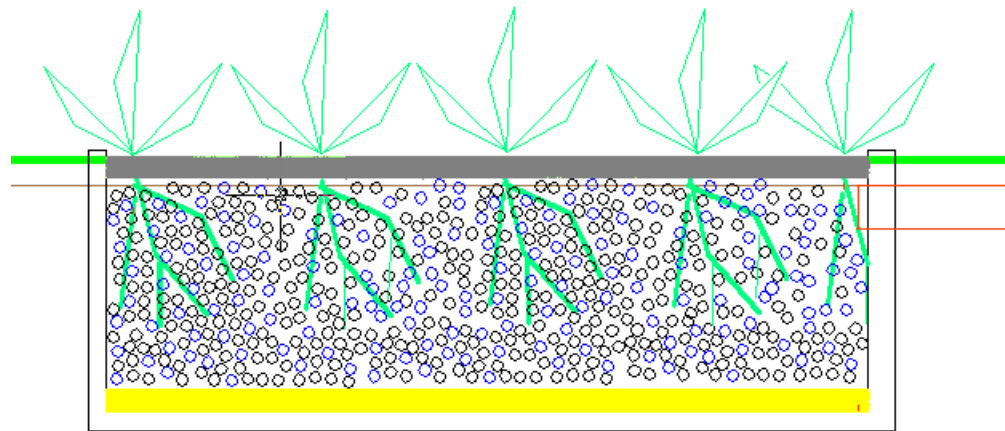
### 3.1.7.6 Ancho del humedal

$$w = \left(\frac{3.056}{2 * 1}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.237 \text{ m}$$

### 3.1.7.7 Longitud del humedal

$$L = \frac{3.056}{1.237} = 2.471 \text{ m}$$

Figura 5. Humedal artificial



Humedal

Fuente: el autor.

## 3.2 Diseño de tratamiento para aguas lluvias actas para consumo humano

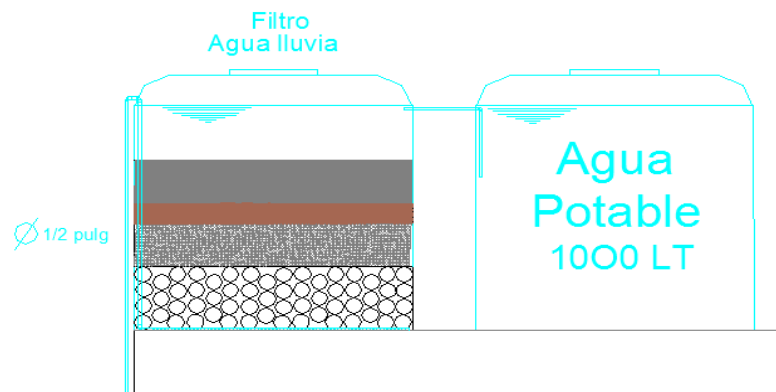
### 3.2.1 Filtro anaerobio

La superficie de captación es de 74 metros cuadrados, la superficie filtrante se dispondrá de 1 metro cuadrado.

El filtro en la parte inferior (en contacto con la cañería de PVC agujereada o ranurada) debe cargarse con piedra partida de  $\frac{3}{4}$  e incluso con piedra de menor tamaño, por ejemplo de 1 a 2 mm de diámetro, con un espesor de 30 cm. Luego debe ir arena gruesa con un espesor de 20 cm, después 10 cm de arena fina y por último 20cm de carbón activado hasta alcanzar la pared de vertedero que une con el primer compartimento.

El material filtrante es carbón activado y después la arena fina. Ésta es sostenida por la arena gruesa y, a su vez, ésta es sostenida por la piedra partida. La función de la piedra partida es no permitir la filtración de la arena a través de la cañería agujereada al depósito de agua.

Figura 6. Filtro anaerobio para aguas lluvias



Fuente: el autor.

### 3.2.2 Potabilización del agua con Lejía domestica

$$x = \frac{2 * 1000}{40} = 50 \text{ ml de lejía}$$

## 3.3 Instalaciones hidráulicas y sanitarias

### 3.3.1 Almacenamiento

Para calcular el volumen de almacenamiento se tiene una población de 5 hab/viv.

$$volumen = \frac{5 \text{ hab}}{\text{viv}} * 200 \text{ lt} \frac{\text{hab}}{\text{dia}} = 1000 \text{ litros}$$

El volumen de almacenamiento es de 1000 litros.

Tabla 19. Cálculos para suministro de agua potable

											AGUA POTABLE			AGUA TRATADA								
											Ø MED	0,5	0,83				Ø MEDID	0,5	0,83			
											Hfm	6,712					Hfm	3,776				
											PAM	13,0	6,279				PAM	10,0	6,27			
TRAMO		GASTO			CAUDAL	Ø PULG	V LITROS/SEG	L PLANTA	L EQUIVALENTE			L TOTAL	J	HF PARCIA	HF ACUMULADA	DIF. NIVEL	PRESI ON MIN	PRESI ON DISP				
DE	A	FRIA	ALIENT	REAL					CD	TD	TL											
tanque	p2	19	0	19	0,68	1,00	1,34	2,1				2	0,066	0,1405	0,1405		6,14					
p2	1	9	0	9	0,43	0,75	1,51			1	1,40	0,116	0,1624	0,3029			5,98					
1	DU	2	0	2	0,20	0,50	1,58	2,1	3		1	4,63	0,208	0,9653	1,2681		4	5,0104				
1	DU	2	0	2	0,20	0,50	1,58	2,1	3		1	4,63	0,208	0,9653	1,2681		4	5,0104				
1	2	5	0	5	0,23	0,50	1,82	1,2	1	1		1,98	0,266	0,5272	0,8300			5,4485				
2	LM	1	0	1	0,20	0,50	1,58	0,4		1		0,69	0,208	0,1439	0,9739		3	5,3046				
2	LM	1	0	1	0,20	0,50	1,58	0,4		1		0,69	0,208	0,1439	0,9739		3	5,3046				
2	3	3	0	3	0,20	0,50	1,58	3,3	1		1	4,82	0,208	1,0049	1,8349		3,4	4,2998				
3	DU	2	0	2	0,20	0,50	1,58	0,3	1		1	1,80	0,208	0,3753	2,2102		4	3,9245				
3	LM	1	0	1	0,20	0,50	1,58	2,1	2	1		3,40	0,208	0,7088	2,5437		3	3,5909				
P2	P1	10	0	10	0,46	0,75	1,61	2,5		1		2,90	0,131	0,3785	0,3785							
4	DU	2	0	2	0,20	0,50	1,58	1,3	2		1	3,33	0,208	0,6942	1,0727		4	5,2814				
4	5	8	0	8	0,40	0,75	1,40	0,6			1	2,00	0,102	0,2044	0,5829			5,7713				
5	LM	1	0	1	0,20	0,50	1,58	0,2	1		1	1,70	0,208	0,3544	0,9373		3	5,4169				
5	6	7	0	2	0,20	0,50	1,58	3		1		3,30	0,208	0,6880	1,2709			5,0833				
6	LP	2	0	2	0,20	0,50	1,58	1,3	1	1		2,10	0,208	0,4378	1,7087		3	4,6455				
6	7	5	0	5	0,23	0,50	1,82	1,5			1	2,50	0,266	0,6656	1,9365			4,4177				
7	LO	3	0	3	0,20	0,50	1,58	1,3	1		1	2,80	0,208	0,5837	2,5202		3	3,8339				
7	LA	2	0	2	0,20	0,50	1,58	1,3	2	1		2,60	0,208	0,5420	2,4785		3,8	3,8756				

Fuente: el autor.

Tabla 20. Cálculos para suministro de agua tratada

TRAMO		GASTO			CAUDAL	Ø PULG	V LITROS/SEG	L PLANTA	L EQUIVALENTE			L TOTAL	J	HF PARCIA	HF ACUMULADA	DIF. NIVEL	PRESI ON MIN	PRESI ON DISP
DE	A	FRIA	ALIENT	REAL					CD	TD	TL							
TANQUE2	1	12	0	12	0,51	0,75	1,79	4,23	1		1	6,33	0,156	0,9896	0,9896			5,28
1	IN	3		3	0,20	0,5	1,58	0,24	1		1	1,74	0,208	0,3628	1,3524		3,4	4,92
1	IN	3	0	3	0,20	0,5	1,58	0,24	1		1	1,74	0,208	0,3628	1,3524		3,4	4,92
1	IN	3	0	3	0,20	0,5	1,58	5,3	3	1		7,10	0,208	1,4802	2,4699		3,4	4
P2	P1	3	0	3	0,20	0,5	1,58	2,5		1		2,80	0,208	0,5837	1,5734			4,70
P1	IN	3	0	3	0,20	0,5	1,58	0,1	2			1,10	0,208	0,2293	1,8027		3,4	4,47

Fuente: el autor.

### 3.3.2 Sistemas de aguas grises y negras

Para garantizar el funcionamiento correcto del sistema de desagüe de aguas grises y negras, se cuenta con los ramales horizontales, los bajantes y colectores.

El diámetro de desagüe de los ramales horizontales y colectores:

Tabla 21. Unidades y diámetros de ramales horizontales

	Unidades	Diámetro pulgadas
Aguas grises	14	3
Aguas negras	12	4
Aguas recicladas	5	2

Fuente: el autor.

El diámetro de desagüe de los bajantes:

Tabla 22. Unidades y diámetros de bajantes

	Unidades	Diámetro pulgadas
Aguas grises	14	2
Aguas negras	12	4
Aguas recicladas	5	2

Fuente: el autor.

### 3.3.3 Sistemas de aguas lluvias

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de desagüe de aguas lluvias se cuenta con los bajantes, canaletas y colectores.

#### 3.3.3.1 Bajantes de aguas lluvias

Es fundamental el diámetro de la tubería, teniendo en cuenta la intensidad de lluvia del lugar que es de 100 mm/h.

El diámetro de desagües principales de cubierta, ramales y bajantes de aguas lluvias para una intensidad de 100mm/h es de 3 pulgadas ya que el área es de 74 metros cuadrados.

### **3.3.3.2 Canaletas semicirculares**

El diámetro de las canaletas exteriores en fachada para una intensidad de 100mm/h es de 4 pulgadas con una pendiente de 4% ya que el área es de 74 metros cuadrados.

### **3.3.3.3 Colectores de aguas lluvias**

El diámetro de los colectores, para una intensidad de 100mm/h es de 3 pulgadas con una pendiente de 1% ya que el área es de 74 metros cuadrados.

## **3.4 Bombeo de agua con ariete hidráulico**

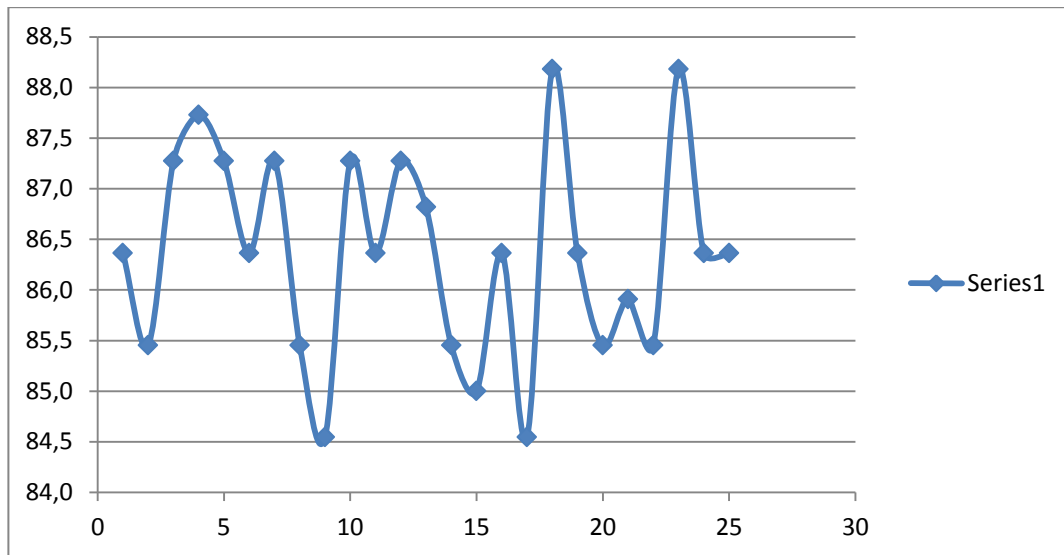
Se realiza una prueba de pérdidas para saber la cantidad de agua en promedio que puede bombear el ariete.

Tabla 23. Tabulación del ensayo del ariete hidráulico

<b>Ensayo Ariete Hidráulico</b>					
Prueba No	Tiempo	Volumen de entrada	Volumen Bombeado	Desperdicio	% Desperdicio
1	10	110	15	95	86,4
2	9	110	16	94	85,5
3	8	110	14	96	87,3
4	8,5	110	13,5	96,5	87,7
5	7	110	14	96	87,3
6	8	110	15	95	86,4
7	8,5	110	14	96	87,3
8	7	110	16	94	85,5
9	9	110	17	93	84,5
10	9,5	110	14	96	87,3
11	10	110	15	95	86,4
12	9,5	110	14	96	87,3
13	9	110	14,5	95,5	86,8
14	10	110	16	94	85,5
15	9,5	110	16,5	93,5	85,0
16	10	110	15	95	86,4
17	9	110	17	93	84,5
18	8	110	13	97	88,2
19	8,5	110	15	95	86,4
20	10	110	16	94	85,5
21	9	110	15,5	94,5	85,9
22	9,5	110	16	94	85,5
23	9	110	13	97	88,2
24	10	110	15	95	86,4
25	9,5	110	15	95	86,4
<b>PROMEDIO</b>			15	95	86,4

Fuente: el autor.

Figura 7. Dispersión de porcentaje de desperdicio



Fuente: el autor.

De 110 litros de en promedio 15 litros son bombeados y 95 litros no, y se obtiene un porcentaje de desperdicio promedio de 86.4%.

### 3.5 Costos

#### 3.5.1 Tratamiento anaerobio de desechos

Este tratamiento consta de una trampa de grasas para las aguas grises, tanque séptico, filtro anaerobio y humedal artificial.

#### 3.5.2 Tratamiento para reciclaje de aguas grises

Este tratamiento consta de una trampa de grasas para las aguas grises que se van reciclar, un ariete hidráulico y un tanque de almacenamiento.

#### 3.5.3 Tratamiento de aguas lluvias

Este tratamiento consta de un tanque de almacenamiento, un ariete hidráulico, un filtro anaerobio y otro tanque de almacenamiento.



Tabla 24. Costo de tratamientos de la vivienda sostenible

<b>ZONA EXTERIOR DE LA CASA</b>				
<b>Tipo</b>	<b>UN D</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor parcial</b>
Tanque 1000 litros	und	3	\$ 336.748,00	\$ 1.010.244,00
Tanque tapa y acc 250 litros	und	1	\$ 95.000,00	\$ 95.000,00
Trampa De Grasa 250 litros	und	2	\$ 283.504,00	\$ 567.008,00
Caja de inspección colempaques	und	4	\$ 60.000,00	\$ 240.000,00
Caja para Ariete de 60x60x60 cm	und	1	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
Caja para Ariete de 140x60x60 cm	und	1	\$ 180.000,00	\$ 180.000,00
Tanque de pozo séptico de 1000 lt	und	1	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
Tanque de filtro anaerobio de 1000 lt	und	1	\$ 308.096,00	\$ 308.096,00
Tanque para humedal de 124x247x0.85 cm	und	1	\$ 1.300.000,00	\$ 1.300.000,00
tubería pvc 1/2 pulg	m	23	\$ 1.492,00	\$ 33.634,90
tubería pvc 1 1/2 pulg	m	3,5	\$ 6.300,00	\$ 22.232,70
tubería pvc 3 pulg	m	7,9	\$ 8.633,33	\$ 67.987,50
tubería pvc 4 pulg	m	10,1	\$ 8.633,33	\$ 87.295,95
Codo pvc 1/2 pulg	und	10	\$ 397,00	\$ 3.970,00
Codo pvc 1 1/2 pulg	und	4	\$ 4.450,00	\$ 17.800,00
Codo pvc 3 pulg	und	7	\$ 27.175,00	\$ 190.225,00
Codo pvc 4 pulg	und	10	\$ 58.954,00	\$ 589.540,00
<b>Costo Total Zona Exterior De La Casa</b>				<b>\$ 6.333.034,05</b>

Fuente: Construdata 2013.

Tabla 25. Presupuesto del ariete hidráulico

<b>PRESUPUESTO ARIETE HIDRAULICO</b>				
<b>MATERIALES</b>	<b>UND</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
NiPLE HG 3/4" x 3"	und	4	\$ 1.600,00	\$ 6.400,00
VALVULA BOLA CD 3/4"	und	1	\$ 10.345,00	\$ 10.345,00
TEE HG 3/4"	und	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
COPA HG 1 1/2 X 3/4"	und	1	\$ 2.745,00	\$ 2.745,00
NiPLE HG 1 1/2" x 3"	und	4	\$ 3.468,00	\$ 13.872,00
CHECK VERTICAL DE 1 1/2"	und	1	\$ 44.000,00	\$ 44.000,00
NiPLE HG 1 1/2" X 2"	und	2	\$ 2.925,00	\$ 5.850,00
TEE HG 1 1/2"	und	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
UNIVERSAL HG 1 1/2"	und	1	\$ 13.900,00	\$ 13.900,00
CODO HG 1 1/2"	und	1	\$ 3.966,00	\$ 3.966,00
VALVULA BOLA CD 1 1/2"	und	1	\$ 34.482,00	\$ 34.482,00
MACHO RED ALUMINIO 2 X 1 1/2" NPT	und	1	\$ 5.603,00	\$ 5.603,00
ABRAZADERA IND IMR T-502	und	1	\$ 2.586,00	\$ 2.586,00
ABRAZADERA IND IMR T-509	und	1	\$ 3.017,00	\$ 3.017,00
SELLADOR A-53 ETERNA	und	1	\$ 3.466,00	\$ 3.466,00
CINTA TEFLON GRANDE	und	1	\$ 2.586,00	\$ 2.586,00
RESORTE	und	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
CAUCHOS	und	2	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00
TORNILLOS	und	10	\$ 1.300,00	\$ 13.000,00
VALVULA DE GOLPE DE ARIETE	und	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
CILINDRO	und	1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
TRANSPORTE	und	2	\$ 6.000,00	\$ 12.000,00
<b>Costo Total Ariete Hidráulico</b>				<b>\$ 330.818,00</b>

Fuente: el autor.

## 4 CONCLUSIONES

- ✓ Es posible realizar sistemas de construcción que disminuyan el consumo de agua y energía con resultados favorables en el factor económico y ambiental de manera pertinente.
- ✓ El agua procedente de precipitaciones es una gran fuente para alimentar una vivienda con agua potable de una manera relativamente fácil y económica sometiéndose a un proceso de filtración anaerobia y una potabilización con lejía que permitirá el consumo sin ningún tipo de problema.
- ✓ Los resultados obtenidos muestran que es posible reciclar las aguas grises y reutilizarlas sometiéndolas a un proceso simple de trampa de grasas siendo práctico y económico, reduciendo factiblemente un porcentaje de consumo en la vivienda.
- ✓ Las aguas residuales se pueden someter a tratamientos anaerobios que no necesitan energía y que son en la actualidad muy prácticos y duraderos con utensilios prefabricados encontrados en el mercado, representando una disminución en costos.
- ✓ El ariete hidráulico es una forma de bombear aguas sin necesidad de electricidad o combustibles que es muy amigable en ese sentido con el medio ambiente pero lastimosamente las pérdidas de agua lo perjudican.

## 5 RECOMENDACIONES

- ✓ Para realizar procesos de tratamiento de aguas residuales es importante verificar las normativas al respecto y asesorarse de un criterio profesional, ya que una mala decisión puede causar problemas sanitarios y de salud.
- ✓ El tratamiento anaerobio de aguas residuales se debe realizar en lugares despejados como lo son zonas rurales que no cuenten con un sistema de alcantarillado establecido por una empresa idónea.
- ✓ Es importante que el sistema de fontanería de la vivienda sea alternado con el uso de agua potable y agua de lluvia ya que no se contara siempre con el consumo necesario.
- ✓ El ariete hidráulico se puede remplazar por otra forma de bombeo que no tenga pérdidas, pero hacerlo con una que ayude con la causa sostenible como puede ser una bomba hidráulica que funcione con energía solar.
- ✓ Para la captación de agua lluvia se debe tener una zona establecida. En el caso de una vivienda el techo es una gran alternativa para cumplir esa función de manera satisfactoria.
- ✓ Es importante que en el diseño arquitectónico de la vivienda se tenga en cuenta el sistema de tratamientos externos propuestos, para que haya un concepto estético.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- OROSTEGUI JAIMES, Jerson. ZAPATA BARROSO, Manuel. Sistemas de construcción sostenibles aplicadas al diseño y la construcción de edificios institucionales en la región. En: Software de Biblioteca ALEJANDRIA. [En línea]. (2011). [Consultado 28 oct. 2013]. Disponible en<[http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_18468.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_18468.pdf) >
- PEDROZO MARTÍNEZ, Harold. Evaluación para la construcción de sistemas sépticos caso: campo casabe. En: Software de Biblioteca ALEJANDRIA. [En línea]. (2011). [Consultado 28 oct. 2013]. Disponible en<[http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_21071.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_21071.pdf) >
- TUTASAURA CÁCERES, Karhely. SANZ LONDOÑO, Ricardo. Aplicación del sistema de clasificación LEED-NC al proyecto edificio laboratorios k de la Universidad Pontificia Bolivariana. En: Software de Biblioteca ALEJANDRIA. [En línea]. (2012). [Consultado 12 dic. 2013]. Disponible en<[http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_22204.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_22204.pdf) >
- NAVARRO SARMIENTO, Juan. Diseño, construcción y evaluación de filtros anaerobios de flujo ascendente para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de la lavandería y del casino en el campamento Payoa de petrosantander (Colombia) inc. En: repositorio uis. [En línea]. (2008).  
[Consultado 1 dic. 2013]. Disponible en<<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7062/2/128628.pdf>>
- BIANCHA GUTIERREZ, Gerson. SIERRA GALLO, Carlos. Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones En: repositorio uis. [En línea]. (2012). [Consultado 1 dic. 2013]. Disponible en<<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6089/2/145184.pdf> >

- [citado en 2013-12-05]. Disponible en internet: <[http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n\\_Sostenible](http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n_Sostenible)>
- [citado en 2013-12-05]. Disponible en internet: <[http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n\\_Sostenible](http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n_Sostenible)>
- [citado en 2013-12-05]. Disponible en internet: <[http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n\\_Sostenible](http://www.construmatica.com/construpedia/Construcci%C3%B3n_Sostenible)>
- S. Merritt, Frederick. Manual Del Ingeniero Civil. Tercera Edición. México: McGraw-Hill, 1995. P22-27.
- ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales: teoría y principios de diseño. 5 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.p.130.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras - 2000: tratamiento de aguas residuales. sección II título E. Bogotá D.C.: El instituto, 2000. 27 p.
- SERRANO FORERO, Norman. Tratamiento de aguas residuales. En: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. [En línea]. (2008). (Consultado 3 dic. 2013). Disponible en <[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301332/EXE\\_301332/identificacion\\_del\\_curso\\_acadmico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301332/EXE_301332/identificacion_del_curso_acadmico.html)>
- LOZANO RIVAS, W. *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Módulo didáctico. En: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. [En línea]. (2012). (Consultado 3 dic. 2013). Disponible en <[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion\\_39\\_filtro\\_anaerobio.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_39_filtro_anaerobio.html)>
- ARIAS, Carlos. HANS, Brix. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. En: Revista ciencia y tecnología Neogranadina. Vol.13. p. 19.
- [citado en 2013-12-10]. Disponible en internet: <[http://www.aguapur.com/0/es\\_generalidades.html](http://www.aguapur.com/0/es_generalidades.html)>

- LLOREDA, Eduardo. Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificios. 1 ed. Bogotá: Universidad Nacional De Colombia, 1972.p1.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. sección I título A. Bogotá D.C.: El instituto, 2000. 9 p.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO: VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANAMIENTO BASICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras: sistemas de acueducto. Título B. 2 ed. Bogotá D.C.: El instituto, 2010. 32 p
- INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS. WILLIAM IBÁÑEZ. Facultad de ingeniería civil. Universidad pontificia bolivariana. 2013.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE: ÁREA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y SALUD AMBIENTAL. En: unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. [En línea]. (2003). (Consultado 3 dic. 2013). Disponible en<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cosude/xv.pdf> >
- GÓMEZ RENDÓN, C. Manejo de aguas residuales en pequeñas comunidades. Módulo didáctico. En: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. [En línea]. (2012). (Consultado 3 dic. 2013). Disponible en< <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358041/EXE/protocolo.html>>
- DAYNA YOCUM, BREN SCHOOL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND MANAGEMENT, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA BÁRBARA. Manual de Diseño: Humedal Construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por Biofiltración. [En línea]. (Consultado 5 dic. 2013).P.7 Disponible en<[http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP\\_reports/Diseno\\_Humeda\\_I\\_AguasGrises.pdf](http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humeda_I_AguasGrises.pdf)>
- BASÁN NICKISCH, M. Utilización del agua de lluvia para consumo humano. [En línea]. (2008). (Consultado 24 nov. 2013). Disponible en<<http://www.seminariolatinodeagua.com/documentos/Utilizaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia%20para%20consumo%20humano.pdf> >

- FARMACIA CUIXART LLOPIS. Cloro. [En línea]. (2013). (Consultado 1 dic. 2013). Disponible en <  
[http://farmaciacuixartllopis.com/consejos\\_agua\\_potabilizacion.php](http://farmaciacuixartllopis.com/consejos_agua_potabilizacion.php) >
- APUNTES DE CLASE de William Ibáñez, Profesor del curso de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de la Universidad Pontificia Bolivariana. Floridablanca, segundo semestre de 2013.
- ROSALES, Elías. Tanques sépticos. Conceptos teórico base y aplicaciones. Tecnología en Marcha. Vol. 18 N.º 2 Especial, CIVCO-ITCR 2003.p31.