

ELABORACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL
DE LA LAVADORA, ADAPTABLE AL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA BATERIA
DE LAVADO

BRAYAN ROLANDO FLOREZ REYES

OSCAR ANDRÉS GRANADOS TORO



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ, DICIEMBRE DE 2016

SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA

ELABORACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA, ADAPTABLE AL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA BATERIA DE LAVADO

Presentado para optar al título de
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas

Docente De Proyecto
Ing. César David Quintana Cabeza

BRAYAN ROLANDO FLOREZ REYES
OSCAR ANDRÉS GRANADOS TORO



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ, DICIEMBRE DE 2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente jurado

Firma del jurado

Bogotá, diciembre de 2016

Agradecimientos

Brayan Rolando Florez Reyes

Antes que nada, quiero agradecer a Dios, quien es mi principio y mi fin; agradezco a los profesores que hicieron parte de mi formación durante este peldaño de mi carrera académica, agradezco el apoyo incondicional de mi madre Diana Marcela Reyes, y al de mis amigos y compañero de proyecto de grado Oscar Granados.

Oscar Andrés Granados Toro

En primera medida también agradezco A Dios que es el ser que me ha acompañado durante todo este recorrido y es el único que sabe todas las dificultades por las que he tenido que pasar para llegar hasta aquí, también agradecerles a dos de las personas más importantes en mi vida mi padre Freddy granados Galindo que ha sido mi soporte y mi ayuda y a mi esposa Leidy Andrea Acevedo Vargas que ha estado conmigo en los momentos en los que he querido desistí. Por ultimo darle gracias a mi compañero Brayan Flórez que estuvo conmigo desde el primer día que decidí tomar esta gran responsabilidad.

SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA

Contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Marcos Referenciales.....	13
Marco de Antecedentes y Justificación.....	13
Marco Conceptual.....	15
Agua.....	15
Aguas residuales.....	16
Aguas grises.....	16
Reutilizar o reusar agua.....	16
Batería de lavado.....	16
Marco Legal.....	17
Resolución No. 0631.....	17
Ley 373 de 1997.....	18
Código de plomería de California.....	18
El real decreto 1620/2007 (España).....	18
Marco Teórico.....	19
Antecedentes teóricos.....	19
Sistemas de Reutilización de Aguas Grises.....	22
Sistemas centralizados.....	22
Sistemas descentralizados.....	23
Tratamientos para la Recuperación de Aguas Grises.....	26
Tratamientos físicos.....	28
Tratamientos físico-químicos.....	28

SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA

Tratamientos biológicos.....	28
Tratamientos mixtos.....	28
Tratamientos con sistemas híbridos.....	28
Elaboración del sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora	30
Criterios de Diseño del Sistema	30
Tanques de almacenamiento.....	30
Tubería del sistema.....	33
Soporte estructural del sistema.....	34
Proceso Constructivo del sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora ..	35
Herramientas	36
Materiales.....	37
Proceso constructivo del sistema	38
Funcionamiento del Sistema	44
Costos Directos del sistema	45
Conclusiones y Recomendaciones	46
Referencias Bibliográficas	48
Anexos:	52

SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Consumo de agua potable por día por personas, hogares y vivienda	15
Ilustración 2 Porcentajes medios de consumo de agua por sector doméstico	19
Ilustración 3 Consumo de agua en la lavadora por estratos en Bogotá.....	21
Ilustración 4 Esquema de un sistema centralizado de aguas grises	22
Ilustración 5 Alternativas para el reciclaje de aguas grises.....	27
Ilustración 6 Vasos comunicantes.....	31
Ilustración 7 Resina poliéster	39
Ilustración 8 Colocación de la fibra sobre el molde.....	39
Ilustración 9 Piezas en fibra de vidrio endurecida	40
Ilustración 10 Perforación a las láminas de fibra de vidrio.....	40
Ilustración 11 Remache de las caras de las láminas para los tanques.....	40
Ilustración 12 Abertura de orificios para las tuberías	41
Ilustración 13 Tanques con el primer acabado y los accesorios para conectar la tubería	41
Ilustración 14 Ensamblaje de la perfilería para el muro en seco.....	42
Ilustración 15 Instalación de la lámina de fibrocemento y adecuación de los tanques de almacenamiento	42
Ilustración 16 Terminación de tanques y pintura	43
Ilustración 17 Se le aplica masilla y pintura a la lámina para darle un mejor acabado	43
Ilustración 18 Adaptación de la tubería y demás componentes	44

SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA

Lista de Tablas

Tabla 1 Diferencia de consumos al implementar reciclaje	20
Tabla 2 Porcentajes medios de los consumos de agua	21
Tabla 3 sistemas para la reutilización del agua gris	24
Tabla 4 Oferta de agua del sistema vs. la demanda	33
Tabla 5 Herramientas necesarias para la fabricación del prototipo	36
Tabla 6 Materiales necesarios para la elaboración del prototipo	37
Tabla 7 Moldes en triplex para la fabricación de los tanques	38
Tabla 8 Costos directos del sistema	45

SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA

Resumen

El objetivo principal de esta investigación es elaborar un sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora que sea adaptable al proceso constructivo de una batería de lavado. El enfoque que se utilizó es deductivo y empírico-analítico ya que se hace énfasis en la teoría que rodea el objeto de estudio, es decir los sistemas para la reutilización del agua gris, la normativa, y los sistemas de tratamiento; a partir de la abstracción de esta información, se procedió a realizar las observaciones que serían los insumos para proponer el diseño del sistema. El instrumento utilizado fue la observación y la experimentación empírica.

Como resultado, se observa que, a partir del análisis de la información obtenida, se puede elaborar un sistema adaptable a una batería de lavado, el cual, según la evidencia, sirve para la reutilización del agua residual de la lavadora y puede ser incluido en un proyecto desde su construcción permitiendo así optimizar el espacio.

La investigación permite concluir que el sistema puede adaptarse a una batería de lavado con medidas estándar, tiene la capacidad de almacenar hasta 130 litros de agua gris de la lavadora y se encuentra en las condiciones para almacenar el agua del último lavado. Si se desea almacenar el agua gris de los tres ciclos de la lavadora, se deberá adaptar adicionalmente un sistema de tratamiento de aguas grises.

Palabras clave: Elaborar, diseñar, agua gris, lavadora, adaptar, reutilizar.

SISTEMA PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA

Abstract

The main objective of this research is to develop a system for the reuse of waste water from the washing machine that is adaptable to the constructive process of a washing battery. The approach that was used is deductive and empirical-analytical since it emphasizes the theory that surrounds the object of study, the systems for the reutilization of the gray water, the normative, and the systems of treatment; From the abstraction of this information, we proceeded to make the observations that would be the input to propose the design of the system. The instrument used was observation and empirical experimentation.

As a result, it can be observed that, from the analysis of the obtained information, a system adaptable to a washing battery can be elaborated, which, according to the evidence, serves for the reuse of the waste water of the washing machine and can be included in A project from its construction allowing to optimize the space.

The research allows to conclude that the system can be adapted to a washing battery with standard measures, has the capacity to store up to 130 liters of gray water from the washing machine and is in the conditions to store the water of the last wash. If it is desired to store the gray water of the three cycles of the washing machine, a gray water treatment system must be further fitted.

Keywords: Elaborate, design, gray water, washing machine, adapt, reuse.

Introducción

Se observó que infortunadamente en los proyectos de vivienda no se cuenta con un espacio disponible en las baterías de lavado para reutilizar las aguas residuales de la lavadora; paralelamente se evidencio que en el mercado existen diversos sistemas y mecanismos que ayudan a reutilizar el agua de la vivienda sobre todo en las baterías sanitarias. Debido a ésta convergencia surgió la pregunta problema ¿será posible elaborar un sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora, el cual sea también adaptable al proceso constructivo de una batería de lavado para que se aproveche el espacio?

Ahora bien, dada las variabilidades obviasen las dimensiones que tienen los diferentes tipos de batería de lavado, se optó por elaborar y diseñar un sistema tomando como base un muro en seco con dimensiones estándar (2, 44m x 1, 22m) para que el sistema fuera adaptable al espacio en la batería de lavado, dedicado a la lavadora.

Este proyecto busca, por lo tanto, elaborar un sistema, el cual basado en una investigación deductiva y empírica analítica, permita no solo ser adaptable a una batería de lavado desde su construcción, sino almacenar el agua residual de la lavadora para su posterior uso, ya que ni las constructoras ni la industria fabricante de estos electrodomésticos (lavadoras) se han preocupado por desarrollar proyectos con espacios disponibles o electrodomésticos con estos avances a precios favorables. (Paola Bedoya ,2016 como se citó en El País, 2016)

Durante el proyecto se tendrán como clave tres objetivos específicos que ayudarán a articular el objetivo del proyecto, estos serán: Diseñar el sistema más adecuado enfocado a ser adaptable al proceso constructivo de una batería de lavado. Establecer las dimensiones más apropiadas de los tanques de almacenamiento de acuerdo a los índices de consumo y finalmente determinar el costo del prototipo y la viabilidad de que se haga el proyecto a escala 1:1 y a mayor escala.

Dentro de éste aparte cabe mencionar tanto los alcances como las limitaciones; el alcance de éste proyecto es elaborar un sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora que sea adaptable al proceso constructivo de una batería de lavado.

Cabe aclarar que éste sistema no cuenta con un sistema de tratamiento del agua gris, por lo que se recomienda para futuras investigaciones, analizar la calidad del agua residual en los tres ciclos de la lavadora, con el fin de poder diseñar un sistema de tratamiento adaptable a las dimensiones del sistema y las necesidades que se pretendan cubrir.

Marcos Referenciales

En el marco referencial se sustenta teóricamente el objeto de estudio, es decir, la elaboración de un sistema para la reutilización del agua residual de lavadora adaptable al proceso constructivo de una batería de lavado; debido a ello, en éste capítulo se exponen las teorías, los enfoques teóricos, la normativa y los antecedentes que son válidos para el objeto de estudio.

Marco de Antecedentes y Justificación

Según la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2014, párr..1) “el uso y consumo de agua creció a un ritmo dos veces superior al de la tasa de crecimiento de la población” y aunque Colombia no es considerado un país con un recurso de agua escaso El Colombiano (2011) hay una alerta y llamado a racionalizar y ahorrar este recurso debido a fenómenos como El Niño, sin embargo como lo advierte María Teresa Martínez (2014), citada en el periódico EL TIEMPO (2014), cuidar el agua debe ser una actitud permanente, “ esté o no el Niño” también afirmo que “Bogotá no se escapa del golpe climático, ya que a menos precipitaciones en la capital, menor es su oferta hídrica, según la funcionaria, quien aclara que el déficit del líquido no siempre se da por la reducción de las lluvias. (Martínez, 2014, como se citó en el periódico EL TIEMPO, 2014).

En Bogotá "El desperdicio de agua oscila entre un 32 y un 34 por ciento. Hay unas zonas que presentan pérdidas mayores a otras", (Gómez, 2014, como se citó en Noticias RCN, 2014); debido a esto, se han promovido programas como “4 años para salvar el agua de Bogotá”, un programa del periódico el Tiempo que busca concientizar a la ciudadanía sobre los excesivos consumos de agua y su vez, es un portal que permite a los ciudadanos compartir sus ideas para evitar el daño y la escasez de nuestro recurso hídrico.

Es bien sabido que “en diferentes partes del mundo se han desarrollado programas para el uso racional del agua, que buscan mitigar el grave daño que se ha causado al recurso hídrico durante años de explotación, contaminación y desperdicio” (Niño & Martínez, 2013), sin embargo, en nuestro país no hay programas específicos ni leyes concretas sobre la reutilización

de las aguas residuales domesticas (aguas grises) y una de las razones como lo mencionó López & Vergara (2011) citado por Niño & Martínez (2013) es que no se ha determinado su verdadero potencial en usos diferentes a los normales conocidos.

Conceptos como el reciclaje, la reutilización, la recirculación y el ahorro del agua cobran cada vez más importancia (Soriano & Pancorbo, 2012) es por ello que el objeto de estudio de éste proyecto busca tomar esos conceptos para elaborar un sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora en viviendas nuevas.

En el reportaje del periódico El País sobre el reciclaje del agua de la lavadora se evidencia que el beneficio de implementar un sistema de reutilización del agua residual de la lavadora radica en que:

el agua que utiliza una lavadora representa el 30 % del consumo del líquido vital en un hogar promedio. Máxime, si en cada ciclo de lavado se utilizan entre 50 y 100 litros de agua por ciclo, es decir, que cada vez que se enciende este electroméstico se usan de 100 a 200 litros. (2016)

Sin embargo, este tipo de beneficios ha tenido diversos impedimentos, uno de ellos radica en que las constructoras y la industria fabricante de electrodomésticos no han pensado en dejar un espacio disponible para instalar el tarro o caneca para reciclar las aguas grises como las de la lavadora, ni tampoco se han preocupado por desarrollar una lavadora que permita detener el proceso del desagüe, dando tiempo para almacenarla. (Bedoya, 2016, como se citó en el periódico El País, 2016).

Tal como lo mencionó Pinzón (2011), las viviendas en Bogotá consumen cerca de 275 litros por día, es decir, cerca de tres veces más que la cantidad mínima como se mostró anteriormente.

La secretaria distrital de planeación refleja esto en la Ilustración 1 sobre el Consumo de agua potable por día por personas, hogares y viviendas según estrato. 2010 del Boletín No. 40 Sobre el consumo y la producción de agua potable y residual en el uso residencial urbano de Bogotá D.C.

Ilustración 1 Consumo de agua potable por día por personas, hogares y vivienda

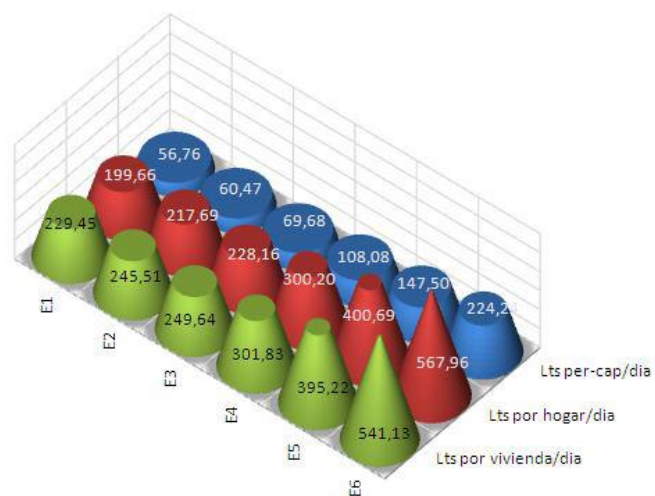


Ilustración 1. Sobre el consumo de agua potable en el uso residencial urbano de Bogotá D.C. como lo ilustra el DANE-SDP Proyecciones de Población. 2010 y Bases de datos EAAB 2010) citado por la secretaria de planeación (2012)

Marco Conceptual

El marco conceptual abarca los conceptos más relevantes usados en éste proyecto de investigación, y tiene por objetivo aportar información clara sobre los diferentes temas que se tratan.

Agua.

Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos. (Fórm. H₂O).¹

¹ Esta definición fue obtenida del diccionario de la Real Academia Española, la cual se encuentra en línea <http://www.rae.es/> debido a su confiabilidad en éste tipo de términos.

Aguas residuales.

Las aguas residuales son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales comerciales o de servicios y que corresponden a:

- 1- Descargas de los retretes y servicios sanitarios
- 2- Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y de lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial)²

Aguas grises.

Las aguas grises son aguas provenientes de las lavadoras, regaderas, tinas y lavabos. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias. (Allen, 2015, p.2)

Reutilizar o reusar agua.

El reuso de agua residual es el aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad para suplir las necesidades de otros usos (Lavrador Filho, 1987, como se citó en Jaramillo, 2010).

Batería de lavado.

Se entiende por batería de lavado al lugar espacial donde se ubican las unidades de lavado, es decir, el espacio de la lavadora y el lavadero.

² Está definición fue obtenida de la Resolución No. 0631 del 17 de marzo de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En esta resolución dividen las aguas residuales en domésticas (ARD) y no domésticas (ARnD). Las aguas residuales no domesticas - ARnD: Son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas – ARD.

Marco Legal

Aunque aún no se ha establecido un marco legal claro en Colombia sobre la reutilización de las aguas residuales de lavadora o en general aguas grises, en éste marco legal se reflejan las normativas colombianas que más se aproximan y las normas internacionales que tratan sobre el tema en mención.

La regulación de las Aguas Grises surgió en 1989 en Santa Bárbara, California, extendiéndose seguidamente a otras 4 comunidades y luego a todo el estado a través del Uniform Plumbing Code en 1992.

En el estado de California existen cerca de 2 millones de sistemas de aguas grises, y uno de cada diez mil tiene los permisos correspondientes. No se han reportado casos de enfermedades inducidas por aguas grises. Desde 1992 solamente un par de cientos de permisos se han emitido en todo el estado y al momento no se han reportado casos de enfermedades individuales. (Dirección general de aguas – DGA, 2010, p. 28)

Resolución No. 0631.

En esta resolución se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en lo vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, son importantes para el objeto de éste estudio los parámetros fisicoquímicos y sus valores permisibles a los vertimientos puntuales de agua residual doméstica y los usos establecidos para el agua residual tratada (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 17 de marzo de 2015, p.1)

Ley 373 de 1997.

Esta Ley está dirigida principalmente a entidades departamentales y regionales, y en ella se establecen los parámetros del programa para el uso eficiente y el ahorro del agua; cabe destacar el artículo 5º, el cual establece:

Artículo 5o.- Reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua.

Código de plomería de California.

El código de plomería de California es una normativa que entre otros regula los sistemas de agua gris en el estado de California.

El código de California (desde agosto del 2009) permite la instalación legal de sistemas de aguas grises de bajo costo, incluso algunos sin la necesidad de tramitar un permiso. Las regulaciones para el estado de California para los sistemas residenciales de aguas grises pueden encontrarse en el capítulo 16 del Código de Plomería de California del 2013. (Allen, 2015, p.10)

El real decreto 1620/2007 (España).

En éste decreto se determinan los requisitos necesarios para llevar a cabo la utilización de aguas regeneradas, también se establecen cuáles deben ser los procedimientos para obtener la licencia exigida en la ley, y las disposiciones sobre los usos admitidos y exigencias de calidad precisas en cada caso. (Dirección general de aguas – DGA, 2010, p. 31)

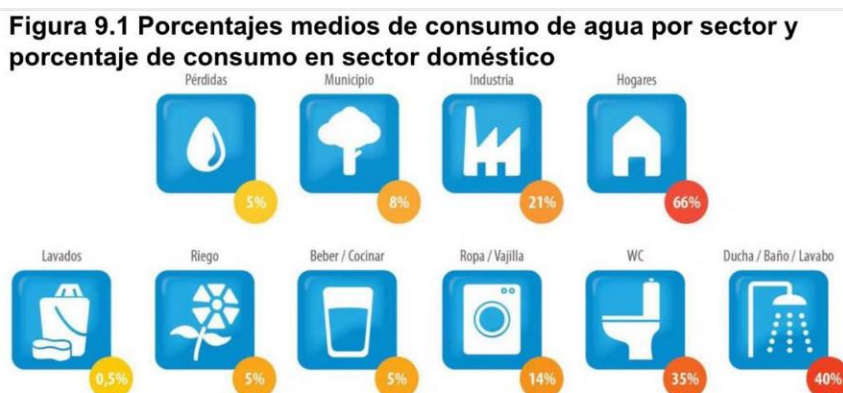
Marco Teórico

En el marco teórico se sustenta teóricamente el objeto de estudio y se identifican las premisas necesarias para resolver el problema de estudio.

Antecedentes teóricos.

En la Ilustración 2 se refleja que “de los 3 porcentajes medios de consumo de agua por sector y porcentaje de consumo en sector doméstico se puede observar la lavadora, el sanitario y las duchas” (Soriano & Pancorbo 2012).

Ilustración 2 Porcentajes medios de consumo de agua por sector doméstico



Porcentajes medios de consumo de agua por sector doméstico. Fuente: Soriano & Pancorbo, 2012, p. 418

Es desde la tecnología en construcción donde se pretende elaborar un sistema que sirva para reutilizar las aguas residuales de la lavadora y que pueda adaptarse al proceso constructivo de una batería de lavado, ayudando de ésta manera al aprovechamiento del espacio en las baterías de lavado y a la disminución de costos en comparación con sistemas de reutilización convencionales.

Ahora bien, de acuerdo a la ilustración 2, es el sector doméstico donde más se consume agua; y según ello, la lavadora obtiene el tercer porcentaje aproximado de mayor consumo; es aproximado puesto que estos valores pueden variar según ciudad, país u otros aspectos (sobre todo entre el WC y la batería de lavado) por ejemplo un estudio que se realizó en 2 ciudades en

Grecia, arrojo que el mayor punto generador de aguas grises en las viviendas, es la ducha con un 32 %, seguido de la lavadora con un 22 % del total de agua gris generada en las viviendas (Antonopoulou *et al*, 2013 citado por Niño & Martínez,2013)

Por otro lado, el estudio que realizo Niño & Martínez (2013) sobre las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá, evidencio que para estratos 1 y 5 el mayor consumo fue en la batería de lavado 31% y 28% respectivamente, en cambio, en el estrato 3 el sanitario fue la zona de mayor porcentaje 34%.

En la tabla número 1, se presentan los resultados de un estudio (Metcalf & Eddy, 2007 como lo citó Pinzón, 2011) en el cual se evidencian los porcentajes diferenciales de reciclar o no el agua gris en las viviendas.

Tabla 1 Diferencia de consumos al implementar reciclaje

Tipo de Uso	L/capita-d ^b sin reciclaje	%	L/capita-d ^b con reciclaje	%
Sanitarios	76.1	27.7	36.3	19.3
Lavadoras	57.2	20.9	40.1	21.4
Duchas	47.7	17.3	37.9	20.1
Grifos	42.0	15.3	40.9	21.9
Escapes	37.9	13.8	18.9	13.8
Otros usos domésticos	5.7	2.1	5.7	3.1
Baños	4.5	1.6	4.5	2.4
Lavaplatos	3.8	1.3	3.8	2.0
Total	274	100	188	100

L/capita-d^b, litros diarios per capita¹⁸

Tabla 1. Se muestran las diferencias de consumo al implementa reciclaje. Fuente: Pinzón, 2011, p. 18.

Según la casa editorial El Tiempo en los multimedia 4 años para salvar el agua de Bogotá:

El consumo promedio de una familia en Bogotá es de 10,76 metros cúbicos de agua y el consumo por habitante es de 76,32 litros por día. En estratos 1,2 y 3 se gasta más agua en lavamanos y lavaplatos, mientras que en estratos 4,5 y 6, además de estos, se consume más el líquido en los baños y duchas.

Con respecto al consumo de agua en la lavadora en Bogotá, se evidencia en la Ilustración 3 que hay un promedio de consumo del 19% del total de agua consumida por una vivienda.

Ilustración 3 Consumo de agua en la lavadora por estratos en Bogotá

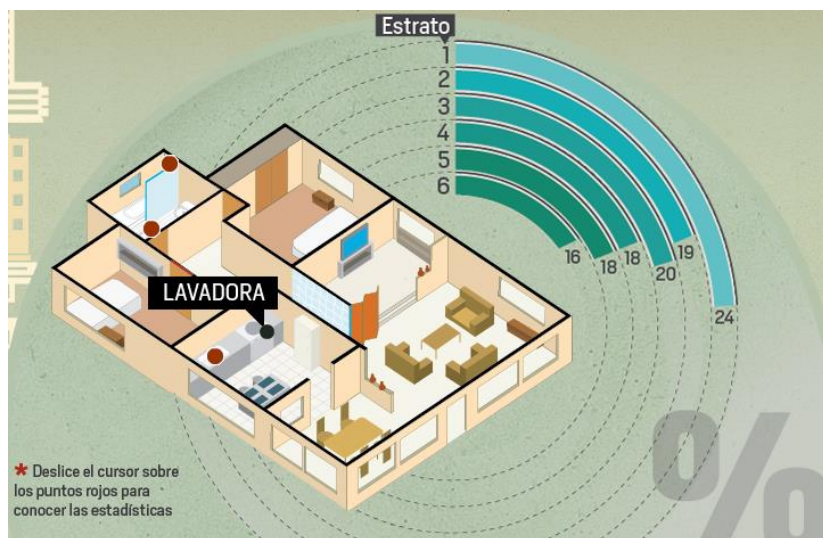


Ilustración 3: Consumo de agua para la lavadora por estratos en la ciudad de Bogotá, Fuente: (El Tiempo, 2014) Recuperado de http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar_agua_bogota/

En la tabla 1 se hace una relación entre el consumo (actividad que permite la aplicación con agua reutilizada) y la demanda real de la misma.

Tabla 2 Porcentajes medios de los consumos de agua

Aplicación	Demanda
Recarga de cisternas de inodoro	18-45 L por persona y día
Riego de jardines	2-6 litros por m ²
Lavado de suelos en interior	0,5-1 litro por m ²
Baldeo de pavimentos exteriores	2-6 litros por m ²
Lavado de vehículos	250 litros por vehículo

Tabla 2. Se muestran los porcentajes medios de consumo de agua. Fuente: Soriano & Pancorbo, 2012, p. 428

Sistemas de Reutilización de Aguas Grises

Como se mencionó anteriormente la reutilización del agua consiste en el aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad para suplir las necesidades de otros usos (Lavrador Filho, 1987, como se citó en Jaramillo, 2010).

Debido a que la reutilización de las aguas grises de los edificios supone una de las alternativas más eficaces para potenciar el ahorro de agua (Soriano & Pancorbo 2012) se han diseñado y comercializado diferentes sistemas que reutilizan las aguas residuales de duchas, lavabos y cuartos de lavado; estos sistemas se subdividen en sistemas centralizados y sistemas descentralizados.

Sistemas centralizados.

Los sistemas centralizados son los llamados sistemas tradicionales de aguas grises, los cuales consisten como lo mencionó Soriano & Pancorbo (2012) en verter las aguas de duchas, lavabos y lavadoras en unos depósitos centralizados, generalmente en la planta sótano, en donde se realizarán los procesos de tratamiento, almacenamiento y posterior reutilización tal y como lo refleja la ilustración 4.

Ilustración 4 Esquema de un sistema centralizado de aguas grises

Figura 9.22 Esquema para la reutilización integral y centralizada de aguas grises

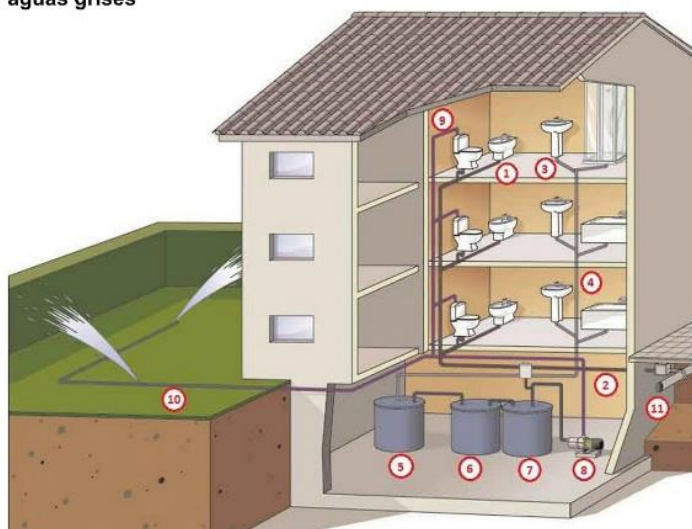


Ilustración 4. Esquema para la reutilización integral y centralizada de aguas grises. Fuente: Soriano, Pancorbo, 2012, p. 431

- 1- Recogida de aguas negras desde aparatos sanitarios.
- 2- Colector de aguas negras, conexión a red de saneamiento.
- 3- Recogida de aguas grises desde aparatos sanitarios.
- 4- Bajante de aguas grises.
- 5- Depósito de recogida de aguas grises (1 era fase – filtración – fangos activados...)
- 6- Depósito de tratamiento-desinfección (2ª fase – reactor biológico – membranas)
- 7- Depósito de vertido- acumulación de aguas grises tratadas.
- 8- Bomba o grupo de impulsión de aguas grises tratadas.
- 9- Red de reutilización de aguas grises tratadas para cisternas de WC.
- 10- Red re reutilización de aguas grises tratadas para riego de zonas ajardinadas.
- 11- Red exterior de saneamiento / recogida de aguas residuales urbanas.

Sistemas descentralizados.

Estos sistemas “consisten en situar módulos de reutilización, en los cuartos húmedos donde se ubican (cuartos, aseos, zonas de duchas...) o bien en los propios aparatos de uso a modo de estructuras o módulos” (Soriano & Pancorbo, 2012, p. 435), El sistema que se plantea en este proyecto hace parte de los sistemas descentralizados, ya que será un sistema independiente ubicado específicamente en la batería de lavado.

Soriano (2007) sostiene que la mejor alternativa es implementar sistemas de reciclaje de aguas grises desde su construcción, ya que los usuarios del inmueble no quieren asumir los costos posteriores a la construcción:




Lo ideal es poder integrar estos sistemas de reutilización de aguas grises en la construcción del propio inmueble. En edificios ya construidos, y aunque la amortización de estos sistemas es relativamente rápida, conlleva unos costes considerables de adaptación y obra, que no siempre son asumibles por todos los usuarios de un inmueble.

Estos sistemas “son sistemas de bajo mantenimiento y adecuados para instalaciones existentes, reformas o nueva construcción. Pueden permitir un ahorro de hasta el 35% del consumo doméstico y, por tanto, de la factura de agua de los abonados” (Soriano & Pancorbo, 2012, p. 435)

Dado al gran ahorro que pueden producir estos sistemas, existen diversos modelos que han surgido alrededor del mundo inclusive en Colombia, en la tabla 2 se muestra un análisis comparativo de algunos de los sistemas para la reutilización del agua gris.

Tabla 3 sistemas para la reutilización del agua gris

Sistemas para la reutilización del agua gris		
Nombre	Imagén	Características
BRAC - Systems (RGW-160)	 http://www.brac-systems.com/images/RGW-150_web.jpg	BRAC - Systems es una empresa que ofrece sistemas para la recuperación de aguas grises, el modelo RGW-150 es el modelo más pequeño perteneciente a la línea residencial, tiene capacidad de almacenar 150 litros y está calculado para una vivienda de hasta 3 habitantes; éste sistema está compuesto por dos secciones, en la primera se encuentra el sistema de bombeo, clorificación del agua y filtro, y en la segunda el tanque de almacenamiento. (BRAC, 2007)
GreyWaterNet (Sistema 2500)	 http://www.greywaternet.com/fotos/tratamiento-aguas-grises-2500.jpg	GreyWaterNet es una empresa española que desarrolla y comercializa sistemas descentralizados para la reutilización del agua gris, éstos sistemas se diferencian de otros por el tratamiento que le dan al agua, ya que no utilizan químicos para ello, en lugar de eso usan los rayos UVA y la cloración en los equipos pequeños, estos sistemas tienen la capacidad de almacenar desde 600 litros de agua/día, hasta 1500 litros/día. (GreyWaterNet).
Eohoe (AQUUS)	 http://ecohoe.com/img/news/aquus.JPG	Ecohoe Solutions es una empresa española con sede en Barcelona, uno de sus productos más reconocidos es AQUUS, un sistema que recoge el agua usada del lavamanos y la reutiliza en el inodoro; para ello, el agua pasa por un filtro que retiene cualquier objeto sólido, luego pasa por un pequeño ducto el cual contiene una pastilla de cloro para darle tratamiento. El sistema se adecua de tal manera que cuando se descarga el inodoro, se activa una pequeña bomba que contiene el sistema y esta envía el agua gris hacia el inodoro. (ecohoe, 2011)

<p>Ecohoe (ECOPLAY)</p>	 <p>https://cdn.shopify.com/s/files/1/0704/5183/products/aa2.png?v=1423670461</p>	<p>Ecoplay es quizás el sistema más innovador e inteligente de la empresa española ecohoe, éste sistema tiene como propósito reciclar el agua procedente de la ducha, para ello el sistema en primer lugar filtra el agua para retirar los objetos sólidos, seguido de ello pasa el agua por un tanque de limpieza y decantador, finalmente y luego de haber finalizado el proceso de tratamiento, el agua pasa al tanque de almacenamiento cuya capacidad es de 20 descargas del sanitario. (ecohoe, 2011)</p>
<p>Greyter Water Systems (Aqua2use)</p>	 <p>http://waterwisegroup.com/greywater-systems-sale/aqua2use-gwdd/</p>	<p>Grey Water Systems es quizás la empresa de mayor influencia en el área de sistemas para la reutilización de aguas grises; comparada con las demás empresas, Grey Water Systems tiene una mayor gama de productos, los cuales según la empresa obedecen a las necesidades de los clientes; uno de esos sistemas es el Aqua2use, el cual fue diseñado para filtrar en sus diferentes capas de estera, el agua de la ducha, de la ropa y bañera, para posteriormente desviarla hacia el sistema de riego por goteo del usuario. (water wise group)</p>
<p>Eco guardian</p>	 <p>http://gcinternational.com.co/ecoguardian/</p>	<p>Ecoguardian es un sistema diseñado en Colombia que parte del principio de reciclar el agua residual de la ducha. Este sistema está compuesto por una plataforma plástica la cual contiene cuatro rejillas (una en cada esquina) que además de permitir el paso del agua, la filtran de cualquier sólido; la plataforma tiene la capacidad de acumular hasta 80 litros de agua y abastece el tanque del sanitario después de cada descarga a través de una bomba hermética ubicada en el interior de la plataforma. El sistema permite un ahorro efectivo de 90 litros diarios de agua. (ecoguardian, 2014)</p>

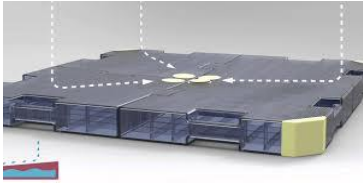
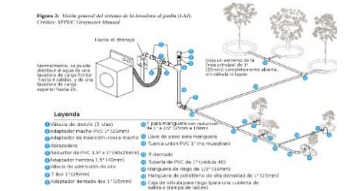
<p>Gris</p>	 <p>http://igen.design/gris-water-saving-system-for-the-real-world</p>	<p>El emprendedor húngaro-colombiano Alberto Vázquez inventó un sistema para la reutilización del agua residual de la ducha al cual llamó "Gris", este sistema está compuesto por cuatro módulos unidos entre sí, en cada uno de ellos se localiza un orificio para que el agua ingrese al momento de que la persona tome una ducha, cada módulo tiene la capacidad de almacenar 10 litros de agua para un total de 40 litros, los cuales podrán ser usados posteriormente para descarga del sanitario, lavado de pisos o lavado del vehículo. El sistema permite ahorrar cerca de 72 litros de agua al día por persona. (igenDESIGN)</p>
<p>Sistema de la lavadora al jardín (LAJ)</p>	 <p>http://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGW-manual-esp-5-29-15.pdf</p>	<p>Éste sistema inventado por Art Ludwig permite reutilizar el agua residual de la lavadora a través del re-direccionamiento del agua hacia un sistema ramificado de tuberías para el riego de las plantas. El sistema LAJ aprovecha la potencia de la bomba de la lavadora para llevar el agua residual hacia el lugar donde se requiera regar las plantas. (greywateraction, 2015)</p>

Tabla 3. Se muestran algunos sistemas para la reutilización del agua gris. Fuente: Elaboración propia, con referentes de varias empresas, 2016)

El sistema que se plantea en éste proyecto para la reutilización del agua residual de la lavadora busca relacionar las características de los dos últimos sistemas de la tabla 2, es decir, el sistema Gris de Alberto Vázquez y el sistema (LAJ) de Art Ludwig, esto debido a que el sistema no contendrá un sistema de tratamiento del agua residual de la lavadora.

Tratamientos para la Recuperación de Aguas Grises

Como se menciono anteriormente las aguas grises son todas aquellas aguas residuales provenientes de la ducha, el lavabo y la lavadora; estas aguas “se distinguen de las aguas cloacales contaminada con desechos del retrete, llamadas aguas negras, porque no contienen bacterias Escherichiacoli.” (Pinzón ,2011, p.19)

Dependiendo de la calidad del agua gris, se pueden establecer diversos parámetros para reutilizarla, estos parámetros van desde la reutilización del agua sin tratamiento, hasta procesos

físicos o mecánicos, químicos biológicos entre otros “Las aguas grises crudas son aquellas que no han recibido un tratamiento previo, y que pueden ser usadas en este estado.” (López & Vergara, 2011, como se citó en Niño & Martínez, 2013).

Aunque el sistema que se plantea en este proyecto no cuenta con un sistema de tratamiento del agua residual de la lavadora, es necesario señalar los diferentes sistemas, ya que de acuerdo a la calidad del agua y del ciclo de la lavadora que recibirán los tanques de almacenamiento, se hará o no necesario adaptar un sistema a este.

Según la guía ambiental para la recuperación de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones de López y Vergara (2011) los análisis físico-químico que se le realicen al agua de la lavadora, el paso de ésta por el cribado y la trampa de grasas pueden ser suficientes para reutilizar ésta agua en labores como descarga de sanitarios, limpieza y riego.

En la ilustración 5 se refleja un esquema básico para la reutilización de aguas grises, ya sea que esté sin tratamiento, solo con el tratamiento mecánico, solo con el tratamiento biológico o una relación de todos los procesos.

Ilustración 5 Alternativas para el reciclaje de aguas grises

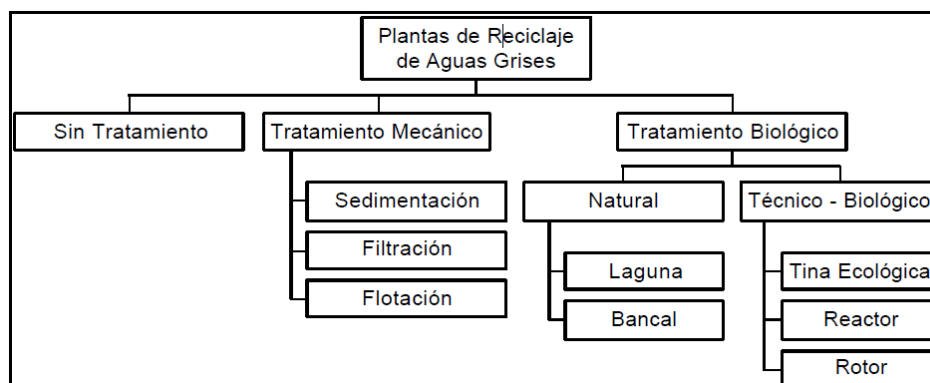


Ilustración 5. Esquema de alternativas para la reutilización de aguas grises. Fuente: Niño & Martínez, 2013, p. 19

De acuerdo a Soriano & Pancorbo, los principales tratamientos de recuperación de las aguas grises se clasifican en:

- a. Tratamientos físicos (también llamados primarios)
- b. Tratamientos físico-químicos.
- c. Tratamientos biológicos.

- d. Tratamientos mixtos.
- e. Tratamientos con sistemas híbridos.

(2012, p. 429)

Tratamientos físicos.

Este tipo de tratamientos consta de filtros que retienen sólidos, grasas y aceites, son muy comunes cuando no se requiere una calidad alta del agua recuperada. (Soriano & Pancorbo, 2012)

Tratamientos físico-químicos.

Tal como su nombre lo indica, este tipo de tratamientos son el resultado de la combinación físico-química que se le da al agua. Por lo general éste tratamiento implica un tratamiento por etapas que según Soriano & Pancorbo (2012) son: Uso de pre-filtros, dosificación de floculantes, filtración de arena, absorción mediante carbón activo y desinfección anti-microbiológica.

Tratamientos biológicos.

Este tipo de tratamiento está compuesto por un fango o lodo activo, el cual cultiva bacterias capaces de metabolizar los contaminantes del agua gris. Soriano & Pancorbo (2012) mencionan dos de los procesos más utilizados en éste tipo de tratamientos: Los equipos con funcionamiento por reactores secuenciales y los equipos con funcionamiento con reactores biológicos de membrana, sin embargo, explican que hay sistemas que necesitan para pasar por tres fases (filtración, tratamiento biológico y ultra filtración, y post- tratamiento) para la reutilización.

Tratamientos mixtos.

Tal como su nombre lo indica, los tratamientos mixtos son la combinación de los tratamientos nombrados anteriormente, es decir físico – químico – biológico.

Tratamientos con sistemas híbridos.

Este tipo de tratamientos además de incluir la reutilización del agua gris, incluye el tratamiento de las aguas pluviales centralizadas. (Soriano & Pancorbo, 2012)

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo al análisis físico-químico que se le realice al agua residual (gris) de la lavadora, se podrá determinar según se requiera, cuál es el mejor sistema para reutilizarla.

En el documento “viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas” de Mónica Ardila se reflejan los análisis del agua residual de la lavadora de 6 viviendas en Bogotá (una por estrato); en éste documento se comparan a su vez los resultados que obtuvo ERIKSSON, E. depositados en el documento *Characteristics of grey wastewater. Urban Water*, 4, 85–104. Y aunque se hizo un análisis de los parámetros necesarios para determinar la calidad del agua a reciclar como la alcalinidad, turbidez, pH entre otras, no se determinaron las calidades del agua en los tres ciclos de la lavadora, por lo que estos resultados no podrían usarse para implementar un tratamiento para reutilizar el ciclo más limpio de la lavadora, sin embargo son de gran importancia, si se desea implementar un tratamiento al sistema que se propone en este proyecto para los tres ciclos de la lavadora.

El sistema que se plantea en este proyecto no cuenta con un tratamiento del agua residual de la lavadora, pero como se ha dicho anteriormente y a manera de recomendación para futuras investigaciones, con un análisis de la calidad del agua residual en los tres ciclos de la lavadora se podrá diseñar el tratamiento que mejor se adapte al sistema.

El sistema que se plantea en éste proyecto, almacenara el agua residual de la lavadora generada en el tercer ciclo, esto debido a que en el “estudio preliminar de caracterización y cuantificación de las aguas grises en una residencia de Bogotá” (2007) citado por la Dirección general de aguas – DGA (2010) se concluyó que en la lavadora sería pertinente estudiar los ciclos de lavado en forma independiente, debido a que se pudo observar cualitativamente que el agua obtenida en el tercer ciclo era menos contaminada que en los otros dos. p. 26 del anexo 1.

Esta agua gris almacenada en el sistema podrá ser reutilizada para la descarga del sanitario, lavado de pisos y funciones afines que no requieran de agua potable ni tampoco con alto nivel de calidad, ya que “las aguas grises son aguas con un bajo nivel de contaminantes y la casi ausencia de productos orgánicos, por lo cual puede ser reutilizada en las viviendas para limpieza, uso en el sanitario y riego” (Niño & Martínez, 2013, p. 39)

Cabe mencionar que el tiempo óptimo de almacenaje del agua residual de la lavadora dentro de los tanques de almacenamiento debe estar entre las 24 y 48 horas con el fin de evitar un aumento de microorganismos; tal como lo mencionó Ardila:

En estudios previos se ha examinado el impacto que tiene el almacenamiento de aguas grises, encontrando que el almacenamiento durante 24 h mejora la calidad del agua. No obstante, el almacenamiento durante más de 48 h, como es el caso de las aguas recolectadas durante un fin de semana, es decir, dos días de almacenamiento (48 h), puede constituir un problema grave puesto que el oxígeno disuelto se agota incrementando el crecimiento de microorganismos anaerobios. (2013, p. 38)

Elaboración del sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora

Para la elaboración del sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora se tuvieron ciertos criterios técnicos como la capacidad de almacenamiento de los tanques, la ubicación de los diferentes elementos en el sistema, dimensión de la tubería, entre otros que serán mencionados en éste capítulo.

Criterios de Diseño del Sistema

En éste subcapítulo se señalan los criterios considerados para diseñar las diferentes partes del sistema.

Tanques de almacenamiento.

Para el diseño de los tanques de almacenamiento, se tuvo en cuenta el principio de los vasos comunicantes; éste principio de la hidrostática consiste en que “si se tienen varios recipientes comunicados y se vierte un líquido en uno de ellos, éste se distribuirá entre todos de tal modo que, independientemente de sus capacidades, el nivel del líquido en unos y otros recipientes sea el mismo” (Soriano & Pancorbo, 2012, p. 27)

Ilustración 6 Vasos comunicantes

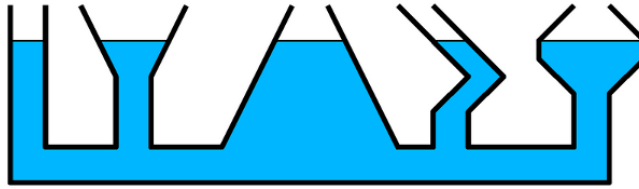


Ilustración 6. Vasos comunicantes. Fuente: El Tamiz (2013) [Mecánica de fluidos I] Principio fundamental de la hidrostática. Recuperado de: <http://eltamiz.com/2013/01/10/mecanica-de-fluidos-i-principio-fundamental-de-la-hidrostatica/>

Si Se toman dos puntos A y B situados en el mismo nivel, sus presiones hidrostáticas han de ser las mismas, luego si $P_a = P_b$ necesariamente las alturas H_a y H_b de las respectivas superficies libres han de ser idénticas $H_a = H_b$.
(Soriano & Pancorbo, 2012, p. 27)

El segundo criterio para el diseño de los tanques, fue el tamaño o dimensionamiento que deberían tener estos, para ello se tomaron en cuenta las siguientes recomendaciones de Soriano & Pancorbo:

1. Se debe dimensionar el sistema de acuerdo a los requerimientos de agua en los usos a los que se pretende destinar, esto con el fin de evitar el almacenamiento de agua gris que no se va a utilizar posteriormente.
2. Determinar las necesidades del agua que se van a reutilizar en relación al número y tipología de usuarios del inmueble. (véase Tabla 2 porcentajes medios de los consumos de agua)
3. Con el fin de no sobredimensionar los tanques de almacenamiento, se recomienda ajustar los volúmenes de estos a las necesidades reales de los usuarios del inmueble. (véase Tabla 2 porcentajes medios de los consumos de agua)
4. Diseñar el sistema que se ajuste a la posible demanda de aguas grises por parte de los usuarios a lo largo de un día, para evitar la proliferación de bacterias y microorganismos en los tanques de almacenamiento.
(2012, p. 442).

Con el fin de seguir estas recomendaciones, se adaptaron los promedios de los flujos semanales y se añadieron los cálculos de los flujos semanales de aguas grises que se encuentran en las páginas 14 y 15 del Manual de Diseño de aguas grises de Laura Allen:

Lavadora: Producción semanal: ____ galones/carga (los índices de tu lavadora) x ____ cargas por semana = ____ galones por semana (si no conoces los índices de tu lavadora, habla con la compañía o recolecta una carga de agua en un contenedor grande. Si tienes una lavadora de carga superior, ¡prepárate para 40 o 50 galones (150-190 litros) de agua!) Los índices típicos de galón/carga son de 40 (150 L) para una lavadora de carga superior, 15 (55 L) para una lavadora de carga frontal y 20 (75 L) para una lavadora de carga superior de alta eficiencia (HE). (2015 p.14 y 15)

Dado que los índices de lavadora son: 150 litros, 55 litros y 75 litros, el promedio es:

$$\frac{150L + 55L + 75L}{3} = 93.3\text{Litros}$$

Esto quiere decir que en promedio una lavadora puede expulsar hasta 93 litros de agua residual por ciclo; lo cual da a entender que, si se desea almacenar mínimo un ciclo de la lavadora, éste debe tener la capacidad de almacenar 93,3 litros, sin embargo, los tanques se están planteando para almacenar mínimo dos o tres ciclos de la lavadora (añadiendo un sistema de tratamiento posterior si son todos los ciclos) según el índice:

Una carga para la de 150 Litros, tres cargas para la de 55 litros o dos cargas para la de 77 litros.

Al momento de diseñar se tuvieron también en cuenta dos aspectos: primero, el sistema no puede tener más de un metro de altura, ya que el tubo de desagüe de la lavadora tiene en promedio entre 90 cm y 1 metro, y, en segundo lugar, dado que el sistema busca adaptarse a un muro diseñado con fibrocemento, perfiles y parales de acero (construcción en seco) tiene que tener la capacidad de adaptarse a un ancho de 61 cm (distancia máxima entre perfiles)

En la tabla número 4 se reflejan los usos que se le pueden dar al agua gris que será reutilizada en el sistema, la demanda de agua residual de la lavadora está basado con los valores dados en la tabla 2:

Tabla 4 Oferta de agua del sistema vs. la demanda

OFERTA VS, DEMANDA DE AGUA RESIUAL DE LA LAVADORA PARA LA REUTILIZACIÓN			
APLICACIÓN	OFERTA*	DEMANDA	TOTAL
Recarga de cisternas de inodoro	130 litros	18-45 litros por	7.2 recargas por persona.**
Riego de jardines	130 litros	2.6 litros por m ²	50 m ² de jardín.
Lavado de suelos en interior	130 litros	0.5-1 litro por m ²	Entre 130 litros y 260 litros.
Baldeo de pavimentos exteriores	130 litros	2.6 litros por m ²	50 m ² de pavimento exterior.
lavado de vehículos	130 litros	250 litros	0,52 litros.

Tabla 4. Se muestran las veces que puede usarse el agua reutilizada de la lavadora 5 diferentes aplicaciones partiendo de la oferta. Fuente: Elaboración propia, 2016.

*La oferta es la capacidad de almacenamiento de agua de los tanques.

** Se estima una demanda por usuario de 18 litros/día, es decir tres descargas por día, en un sanitario convencional cuyo gasto por descarga es de (6.0 lpf).

Tubería del sistema.

Para el diseño de las tuberías del sistema se tuvieron las siguientes recomendaciones:

1. La instalación de regeneración de aguas grises debe tener un aliviadero y unas válvulas de vaciado conectadas a la red de alcantarillado. 441(Soriano & Pancorbo,2012, p. 441)
2. Aunque la norma técnica colombiana 1500 no establece requerimientos de sistemas para la reutilización de aguas grises, se optó por adaptar algunos requerimientos:

4.8 Accesorios y prácticas no permitidas

4. 8 .6 La unión entre partes de distinto material se deben hacer en sitios de fácil acceso.

4.8.7 Todas las tuberías, accesorios y válvulas deben estar instalados de una manera correcta en dirección del flujo.

8.1 Materiales

8.1.1 La tubería de desagüe debe ser de materiales aprobados con diámetro interno liso y uniforme, fabricadas para tal fin y que cumplan con las especificaciones establecidas en las normas técnicas para cada material.

8.1.2 Todos los accesorios deben ser de materiales aprobados, con diámetro interno liso y uniforme, del mismo diámetro de la tubería; deben ser compatibles con el tipo de tubería utilizada y mantener la misma pendiente de la tubería.

3. El sistema no será apto para almacenar agua caliente, esto con el fin de prevenir la bacteria legionela descrita en el numeral 7.1.3.1 de la NTC 1500 y UNE 100030.

Siguiendo estas recomendaciones el sistema contendrá una instalación con tubería de una pulgada, ya que no se requiere mucha presión, llaves de paso de bola para permitir el desvío del agua gris a los tanques o al drenaje, y tubería de ½” para la ventilación, con el fin de evitar que los gases que se generen en los tanques por el DBO y DQO lo afecten.

Soporte estructural del sistema.

Debido a la gran versatilidad, rápida instalación, bajo peso, y facilidad para trabajar los materiales que ofrece la construcción liviana en seco, se optó por diseñar el sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora dentro de un muro en seco.

Según Colombit (2011) el Drywall es el proceso constructivo que consiste en ensamblar un soporte estructural mediante perfiles metálicos o de madera, al cual se pueden añadir las instalaciones que se requieran junto al tipo de aislamiento y finalmente se cierra el conjunto con placas de fibrocemento.

El muro en seco de este sistema está conformado por placas de fibrocemento de 4mm, el sistema que lo enmarca está compuesto de canaletas y parales dobles de 60 mm y 90 mm con aleta ¼” (32mm) y los anclajes y tornillos para perfiles.

Proceso Constructivo del sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora

El sistema se encuentra constituido por un muro panel hecho en placas de fibrocemento de 4 mm de espesor en el cual se instalan en su interior 2 tanques de almacenamiento de agua fabricados en fibra de vidrio, los cuales cuentan con una dimensión de 1 metro de alto x 50 cm de ancho x 14 cm de espesor, a los cuales se les realizan unas aberturas correspondientes para la adaptación de tuberías de entrada y salida de agua residual proveniente de la lavadora, y la instalación de una bomba de succión manual que servirá para realizar la extracción del agua que se encuentra en el interior de los tanques de almacenamiento. La idea general de funcionamiento del sistema consiste en adaptar una tubería en la cual se conecte la manguera de drenado de la lavadora y a su vez esta tubería cuente con dos registros de desvío de agua que la dirijan o a la tubería de desagüe de la vivienda o a los tanques de almacenamiento que se encuentran dentro del panel de fibrocemento y que, por medio de la bomba de succión instalada dentro de uno de los tanques se extraiga el agua y esta pueda llegar a ser utilizada para funciones que no requieran su tratamiento: funciones como la descarga del baño, el lavado de pisos, fachadas y autos.

Herramientas

Para realizar el proceso de fabricación se necesita de una serie de herramientas que se vuelven indispensables para su ejecución tal como lo muestra la tabla 4.

Tabla 5 Herramientas necesarias para la fabricación del prototipo



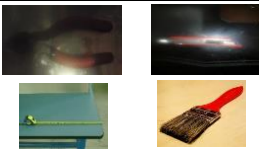
Herramientas	
Nombre	Imagen
Taladro	
Brocas	
Copas sierra para madera de 1", ½", 1½"	
Copas sierra para metal 1", ½", 1½"	
Remachadora	
Pulidora	
Herramienta menor (bistiru, pinzas, brochas rodillo, flexómetro)	

Tabla 5. Se muestran las herramientas necesarias para el proceso de fabricación del sistema. Fuente: Elaboración propia, 2016.

Materiales

Para la elaboración y construcción de este elemento es necesaria la utilización de varios materiales que serán indispensables para que el proceso de fabricación sea lo más fácil posible, y se pudiera desarrollar de forma eficiente.

Tabla 6 Materiales necesarios para la elaboración del prototipo












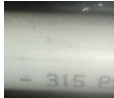








Materiales			
Nombre	Imagen		
Lamina de fibrocemento de 1.22 x 2.44 mts		Remaches	
Paral base 6 y 9 en aluminio para superboard		T de 1"	
Perfil canal base 6 y 9 en aluminio		Registro de bola de 1"	
Tornillo auto roscaste		Codo de una pulgada	
Tornillo auto perforante		Adaptador macho y hembra de 1/2", 1" y 1 1/2"	
Masilla para tapar defectos		Tubería de 1/2", 1" y 1 1/2"	
Pintura blanca		Tubería PVC-Sanitaria 1 1/2"	
Fibra de vidrio		Pintura azul oscura en aceite	
Resina poliéster pre acelerada		Bomba de succión manual	
Peróxido		Soldadura para PVC	

Tabla 6. Se muestran los materiales necesarios para la fabricación del sistema. Fuente: Elaboración propia, (2016)

Proceso constructivo del sistema

Como primera medida para la realización de este prototipo se realizaron investigaciones y consultas sobre los elementos que probablemente harían parte de ella, es así que se deduce crear los tanques de almacenamiento de agua residual en un material económico y resistente, para lo cual se escogió la fibra de vidrio como el elemento que constituye en un 95% la estructura de los tanques de almacenamiento.

Para su ejecución se debe tener en cuenta que: la fibra de vidrio por sí sola no es un material rígido y compacto, para poder agregar estas características, la fibra de vidrio se combina con dos elementos extremadamente necesarios para darle la forma adecuada los cuales son:

- Resina poliéster pre acelerada
- Meg peróxido (catalizador)

Ya teniendo los elementos que constituyen la conformación de los tanques se procede a darle forma a la materia prima con un molde que previamente fue preparado para servir como sostén de la pieza principal de los tanques, molde al cual se le tiene que suministrar un desmoldante, ya que, si esto no se realiza, al momento en que la pieza seque y tome firmeza los moldes no se podrán separar.

Para la fabricación del tanque se utilizaron unos moldes en triplex a los cuales se les realizó el proceso de esparcimiento del desmoldante y su posterior brillo para luego poder agregar la fibra de vidrio junto con sus componentes.

Tabla 7 Moldes en triplex para la fabricación de los tanques



Ilustración 7. Moldes en triplex. Fuente: Elaboración propia (2016)

Luego de esto se procedió a colocar fibra de vidrio mezclada con la resina poliéster y el catalizador necesario para este caso.

Ilustración 7 Resina poliéster



Ilustración 7. Resina y catalizador. Fuente: Elaboración propia (2016)

Se procede a ir colocando fibra sobre el molde para luego esparcirla por medio de una brocha muy rápidamente, Ya que el catalizador provoca que la resina seque de una forma muy rápida

Ilustración 8 Colocación de la fibra sobre el molde



Ilustración 8. Fibra de vidrio sobre el molde esparcida con brocha. Fuente: Elaboración propia (2016)

Dependiendo de la cantidad de catalizador que se le haya aplicado a la resina, esta se demora aproximadamente 24 horas en tomar un estado totalmente uniforme para que luego se pueda proceder a desmoldar y que así nos quede nuestra pieza.

Ilustración 9 Piezas en fibra de vidrio endurecida



Ilustración 9. Fibra de vidrio después de haberse endurecido. Fuente: Elaboración propia (2016)

Luego de que las piezas estén totalmente sólidas y uniformes se procede a realizar el proceso de armado de todas las caras, el cual se realizó por medio de perforaciones hechas con taladro utilizando una broca de 3 mm de diámetro.

Ilustración 10 Perforación a las láminas de fibra de vidrio



Ilustración 10. Perforación sobre las láminas de fibrocemento con broca de 3mm. Fuente: Elaboración propia (2016)

Posteriormente se procede a realizar el proceso de remachado de las caras de cada uno de los tanques con un remachador manual.

Ilustración 11 Remache de las caras de las láminas para los tanques



Ilustración 11. Se le colocan remaches a las láminas con un remachador manual. Fuente: Elaboración propia (2016)

Se procede a ir armando las caras, pero antes de tapar totalmente el tanque se mira donde será que quedaron los orificios para las tuberías y se procede a perforar las piezas con copas sierra de madera, estableciendo el diámetro según el tipo de tubería que se va a utilizar

Ilustración 12 Abertura de orificios para las tuberías



Ilustración 12. Se perforan los lugares de los tanques donde va pasar tubería Fuente: Elaboración propia (2016)

Se realizan las perforaciones y posteriormente se proceden a armar los tanques instalando los accesorios dependiendo de la tubería que se va a adecuar a los tanques

Ilustración 13 Tanques con el primer acabado y los accesorios para conectar la tubería



Ilustración 13. Ensamblaje de los tanques e instalación de accesorios. Fuente: Elaboración propia (2016)

Ya teniendo los tanques armados se procede a realizar la fabricación del muro en placa de fibrocemento, el cual, por su espesor, contará con la utilización de dos tipos de parales y canales en aluminio (base 6 y base 9)

Ilustración 14 Ensamblaje de la perfilería para el muro en seco



Ilustración 14. Se arma la perfilería base 6 y base 9 de manera independiente y posteriormente se ensamblan las dos
Fuente: Elaboración propia (2016)

Después de que el esqueleto del muro esta armado se procede a hacer la instalación de la lámina de fibrocemento, se colocan los tanques de almacenamiento se toman distancias y se procede a realizar las perforaciones para el ingreso y salida de tuberías y accesorios.

Ilustración 15 Instalación de la lámina de fibrocemento y adecuación de los tanques de almacenamiento



Ilustración 15. Se instala la lámina de 4 mm de Superboard Fuente: Elaboración propia (2016)

Se trazan los lugares donde van las instalaciones y posteriormente se procede a realizar la terminación a los tanques de almacenamiento, lo cual, implica el proceso de pintura, realizado con pintura de color azul oscuro en aceite.

Ilustración 16 Terminación de tanques y pintura



Ilustración 16. Se le dá un acabado a los tanques con pintura azul oscuro. Fuente: Elaboración propia (2016)

Luego de que los tanques se encuentren pintados, se procede a hacer el mismo procedimiento con la cara frontal del muro panel, que es la parte donde se encuentra la placa de fibrocemento. Y es ahí donde primero se le aplica masilla a los contornos en donde realizaron perforaciones con tornillos auto perforantes.

Luego de aplicar la masilla se realiza el acabado final (la pintura)

Ilustración 17 Se le aplica masilla y pintura a la lámina para darle un mejor acabado

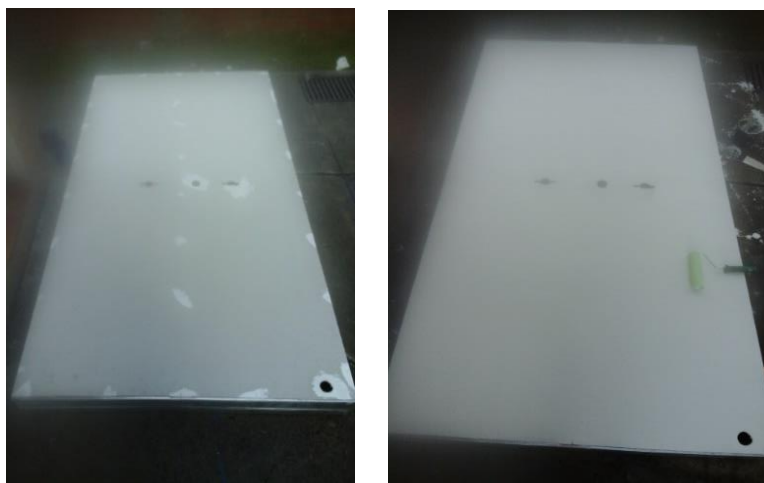


Ilustración 17. Se le dá un acabado final a la lamina de fibrocemento de 4mm. Fuente: Elaboración propia (2016)

Finalmente se verifican las medidas y se instalan todos sus componentes para obtener el producto final.

Ilustración 18 Adaptación de la tubería y demás componentes



Ilustración 18. Acabado final del sistema. Fuente: Elaboración propia (2016)

Funcionamiento del Sistema

Como ya se determinó, este sistema se encargará de realizar el almacenamiento del agua residual de la lavadora, en donde al muro se la ha instalado una T de 1 pulgada que desvía el agua hacia dos puntos, el primer punto lo compone un registro de una pulgada que dirige el agua hacia los tanques de almacenamiento y el registro numero dos se encargada de dirigir el agua que se encuentre en peores condiciones hacia el desagüe de la casa por medio de una tubería de 1 pulgada. Cuando se va a hacer efectivo el almacenamiento de agua en los tanques se verifica que el registro contrario se encuentre cerrado, para que así el agua no se valla a desperdiciar y de la misma manera cuando se vaya a dar de baja el agua de los primeros ciclos cerrar la llave opuesta.

En el momento en que el agua se encuentre inmersa en los tanques, procedemos a hacer el proceso de desocupe de estos por medio de la bomba de succión que previamente fue instalada en el muro de fibrocemento, realizamos el proceso de succión tomando la bomba por la parte de arriba haciendo presión hacia arriba y hacia abajo de esta manera a través de la tubería de la bomba que está inmersa en los tanques se ejecutara el proceso de extracción del agua.

Además de esto, el sistema cuenta con un registro que a través de las inclinaciones que previamente se les dieron a los tanques, cumple la función de expulsar los residuos que pudiesen quedar dentro de los tanques. En este caso dicho registro se encuentra solo en uno de los tanques, puesto que por la inclinación que se le dio al primero, no es necesaria su instalación en el otro tanque.

Costos del sistema

Tabla 8 Costos directos del sistema

COMPONENTES DEL MURO EN FIBROCEMENTO				
ELEMENTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
LAMINA DE FIBROCEMENTO DE 4 MM	1	LAM	\$ 26,000	\$ 26,000
PARAL BASE 6	3	UN	\$ 5.000	\$ 15.000
PARAL BASE 9	3	UN	\$ 6.000	\$ 18.000
CANAL BASE 6	1	UN	\$ 4.500,00	\$ 4.500
CANAL BASE 9	1	UN	\$ 5.500	\$ 5.500
SUPERMASTICK	¼	GAL	\$ 4.500	\$ 4.500
TORNILLO ESTRUCTURA	100	UN	\$ 2.000	\$ 2.000
TORNILLOS LAMINA	100	UN	\$ 3.000	\$ 3.000
CINTA MALLA	1	UN	\$ 3.000	\$ 3.000
BROCHA	2	UN	\$ 3.500	\$ 3.000
			TOTAL	\$ 58.526,000
COMPONENTES TANQUES DE ALMACENAMIENTO				
ELEMENTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
FIBRA DE VIDRIO	4	KG	\$ 8.500	\$ 34.000
RESINA POLIESTER	9	BOT	\$ 10.000	\$ 90.000
MECK PEROXIDO	2	FRASCO	\$ 1.000	\$ 2.000
DESMOLDANTE	1	TARRO	\$ 6.000	\$ 6.000
TINNER	3	BOT	\$ 4.500	\$ 13.500
ANGULO ALUMINIO	4	MT	\$ 1.690	\$ 1.690
VALVULA PVC 1 PULGADA	3	UN	\$ 7.900	\$ 23.700
T DE PRESION DE 1 PULG	2	UN	\$ 1.700	\$ 3.400
CODO DE 90 DE 1 PULG	2	UN	\$ 800	\$ 1.600
ADAPTADOR HEMBRA DE 1½ PULG	2	UN	\$ 4.600	\$ 9.200
ADAPTADOR MACHO DE 1 ½PULG	2	UN	\$ 3.500	\$ 7.000
ADAPTADOR MACHO DE 1 PULG	5	UN	\$ 700	\$ 3.500
ADAPTADOR HEMBRA DE 1 PULG	5	UN	\$ 1.000	\$ 5.000
ADAPTADOR HEMBRA DE ½	2	UN	\$ 400	\$ 800
ADAPTAADOR MACHO DE ½	2	UN	\$ 300	\$ 600
TUBO PVC DE 1 PULGADA	3	MT	\$ 5.500	\$ 16.500
TUBO PVC DE 1 ½ PULGADA	1,5	MT	\$ 4.500	\$ 6.750
ABRAZADERA METALICA	1	UN	\$ 2.000	\$ 2.000
SOLDADURA PVC	1	UN	\$ 7.000	\$ 7.000
TEFLON INDUSTRIAL	1	UN	\$ 2.500	\$ 2.500
REMACHES	12	DOC	\$ 1.000	\$ 12.000
BROCA PARA TALADRO	6	UN	\$ 1.300	\$ 7.800
DISCO DE CORTE	2	UN	\$ 4.500	\$ 9.000
MANGUERA LAVADORA	1	UN	\$ 8.500	\$ 8.500
PINTURA EN ESMALTE	1	GALON	\$ 35.000	\$ 35.000
RODILLO	1	UN	\$ 4.500	\$ 4.500
VINILO BLANCO	¼	GALON	\$ 8.500	\$ 8.500
			TOTAL	\$ 322.040

MANO DE OBRA (Cuadrilla de dos operarios)			
OPERARIO 1	Tanques (hora)	Salario hora	Vr. Total hora
Fabricación elementos	10	\$ 4.500	\$ 7.200
Armado	8		
Pintura y acabado	2		
OPERARIO 2	Muro (hora)	Salario hora	Vr. Total hora
Armado	5	\$ 3.500	\$ 5.600
Pintura y acabado	2		
Ensamblaje del sistema	0,5		
Costos de mano de obra directa por sistema			
Horas totales	Horas operario 1	Horas operario 2	
	20	7,5	
Costos totales	Costos operario 1	Costos operario 2	
	\$ 144.000	\$ 42.000	
		TOTAL	\$ 186.000
COSTOS TOTALES			
TOTAL COSTOS DIRECTOS DEL SISTEMA		\$	566.566,00
AIU		12%	\$ 67.987,92
IVA		16%	\$ 4.532,53
TOTAL		\$	639.086,45

Tabla 5. Se muestran los materiales necesarios para la fabricación del sistema. Fuente: Elaboración propia, 2016.

Conclusiones y Recomendaciones

En conclusión, el sistema para la reutilización del agua residual de la lavadora es capaz de adaptarse a un muro estándar en el espacio frente al cual se dispone la lavadora, está diseñado para almacenar 130 litros de agua lo que supone una carga casi completa de lavadoras con índices de 150 Litros (carga superior), casi tres cargas para las lavadoras con índices de 55 litros (carga frontal) y dos cargas para la lavadora con índices de 75 litros (carga superior de alta eficiencia).

Aunque este sistema no tiene un sistema de tratamiento del agua gris, se recomienda para futuras investigaciones, analizar la calidad del agua residual en los tres ciclos de la lavadora, con el fin de poder diseñar un sistema de tratamiento adaptable a las dimensiones del sistema y las necesidades que se pretendan cubrir, así como también adaptarle un sistema de automatización para que el sistema funcione de manera independiente y automática, por ultimo si se busca adaptar un sistema descentralizado a una vivienda, se deberá realizar un diseño de la red de tubería independiente de las demás redes y adaptar un equipo de bombeo.

Para éste sistema se deberán seguir además las siguientes recomendaciones:

- a. Control y dosificación de cloro si se necesita una calidad de agua superior.
- b. El tiempo óptimo de almacenaje del agua residual de la lavadora dentro de los tanques de almacenamiento debe estar entre las 24 y 48 horas con el fin de evitar un aumento de microorganismos.
- c. Limpieza de lodos acumulados en los depósitos con una periodicidad semanal (según el uso).
- d. Control bacteriológico con una periodicidad semestral o anual.
- e. Para una mejor calidad del agua reutilizada se recomienda el uso de detergentes biodegradables.
- f. Las aguas grises tratadas o regeneradas, deberán ser identificadas mediante una señal que especifique que su uso no es apto como agua potable” (Soriano & Pancorbo,2012, p. 440)
- g. “En casos de altos flujos, una opción es redirigir el agua de la lavadora al sistema de drenaje, usando una válvula de desvío, para que el sistema no se sobrecargue” (Allen 2015, p. 14) – viene incluido-
- h. Minimiza el contacto con las aguas grises.

Referencias Bibliográficas

- Ardila, M. (2013) *Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas*. (Documento de investigación para optar por el título de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ingeniería – Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Bogotá.
- Allen, Laura (abril de 2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises. Para riego exterior*. Recuperado de <http://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>
- Bogotá, Secretaria Distrital de Planeación (2012), “*Boletín No. 40 Sobre el consumo y la producción de agua potable y residual en el uso residencial urbano de Bogotá D.C.*” Recuperado de <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogota%20de%20Estadisticas/2012/DICE123-BoletinConsProdAguasUsoRes-2012.pdf>
- Camargo, M. (2014, 22 de agosto). ¿Por qué tomarse en serio el ahorro del agua? *El Tiempo*. pp. 2,5. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/colombia/sequia-en-colombia-expertos-explican-por-que-se-debe-ahorrar-agua-/14423355>
- Colombia, Congreso Nacional de la República (1997, 06 de junio), “Ley 373 del 06 de junio de 1997, por medio de la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua” *Diario Oficial*, núm. 43.058 del 11 de junio de 1997, Bogotá.
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2015, 17 de marzo), “Resolución número 0631 del 17 de marzo de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites

máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”, 17 de marzo de 2015, Bogotá.

Colombia (2004), Código Colombiano de fontanería NTC 1500, Bogotá.

Cortés, E. (2014). *4 años para salvar el agua de Bogotá*. Recuperado de http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/salvar_agua_bogota/

Colombit, (s.f.). *Manual técnico superboard*. Recuperado de <http://www.panelsym.com/pruebas/Manual%20Tecnico%20SB%20completo.pdf>

Dirección General de aguas – DGA (diciembre de 2010) *Actualización para reutilización de aguas grises del “reglamento general de alcantarillados particulares, fosas sépticas, cámaras filtrantes, cámaras de contacto, cámaras absorbentes y letrinas domiciliarias”, decreto supremo n0 236 de 1926 del ministerio de higiene, asistencia, previsión social y trabajo*. Santiago de Chile, Recuperado de <http://documentos.dga.cl/ISA5279.pdf>

El Colombiano (2011, 07 de abril). Colombia, uno de los países más ricos en recursos hídricos. El Colombiano. pp.1. Recuperado de http://www.elcolombiano.com/historico/en_recursos_hidricos_colombia_sigue_como_uno_de_los_paises_mas_ricos_del_mundo-LGEC_128773

El País, (2016, 20 de enero). Todos, a reciclar el agua del segundo ciclo de la lavadora. El País. pp. 5,10,11. Recuperado de <http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/todos-reciclar-agua-segundo-ciclo-lavadora>

Jaramillo, M, (2010) *Potencial de reuso de agua residual doméstica como estrategia para el control de la contaminación por agua residual en el valle geográfico del río cauca*. (Documento de investigación para optar por el título de Maestría) Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Santiago de Cali.

López, J. & Vergara, N. (2011) *Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones*. (Monografía de especialización). Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingenierías fisicoquímicas, Bucaramanga.

Niño, E. & Martínez, N. (2013) *Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá. URI: <http://hdl.handle.net/10554/11139>

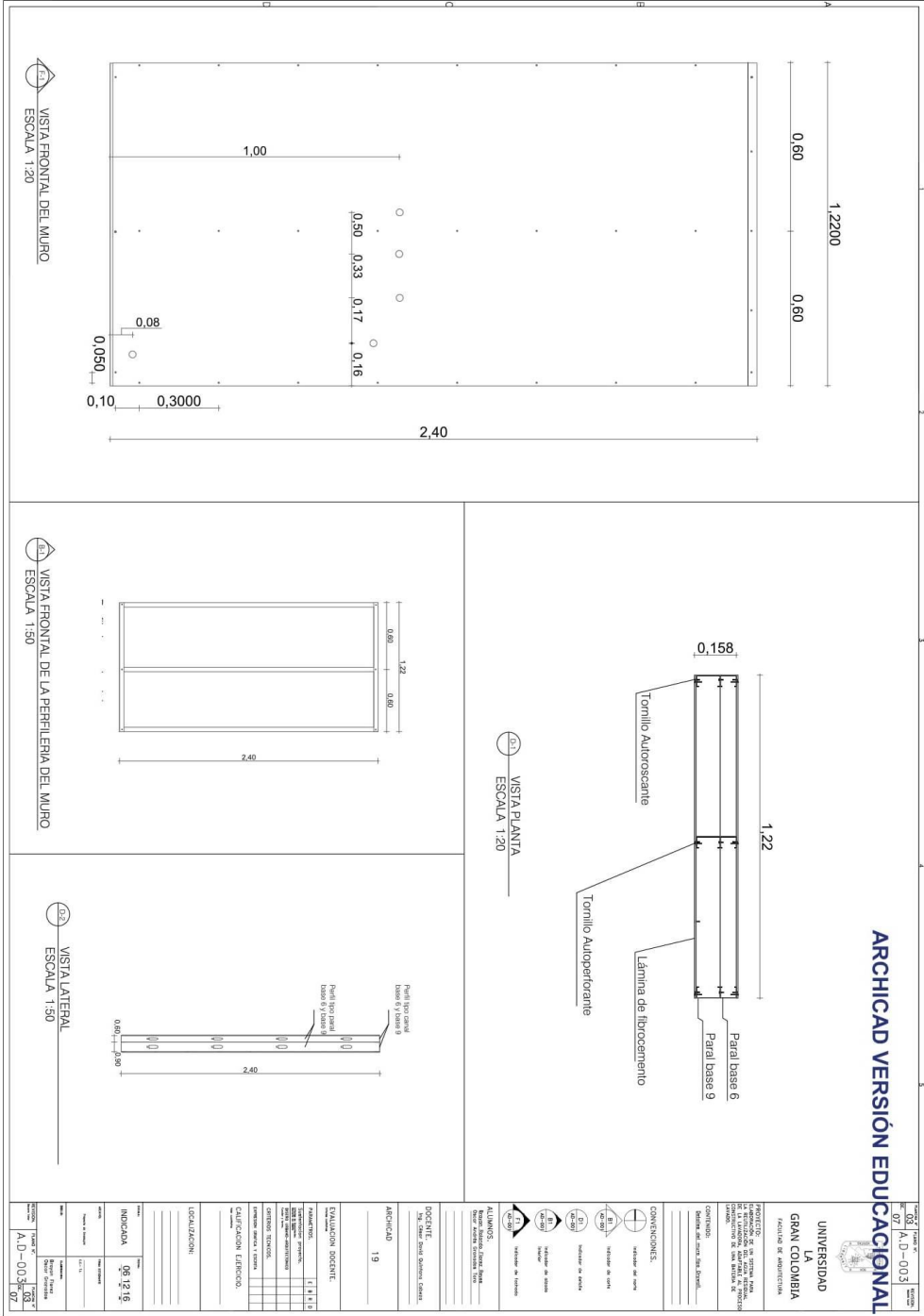
Organización de las Naciones Unidas. (24 de noviembre de 2014). *Escasez de agua*. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

Pinzón, D. (2011) *Plan de negocios para la creación y constitución de una empresa que fabrique y comercialice un sistema doméstico de reciclaje de aguas grises*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería industrial, Bogotá. URI: <http://hdl.handle.net/10554/7432>

RCN, (2014, 12 de agosto). Bogotá desperdicia 34% de agua potable al año. RCN. pp. 2,3. Recuperado de <http://www.noticiasrcn.com/nacional-bogota/bogota-desperdicia-34-agua-potable-al-ano>

Soriano, R.A. (2007). *Evacuación de aguas residuales en edificios* (1st ed.). Barcelona: Marcombo.

Soriano, R.A & Pancorbo F.J. (2012). *Suministro, distribución y evacuación interior de agua sanitaria* (1st ed.). Barcelona: Marcombo.



8.1.1 VISTA FRONTAL DEL MURO
ESCALA 1:20

8.1.2 VISTA FRONTAL DE LA PERFILERA DEL MURO
ESCALA 1:50

8.1.3 VISTA LATERAL
ESCALA 1:50

Hoja 04 de 07
A.D-004

ARCHICAD VERSIÓN EDUCACIONAL

UNIVERSIDAD
LA
GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

VISTA FRONTAL
ESCALA 1:20

VISTA FRONTAL
ESCALA 1:50

VISTA LATERAL
ESCALA 1:50

VISTA LATERAL
ESCALA 1:50

ISOMÉTRICO DE LOS TANQUES
ESCALA 1:20

AUTORES:	Arquitecto: Daniel Berra Ingeniero: Juan Carlos Berra						
DOCENTE:	Ing. Carlos Daniel Berra						
ARCHICAD:	19						
EVALUACION DOCENTE:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">HABILIDADES:</td> <td style="width: 20%;">[] [] [] []</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;">CONOCIMIENTOS:</td> <td style="width: 20%;">[] [] [] []</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;">ACTITUDES:</td> <td style="width: 20%;">[] [] [] []</td> </tr> </table>	HABILIDADES:	[] [] [] []	CONOCIMIENTOS:	[] [] [] []	ACTITUDES:	[] [] [] []
HABILIDADES:	[] [] [] []						
CONOCIMIENTOS:	[] [] [] []						
ACTITUDES:	[] [] [] []						
CALIFICACION LABORAL:							
LOCALIZACION:							
INDICACION:	68 12 16						
FECHA:	04						
TITULO:	A.D-004						
CATEGORIA:	07						

