

**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE RECICLAJE DE  
AGUAS GRISES EN EL HOGAR**

**CRISTIAN MAURICIO ESPINAL VELASQUEZ  
DAVID OCAMPO ACOSTA  
JUAN DAVID ROJAS GARCIA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2014**

**CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE RECICLAJE DE  
AGUAS GRISES EN EL HOGAR**

**CRISTIAN MAURICIO ESPINAL VELASQUEZ  
DAVID OCAMPO ACOSTA  
JUAN DAVID ROJAS GARCIA**

**Trabajo de Grado  
Requisito parcial para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica**

**Director  
ING. RODRIGO ANDRES FRANCO LUNA, Ms.C.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA  
INGENIERÍA MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2014**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Tecnológica de Pereira para optar al título de Ingeniero en Mecatrónica.**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Pereira, Enero del 2014**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>1. PROBLEMA</b> .....	13
<b>2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	13
2.1. Planeamiento .....	13
2.2. Formulación .....	13
2.3. Sistematización .....	13
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	15
<b>4. ANTECEDENTES</b> .....	16
4.1. El tratamiento de aguas grises .....	16
4.2. Sistemas de reciclaje de aguas grises a nivel internacional .....	16
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	19
5.1. Objetivo general .....	19
5.2. Objetivos específicos .....	19
<b>6. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	20
6.1. Marco histórico .....	20
6.2. Marco contextual .....	24
6.3. Marco teórico –conceptual .....	24

<b>7. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	29
7.1. Entorno .....	29
7.2. Condiciones del objeto de estudio .....	29
7.3. Solución del problema .....	30
7.4. Objetivo y alcance .....	31
<b>8. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	32
8.1. Hipótesis del trabajo .....	32
8.2. Generación de conceptos .....	32
8.3. Descomposición funcional .....	32
8.4. Conceptos generados .....	33
8.5. Arquetipos .....	34
8.6. Arquitectura del sistema .....	34
8.7. Arquitectura electrónica .....	34
8.8. Arquitectura mecánica .....	35
8.9. Proceso de filtrado .....	36
8.10. Funcionalidad de cada elemento físico .....	37
8.11. Interacción entre elementos físicos del sistema .....	38
8.12. Método o estructura de unidad de análisis, criterios de validez y confiabilidad .....	39
8.13. Método o estructura .....	39
8.14. Criterios de validez .....	40
8.15. Validez interna .....	40
8.16. Validez externa .....	41
<b>9. DESARROLLO DEL SISTEMA</b> .....	43
9.1. Diagrama general del sistema .....	43
9.2. Segmentos principales del sistema .....	44
9.3. Ecuaciones matemáticas a tener en cuenta .....	46
9.4. Análisis de bomba .....	46
9.5. Construcción y adecuación del filtro .....	47
9.6. Adecuación tanque almacenamiento de aguas grises .....	51
9.7. Tanque Aguas grises .....	52

9.8. Adecuación tanque almacenamiento de aguas recicladas .....	52
9.9. Tanque Aguas Recicladas .....	53
9.10. Construcción tanque de pre-recolección de aguas grises .....	53
9.11. Construcción tanque pre-recolección .....	55
9.12. Construcción tuberías del sistema .....	55
9.13. Datos obtenidos .....	55
9.14. Construcción tuberías .....	55
9.15. Instrumentación del sistema .....	56
9.16. Válvulas .....	56
9.17. Electro-válvula .....	56
9.18. Válvula manual .....	56
9.19. Bomba .....	57
9.20. Bomba utilizada en el sistema .....	57
9.21. Filtro membrana .....	57
9.22. Filtro membrana utilizado para el sistema .....	57
9.23. Prototipo sistema reciclaje aguas grises .....	58
9.24. Rediseñando y construyendo el circuito de control - PLC .....	60
9.25. Adecuación de las entradas y salidas del sistema al PLC .....	71
9.26. Programación .....	71
9.27. Recursos y partes del sistema con sus respectivos precios .....	72
<b>10. RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>73</b>
<b>11. CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>12. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1. Arquitectura del sistema</b>	<b>34</b>
<b>Cuadro 2. Funcionalidad de elementos físicos</b>	<b>37</b>
<b>Cuadro 3. Datos obtenidos del filtro de arena</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 5. Datos de las tuberías</b>	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1. Caja de control del sistema</b>	<b>32</b>
<b>Figura 2. Arquitectura electrónica</b>	<b>35</b>
<b>Figura 3. Arquitectura Mecánica</b>	<b>36</b>
<b>Figura 4. Proceso de filtrado</b>	<b>37</b>
<b>Figura 5. Interacción entre elementos físicos del sistema</b>	<b>38</b>
<b>Figura 6. Diagrama general del sistema</b>	<b>43</b>
<b>Figura 7. Etapa de pre-recolección</b>	<b>44</b>
<b>Figura 8. Etapa almacenamiento aguas grises y agua reciclada</b>	<b>45</b>
<b>Figura 9. Etapa de filtración</b>	<b>45</b>
<b>Figura 10. Bomba utilizada para el sistema</b>	<b>47</b>
<b>Figura 11. Comportamiento del flujo de agua en el filtro</b>	<b>48</b>
<b>Figura 12. Agua obtenida después de la primera vez de filtrado</b>	<b>50</b>
<b>Figura 13. Filtro de arena, grava y carbón</b>	<b>51</b>
<b>Figura 14. Tanque almacenamiento aguas grises</b>	<b>52</b>
<b>Figura 15. Tanque almacenamiento aguas recicladas</b>	<b>53</b>
<b>Figura 16. Tanque de pre-recolección</b>	<b>54</b>
<b>Figura 17. Ubicación esquemática del filtro para el tanque de pre-recolección</b>	<b>54</b>
<b>Figura 18. Esquema tuberías</b>	<b>55</b>



<b>Figura 19. Electro-válvula</b>	<b>56</b>
<b>Figura 20. Válvula manual tipo bola</b>	<b>56</b>
<b>Figura 21. Bomba del proceso</b>	<b>57</b>
<b>Figura 22. Filtro membrana</b>	<b>58</b>
<b>Figura 23. Vista 1 - Sistema reciclaje aguas grises</b>	<b>58</b>
<b>Figura 24. Vista 2 - Sistema reciclaje aguas grises</b>	<b>59</b>
<b>Figura 25. Diagrama de flujo del sistema de reciclaje – esquema 1</b>	<b>60</b>
<b>Figura 26. Diagrama de flujo del sistema de reciclaje – esquema 2</b>	<b>61</b>
<b>Figura 27. Diagrama de conexión eléctrica del sistema</b>	<b>62</b>
<b>Figura 28. PLC con conexión de entradas y salidas</b>	<b>71</b>
<b>Figura 29. Software de programación utilizado para el PLC</b>	<b>71</b>

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>ANEXO A. Presupuesto estimado</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO B. Especificaciones de la válvula solenoide</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO C. Dimensiones de vista de la válvula solenoide</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO D. Especificaciones de la bomba de drenaje para el sistema</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO E. Especificaciones para las bombas antes de ser instaladas y después de instaladas encontradas en el manual</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO F. Datos y cálculos del sistema de reciclaje de aguas grises – 1</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO G. Datos y cálculos del sistema de reciclaje de aguas grises – 2</b>	<b>84</b>

## RESUMEN

El agua se ha convertido en un tema de interés, cada día se le presta más atención debido a su creciente escasez y sobre todo a la importancia que da esta para nuestra supervivencia, como parte fundamental de la vida se utiliza para satisfacer ciertas necesidades, dentro de las cuales se podría considerar algunas como desperdicio de agua potable, de aquí se presenta un problema que es desde donde nace nuestro proyecto, al observar y analizar estos aspectos y de cierta forma también analizar los beneficios que se podrían generar, si se le da una solución a esto mediante el uso de nuevas tecnologías, se propone un sistema de reciclaje de aguas grises, cuyo principal objetivo es el diseño y simulación que permita volver a utilizar este tipo de aguas, para lo cual fue necesario la ubicación de los principales puntos de captación en el hogar desde donde se pueden obtener aguas grises, procedentes de lavados en general como: cocinas, lavamanos, duchas, conteniendo detergentes, restos de alimentos, materia orgánica y otros contaminantes, se estudiaron las posibles necesidades dadas en sistemas de reutilización de aguas grises, y los diferentes esquemas realizados para el sistema, con el propósito de escoger el más adecuado.

De acuerdo a los diseños eléctricos y mecánicos desarrollados en el proyecto de tecnología, se procedió a la compra de los elementos necesarios para la implementación del sistema, tales como: Bombas de agua, filtros, tanques de almacenamiento, etc.; una vez conseguidos los elementos se procedió a la instalación y adecuación de cada uno, como parte principal del funcionamiento se realiza la construcción de un filtro principal, se realizan las respectivas estructuras para que cada componente quede en su respectivo lugar, se ubican los sensores, y por último se realiza la conexión eléctrica del PLC, después se observan los resultados, los cuales cumplen con las expectativas esperadas, se incluyen imágenes y esquemas de todo el proceso de implementación mecánica y eléctrica del sistema, para un mejor entendimiento.

## INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia y necesario empezar a desarrollar sistemas o dispositivos que permitan preservar el agua, teniendo en cuenta que aun con el avance tecnológico que se tiene en estos días, todavía hay población que no puede acceder al servicio de agua potable en el lugar donde viven, y personas que por el contrario lo tienen y desperdician este líquido vital en grandes cantidades, por esto es tan importante concientizarse ya que el agua es un recurso no renovable, y por ende se debe comenzar a hacer un uso eficiente de esta para lograr un equilibrio entre el gasto y lo que realmente se necesita consumir.

Con este proyecto se presenta una alternativa de construcción para un sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar, lo cual conduce a un ahorro significativo de agua potable, partiendo del hecho de captación de aguas grises, aguas que están levemente contaminadas para reciclarlas, teniendo en cuenta que esta es una gran alternativa para el manejo de este tipo de aguas ya que permiten el uso de tecnologías no tan costosas para su tratamiento.

Se describe todo lo necesario repartido por capítulos acerca de la construcción, tanto de su parte eléctrica como mecánica, necesaria para los esquemas ya propuestos, se coloca en práctica todo lo diseñado debido al enfoque que se le ha dado al proyecto, planteado e implemento con información encontrada en internet.

Lo que se espera al terminar este proyecto es construir un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises, diseñado y simulado en el proyecto realizado durante el ciclo de tecnología en mecatrónica, el cual sea completamente funcional, y que además sirva como referencia para desarrollos posteriores que permitan dar solución al problema descrito en este documento.

## **1. PROBLEMA**

### **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La energía no es el único recurso que se debe preservar si se quiere asegurar un desarrollo sostenible que posibilite a generaciones futuras disfrutar de la naturaleza al igual que lo han hecho las generaciones hasta el día de hoy. El agua es un recurso natural que hay que proteger para garantizar el funcionamiento de los ecosistemas y la supervivencia de los seres vivos que lo forman.

Se utiliza para beber, para lavar, para cocinar, y para regar cultivos. Nunca se ha tenido en cuenta que el agua es un recurso natural que es limitado y hay que cuidar. Muchos pozos se han secado o se han salado por un exceso de utilización de agua. Por este motivo, como consumidores de agua se puede poner un grano de arena reciclando el agua de las casas y aprovechándola para usos en los que no es necesario el agua potable, esta es utilizada para actividades higiénicas sobre todo necesarias para el bienestar de todos en cuanto a la salud, a veces está destinada a usos en los que no es imprescindible su uso. La utilización de agua potable en actividades que tal vez no lo requieren se pudiese ver como un lujo o acción innecesaria para el hogar [1].

#### **2.1 Planteamiento**

Con el siguiente proyecto, se pretende construir un prototipo, el cual permita reutilizar las aguas grises que derivan de escenarios como la ducha, el lavamanos el lavaplatos y la lavadora, mediante un sistema de almacenamiento y filtrado para que después se pueda utilizar el agua reciclada en actividades como el vaciado de un sanitario, el lavado de un automóvil, entre otros. Al realizar estas actividades no es necesario el uso de agua potable, la cual se podría seleccionar para actividades que de verdad valgan la pena o sencillamente reciclarla para las acciones ya nombradas.

#### **2.2 Formulación**

¿Es posible la construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar?

#### **2.3 Sistematización**

¿De qué manera se podría ubicar puntos de captación de aguas en el hogar para reciclarlas?

¿Se podrán construir circuitos eléctricos para el reciclado de aguas grises?

¿Qué tipo de construcciones mecánicas se emplearán para el reciclaje de aguas grises?

¿Es posible la construcción de un sistema de almacenamiento para aguas grises y de agua reciclada?

¿Qué tipo de construcciones mecánicas y eléctricas se emplearan para la etapa de filtrado?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El agua es uno de los recursos más preciados. Reciclar el agua que se usa no sólo es ecológico, también asegura una mayor autonomía en el caso de llegar a existir escasez de este valioso líquido.

Debido a la escasez de agua, la sociedad está tomando conciencia de la importancia de reciclar el agua que se consume. El gasto doméstico diario por persona es de 129 litros y la mitad provienen de la ducha y la cisterna. A parte de limitar ese gasto, se puede optar por sistemas de reciclado para mejorar el consumo.

Se podrían ahorrar una cantidad considerable de litros de agua al año por familia con un sistema de tratamiento de aguas grises, donde su función será limpiar el agua del aseo personal (lavado, ducha, baño) haciéndola útil para otros usos con agua no potable: lavar el jardín, la cisterna, vaciar el inodoro, en definitiva, para aquellos usos no potables.

Se trata de un sistema electro-mecánico, que tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real sobre los elementos que realizan el reciclaje de aguas grises.

El presente proyecto se realiza con el fin de hacer que el reciclar el agua usada sea una de las mejores opciones para reducir costos en el hogar, y sobre todo, para tener un consumo sostenible del agua, y hacer un uso eficiente de esta.

El agua es un recurso escaso, vital para el ser humano. Cualquier acción que esté a nuestro alcance para poder reducir el consumo de tan preciado elemento, quedará sobradamente justificado [2].

## **4. ANTECEDENTES**

Las aguas grises son todas aquellas utilizadas en duchas, bañeras y lavabos. Se denomina reciclaje o tratamiento de aguas grises al sistema que permite utilizar esta agua para usos en los que no es imprescindible el agua potable, tales como inodoros, riego o limpieza de suelos y vehículos. El agua resultante es un agua limpia y completamente higiénica que, sin embargo, no recibe legalmente el estatus de agua potable, pero que puede utilizarse en multitud de usos cotidianos de casas particulares, restaurantes, hospitales, polideportivos, ahorrando miles y miles de litros de agua potable al año.

Los principales usos, por volumen, son el riego y la utilización para la cisterna del váter, aunque tienen infinidad de aplicaciones; cualquiera en la que no sea imprescindible la aplicación de agua potable, como la lavadora, y todo tipo de limpiezas.

### **4.1 El tratamiento de aguas grises**

El tratamiento de aguas grises puede ser doméstico o industrial. Básicamente, el procedimiento es en ambos casos el mismo, y sólo varía el volumen del agua tratada. Para poder tratar las aguas grises es necesario que la vivienda disponga de dos sistemas hidráulicos independientes: por un lado el de las aguas grises, es decir, el de las aguas que proceden de los lavados, las duchas y baños, y por otro lado el resto de los desagües de la casa. Por este motivo, lo mejor para optimizar la amortización del sistema es planificar la inclusión de un sistema de aguas grises cuando se está planificando la construcción de la casa. Estas aguas son recogidas y enviadas al sistema de tratamiento de aguas grises, pasando por una serie de filtros y procedimientos, que permitirán tratar estas aguas [3].

Posteriormente, el agua tratada puede ser aplicada a multitud de usos; a todos aquellos en los que no resulta imprescindible la utilización de agua potable, es decir, todos, excepto beber, cocinar, tomar una ducha o lavar. De este modo, tratar las aguas grises resulta en un beneficio para nosotros, para la sociedad y para el medio ambiente.

### **4.2 Sistemas de reciclaje de aguas grises a nivel internacional**

#### **El sistema BRAC**

BRAC – Systems Central / Sur América es una empresa de Fuentes Calientes S.A. con sede en Costa Rica.

Los sistemas BRAC están diseñados para la recuperación de aguas grises debido a la creciente escasez de agua en el mundo. Es ahora común en varios países de Centro y Sur América, que los pozos y nacientes de agua potable no abastecen la demanda actual. ¿Qué hacer? Hay una cantidad restringida de



agua en el medio ambiente y una necesidad de agua potable para el aseo, la lavandería y el riego.

Los sistemas BRAC están diseñadas para captar el agua de las duchas, tinas y de la lavandería, para luego alimentar los tanques de los inodoros. Con esta sencilla solución los habitantes de una casa particular ahorran un tercio del consumo del agua potable.

Este ahorro es considerable en la escala del uso de agua potable individual, si se observa la situación global. Viendo la condición de una urbanización en particular de 1000 casas, eso significa un ahorro de hasta 16'000'000 litros de agua potable solamente en los meses más secos (Costa Rica) [4].

### **GreyWaterNet. España**

GreyWaterNet ha desarrollado un sistema de tratamiento de aguas grises que se diferencia de sus competidores por haber desarrollado un sistema de control inteligente que adapta los procesos de tratamiento al caudal de agua existente, con lo cual se optimizan los consumos de energía. Además, se ofrecen dos sistemas simultáneos de eliminación de gérmenes, los rayos UVA y la cloración, con lo que el agua resultante tiene la calidad más elevada. Los equipos han sido creados optimizando costes en todo el proceso, por lo que el modelo más sencillo es el más económico del mercado, optimizando su amortización.

GreyWaterNet ofrece soluciones adaptadas a las necesidades de cada cliente, desde el modelo más sencillo plug and play para usuarios domésticos, hasta soluciones personalizadas para grandes consumidores, como pueden ser hospitales u hoteles [5].

### - **Soliclima. España**

Soliclima es una empresa que desarrolla, instala y mantiene proyectos basados en las energías renovables, eficiencia energética y tratamientos de agua.

El sistema que han construido tiene el tamaño aproximado de un armario, que puede instalarse rápidamente en cualquier sótano o bodega, y que basa su funcionamiento en un filtrado biomecánico libre de elementos químicos, mediante esterilización a través de una lámpara de rayos ultravioleta.

- El ahorro puede alcanzar 90.000 litros anuales en una vivienda de cuatro o cinco individuos.

- Funciona mediante un sistema modular que puede ser ampliado con módulos adicionales [6].

- **Flotender. Estados Unidos**

El sistema de reutilización de aguas grises Flotender se basa en una serie de filtros y presurización en el sistema para que estas aguas sean reutilizadas en el riego por goteo. Disponible en una variedad de diferentes tamaños, los sistemas de aguas grises Flotender se han instalado tanto en residencias pequeñas y grandes, en muchos países de todo el mundo [7].

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

- Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Ubicar los puntos de captación de aguas grises en el hogar.
- Construcción de los esquemas eléctricos del sistema de reciclaje.
- Construcción de los esquemas mecánicos del sistema de reciclaje.
- Construcción etapa de almacenamiento de aguas grises y de agua reciclada.
- Construcción etapa filtrado.

## 6. MARCO DE REFERENCIA

### 6.1 Marco Histórico

El agua es un recurso finito pero, tiene la virtud de reciclarse de manera permanente a través del ciclo hidrológico. Este singular hecho ha llevado a suponer que se trata de un bien público de libre disponibilidad, con el cual no habría problemas. Los hechos muestran otra cosa: hay escasez [8].

Se sabe que tan solo se puede contar con menos del 1% del agua del planeta, otro problema adicional es que la demanda del agua ha crecido de manera acelerada en los últimos tiempos, además, los procesos de contaminación han conducido a la pérdida de muchas fuentes de agua; pese a estas limitaciones, el agua que se tiene podría ser suficiente con un adecuado manejo [9].

El agua para consumo humano o doméstico se emplea para la alimentación, el aseo personal y en la limpieza de la vivienda y de los utensilios o ropas, en el lavado de automóviles y en el riego de jardines. El consumo promedio del agua es aproximadamente 150 litros diarios por persona, pero esta cantidad depende de las situaciones particulares de las viviendas: presencia de fugas o goteos, tipo de unidades sanitarias o llaves, presión del agua, condiciones climáticas [10].

#### ¿Qué elementos tecnológicos existen?

**1. Sistemas para reciclaje de agua a nivel doméstico, que tienen como finalidad aprovechar el agua generada en bañeras y/o platos de ducha, para el llenado de la cisterna del complementario inodoro:** se caracterizan porque está constituida a partir de un depósito conectado al desagüe de la bañera y/o del plato de ducha, depósito comunicado a través de una conducción con la cisterna del inodoro, estableciéndose en dicha conducción una bomba eléctrica accionada a través de un relé con la colaboración de un sensor de nivel establecido en el fondo del citado depósito, de manera que el agua almacenada en el mismo es impulsada por la bomba hacia la cisterna del inodoro para llenado de esta última.

**2. Sistemas para reciclaje de agua a nivel doméstico, que tienen como finalidad aprovechar el agua generada en bañeras, lavaplatos, lavamanos y lavadoras para su utilización en el vaciado de la cisterna del inodoro:** se caracterizan porque están constituidos a partir de una serie de depósitos, que a través de filtros y utilización de purificadores se tratan las aguas recicladas que después a través de la salida del sistema se llevan a la cisterna del inodoro.

**3. Sistemas para reciclaje de aguas grises a nivel doméstico, que tienen como finalidad aprovechar el agua generada en bañeras, lavaplatos, lavamanos y lavadoras para su utilización en otro tipo de actividades:** se caracterizan porque están constituidos a partir de una serie de tanques de almacenamiento, después se pasa el agua por una serie de filtros y elementos de purificación para que se pueda utilizar después en actividades que no requieran tanto el uso de agua potable.

**4. Sistemas para reciclaje de agua a nivel doméstico e industrial, que tienen como finalidad aprovechar el agua generada en bañeras, lavaplatos, lavamanos y lavadoras, para su utilización en otro tipo de actividades:** se caracteriza porque son sistemas más robustos constituidos a partir de una serie de acumuladores, mediante los cuales hacen pasar el agua a través de los almacenadores aplicando un proceso intensivo de purificación que nos permite obtener una calidad de agua potable 100% consumible.

**5. Dispositivos para reciclaje de aguas grises a nivel doméstico, según reivindicación:** caracterizados porque a la entrada de la cisterna se establece una válvula de tres vías que, controlada por un relé y por un sensor de nivel, determina la carga de la cisterna desde el depósito de reciclaje de agua o de la toma de la red general de suministro cuando dicho depósito esté vacío.

#### **Características existentes del tipo de agua:**

**Aguas reutilizables:** en este apartado se quiere dar una breve explicación de las características físicas, químicas y biológicas más importantes de las aguas residuales domésticas (aguas grises y aguas negras, o bien mixtas), y de las aguas pluviales.

**Aguas residuales domésticas:** las aguas residuales domésticas son la mezcla de las aguas grises y las aguas negras (váter, bidet y cocina). Hay sistemas que separan las aguas grises y las aguas negras para tratarlas por separado, pero otros reciclan directamente el conjunto de aguas residuales, sin hacer distinción entre aguas grises y negras. Lógicamente este efluente de aguas estará más contaminado que el de aguas grises, ya que contendrá una cantidad mucho más alta de patógenos, sólidos en suspensión, nutrientes y materia orgánica. La proporción de generación de aguas grises versus aguas negras en una vivienda es de un 60 – 70% de aguas grises contra un 30 – 40% de aguas negras [Friedler, Hadari, 2006].

**Aguas grises:** la naturaleza química entre las aguas residuales y las aguas grises es muy diferente. Las aguas grises contienen microorganismos patógenos, incluyendo bacterias, protozoos, virus y parásitos en concentraciones suficientemente altas como para representar un riesgo para la salud. Esto hace que las aguas grises deban ser desinfectadas antes de ser reutilizadas, o bien dispuestas de manera que se impida su contacto con los seres humanos. Hay dos tipos distintos de aguas grises. En primer lugar están las aguas grises del baño. Proviene de la bañera, la ducha y el

lavamanos. Constituyen aproximadamente el 59% del total de las aguas grises generadas en la vivienda. Estas aguas están contaminadas con pelos, jabones, champús, tintes para el pelo, pasta de dientes, pelusas, grasa corporal, nutrientes, aceites y otros productos de limpieza. Pueden contener pequeñas cantidades de contaminación fecal (con sus patógenos asociados), proveniente del aseo corporal.

Por otro lado, se tienen las aguas grises del lavadero. Constituyen un 41% del volumen de aguas grises generadas en la vivienda. Estas aguas se contaminan por pelusas, aceites, grasas, detergentes para la ropa, productos químicos, jabones, nutrientes y otros.

Hay una gran variabilidad en la composición química y física de las aguas grises producidas en una vivienda, debido a factores como las fuentes de las que provienen las aguas, los hábitos individuales, los productos empleados (detergentes, champús y jabones).

La mayor dificultad para el tratamiento de las aguas grises es, precisamente, la gran variación de su composición. Los valores de DQO (Demanda Química De Oxígeno) promedio pueden fluctuar desde 40 hasta 371 mg/l, dependiendo de la fuente de origen, y el ratio DQO:DBO (Demanda Biológica De Oxígeno) es de 4:1 aproximadamente [Al-Jayyousi, 2003].

Todas las aguas grises tienen una gran cantidad de sales disueltas, como sodio, calcio, magnesio, potasio. A esto se le debe añadir la deficiencia de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Estos valores bajos de materia orgánica biodegradable o el desequilibrio entre nutrientes limitan la eficacia del tratamiento biológico [Al-Jayyousi, 2003]. Se ha documentado que las aguas grises pueden contener al menos 105/100 ml de microorganismos potencialmente patógenos, como coliformes fecales. Por otro lado, los recuentos totales de coliformes fecales en las aguas puede aumentar en gran medida con unas 48 h de almacenaje, independientemente de la fuente de origen [Rose et al., 1991]. Las aguas residuales provenientes del grifo de la cocina y del lavaplatos, estrictamente, deberían ser consideradas también como aguas grises. Sin embargo, estas aguas contienen una carga más alta de nutrientes y tienen una DBO5 significativamente más alta que las aguas grises que provienen del resto de la casa.

**Aguas pluviales:** en general, las aguas pluviales están consideradas como un suministro seguro de agua, e incluso han sido estudiadas por su potencial uso como fuente de agua potable. Sin embargo, este recurso no está totalmente exento de riesgo para la salud. En general, la calidad del agua que se recoge directamente del tejado es aceptable para suplir usos domésticos que requieran agua no potable. Los contaminantes típicos del flujo de agua que proviene del tejado son materia orgánica, sólidos en suspensión, contaminantes fecales de origen animal (pájaros y otros) y algunos metales. Factores como el tipo de material constructivo del tejado (que puede ser contaminante para las aguas), deposición atmosférica debido a periodos de sequía

anterior (las deposiciones ensuciarían el agua) y condiciones ambientales colindantes (como polígonos industriales o gran afluencia de tránsito), son decisivos para determinar la concentración de contaminantes en el agua, incluyendo las concentraciones de metales pesados.

Particularmente, el material del tejado representa un problema cuando está constituido de metales pesados. Esta situación debe ser evitada con el uso de materiales adecuados para la recogida de aguas pluviales. Investigaciones recientes han demostrado que la exposición de los tejados a rayos UV, calor y sequedad, destruye muchas bacterias, mientras que el viento elimina algunos metales pesados acumulados de las deposiciones atmosféricas [Villareal, Dixon, 2005]. Las aguas pluviales usualmente no contienen contaminantes físicos ni químicos como pesticidas, plomo o arsénico. No tienen color, presentan pocas partículas en suspensión y son bajas en sales y dureza [Abdulla, Al-Shareef, 2009].

Las aguas pluviales normalmente presentan ausencia de contaminantes físicos y químicos como pesticidas, plomo, o arsénico, tienen una baja concentración de partículas en suspensión, y son bajas en sales disueltas y dureza. La calidad del efluente mejora dentro del tanque de almacenamiento. Los biofilms (comunidades de microorganismos que crecen en las paredes) adsorben los metales pesados, la materia orgánica y los patógenos del agua. Muchas bacterias se conglomeran en la superficie del agua, mientras que los metales pesados precipitan hacia el fondo del tanque. La calidad de las aguas pluviales almacenadas varían considerablemente desde su superficie hasta el punto de abastecimiento, situado cerca de la base del tanque, donde la calidad es significativamente mejor [Villareal, Dixon, 2005]. Para preservar la calidad del efluente de aguas pluviales, el tanque de almacenamiento debe limpiarse periódicamente. Las paredes interiores y el fondo del tanque deben fregarse, y se debe limpiar todo el tanque usando cloro para desinfectar, seguido de un aclarado con agua [Abdulla, Al-Shareef, 2009]. Las aguas pluviales recogidas en áreas transitadas, por vehículos o personas, presentan concentraciones de contaminantes más altas que las recogidas en los tejados. Esto es debido a la abrasión de los neumáticos de los vehículos, las pérdidas que gotean los vehículos (aceite de motor, líquido refrigerante, líquido hidráulico), emisiones de los motores, así como el polvo y los excrementos de perros y aves. En las aguas pluviales recogidas de superficies como carreteras o aparcamientos se pueden encontrar importantes concentraciones de cobre, zinc y plomo. Otros contaminantes que incluyen las aguas pluviales urbanas son sólidos en suspensión, materia orgánica, bacterias, hidrocarburos, metales, pesticidas, cloruros, basura y escombros [Nolde, 2006].

## **6.2 Marco contextual**

En la actualidad la mayoría de viviendas construidas, no cuentan con un sistema para evitar en lo posible el desperdicio de agua potable a causa del uso inadecuado de esta, se propone la construcción de este sistema de reciclaje de aguas grises para uso en viviendas, ya que la recolección de aguas grises se haría directamente desde el acueducto, en el área urbana y que sea asequible para la mayoría de consumidores a nivel nacional.

## **6.3 Marco Teórico - Conceptual**

El agua ha sido tema de interés debido al papel vital que este recurso juega en la vida humana y su creciente escasez para abastecer los servicios requeridos.

### **¿Qué es el uso eficiente de agua?**

Este término contiene tres aspectos importantes: el uso, la eficiencia y el agua. El uso significa que es susceptible a la intervención humana, a través de alguna actividad que puede ser productiva, recreativa o para su salud y bienestar. La eficiencia tiene implícito el principio de escasez, (el agua dulce es un recurso escaso, finito y limitado) que debe ser bien manejado, de manera equitativa, considerando aspectos socio-económicos y de género.

El uso eficiente del agua plantea varios desafíos, entre ellos, una implicación directa hacia el seguimiento continuo y la evaluación del desempeño en el tiempo.

Medir es la clave en cualquier acción de uso eficiente del agua. De esta manera, se puede conocer la realidad y se pueden establecer modelos para predecir y planear mejor el futuro, mediante una visión integral.

### **Uso del agua**

Dependiendo de la complejidad de la actividad urbana y de las fuentes de abastecimiento disponibles las cuales pueden ser de origen subterráneo o de origen superficial, en general, el agua se introduce a un sistema de abastecimiento de agua potable que consiste en: obras de captación, un proceso de potabilización, tubería de conducción, tanques de almacenamiento y tubería para la red de distribución. También el sistema de agua potable puede ser alimentado por medio de un pozo, en el cual la mejor forma de extraer el agua es mediante una bomba.

Por lo tanto el agua está lista para ser consumida en los hogares, comercio e industria, para luego ser canalizada mediante un sistema de drenaje por medio de Una conexión domiciliar y con ello realizar un tratamiento del agua residual previa A ser descargado al cuerpo receptor (suelo, río, lago, etc.), o por aplicación directa al suelo.



Otra forma de saneamiento domiciliario es la conexión directa a una fosa séptica en donde se genera el tratamiento y luego es descargado al cuerpo receptor o al suelo.

### **Modelo de reúso**

En estas circunstancias, la idea de la reutilización convierte el gasto en tratamientos en una inversión productiva, pues en lugar de desechar el agua residual (aguas grises), es posible retornar al proceso productivo una fracción del agua residual tratada para que sea acondicionada apropiadamente para su reutilización. Este hecho tiene un efecto benéfico desde el punto de vista del consumo de agua potable. Al reusar agua residual tratada, las necesidades de entrada al proceso disminuyen y, por lo tanto, también la cantidad descargada. Esto trae consigo una cadena de ahorros derivados de varios hechos: primero, por estar consumiendo menos agua del servicio municipal; segundo, por disminuir el gasto de tratamiento (Generalmente proporcional al volumen de agua); tercero, por la disminución en el tamaño del tratamiento final para descarga y, por último, por la posibilidad de utilizar el agua para otros usos o usuarios (García, 1982) [11].

Aunque es necesario encontrar la tecnología apropiada que alcance el nivel de eficiencia requerido, es posible, en la mayoría de los casos, encontrar esquemas de tratamiento orientados al reúso que sean rentables, en los cuales se logren ahorros considerables por un menor consumo de agua fresca. En la medida que la tecnología avanza y los precios reales del agua se incrementan con el tiempo, el esquema de reutilización se volverá cada vez más atractivo.

El agua potable es a menudo un recurso escaso y susceptible de contaminación por las aguas negras (procedentes de los inodoros y cargadas con materias fecales) y grises (procedentes de cocinas y lavamanos, cargadas con detergentes y restos de alimentos y materia orgánica) [11].

### **Método de reúso de agua en una vivienda**

Es un método muy sencillo, pero requiere de previsión al momento de diseñar, rehabilitar o modificar una vivienda. Una persona consume entre 20 m<sup>3</sup> y 25 m<sup>3</sup> cada año de agua potable en el tanque del inodoro, contando como tal en uso doméstico diario de agua un gasto de 129 litros. Hay muchas maneras de reutilizar una parte del agua del abastecimiento, y una de las viables es simplemente reutilizar el agua de desagüe de la ducha, el lavamanos, la lavadora, etc. Para emplearla hacia otras actividades como el vaciado del inodoro, o el lavado de implementos. El tanque por ejemplo utiliza, comúnmente, agua potable, regularmente consume de 6 a 8 litros (depende del tipo de taza sanitaria utilizada).

Reutilizando las aguas grises para su empleo en el tanque se pueden ahorrar aproximadamente quinientos litros a la semana, ya que más de un tercio del agua que se utiliza es para el inodoro (Ecoagua, 1999).

El agua de las duchas, bañeras y lavamanos se puede reutilizar para el tanque del inodoro, donde las aguas grises son almacenadas en un depósito acumulador y por medio de tubería de PVC el agua es conducida para la alimentación del tanque del inodoro, o hacia otras actividades que no requieran un uso de agua potable. En la reutilización de aguas grises se necesita una mayor seguridad en su manipulación, por lo que se recomienda la depuración físico – químicas de las aguas procedentes de duchas, lavamanos y bañeras etc., donde por medio de una malla fina sirva como tamiz para no permitir el ingreso de sólidos y con la aplicación de cloro se desinfecte el agua del depósito ya que se encuentra contaminada.

Hay muchas formas de instalar un sistema de reutilización de agua, la viable energéticamente es aquella que permite prescindir de bombas aprovechando la misma presión del agua, para esto el depósito acumulador y el tanque del inodoro han de estar ubicados a diferentes niveles, o bien se puede aprovechar el agua de un piso superior. En el caso en que no se tenga esta diferencia de altura, o sea una vivienda de un solo nivel, es necesario utilizar una bomba la cual permitiría subir el agua del depósito al segundo nivel o distribuirla en todo el nivel inferior. Por lo tanto es imprescindible un depósito de almacenaje intermedio, un filtro sencillo (para pelos y otros posibles restos) y un sistema que permita al tanque tomar agua limpia en caso de necesidad.

Al tener un excesivo desperdicio de agua doméstica se debe considerar la necesidad de diseñar un sistema reciclador de aguas grises, al mirar las posibilidades es conveniente obtener agua para reciclar de la propia casa, para esto se requiere de un sistema de filtrado, para tal fin utilizar el agua reciclada en la zona donde más consumo existe que es el inodoro, el riego de plantas, o actividades como el lavado de un carro. También se requiere de un sistema de bombeo y captación debidamente estructurado de la mano del sistema eléctrico y mecánico que permita su funcionamiento.

1. Etapa de pre-recolección: en la cual se recoge el agua y se la conduce por tubería hacia un tanque de recolección.
2. Etapa de almacenamiento de aguas grises y distribución: esta es la parte en la cual se almacenan las aguas grises pre recolectadas, y se le da una salida para distribuir el agua hacia la etapa de filtrado.
3. Etapa de filtrado: El proceso en el cual el agua circula por filtros de ciertas características, logrando agua para uso externo y no de consumo.

4. Etapa de almacenamiento de agua reciclada: esta es la parte en la cual se almacena el agua proveniente de la etapa de filtrado, se le da una salida para utilizar el agua hacia donde se le requiera.

El sistema reciclador de agua consta de varios componentes tales como:

**1. Pre-recolector de aguas grises:** el proceso de reciclaje de aguas grises va acompañado de un pre-recolector en forma de L, que tiene como objetivo filtrar en él las partículas de gran tamaño que puedan obstruir las bombas, válvulas o elementos al inicio del proceso de almacenaje del sistema que se puedan taponar, con el fin de lograr obtener un correcto funcionamiento, y de esta manera poder almacenar las aguas grises en un tanque de buena capacidad para su posterior reciclaje.

**2. Bomba eléctrica de agua:** la bomba eléctrica es utilizada para impulsar el líquido desde el tanque de almacenamiento de aguas grises y de pre-recolección y tiene como función garantizar el transporte constante del líquido cada vez que el sistema lo requiera. Se utiliza una bomba centrífuga horizontal completamente silenciosa, para trabajar con aguas limpias en aplicaciones domésticas, riego y conjuntos hidroneumáticos de presión.

### **3. Filtrador**

**3.1 Filtro de arena.** Son muy efectivos para retener sustancias orgánicas, pues pueden filtrar a través de todo el espesor de arena, acumulando grandes cantidades de contaminantes antes de que sea necesaria su limpieza.

El equipo de filtración de este tipo consta de un solo filtro o de una batería de filtros que funcionan en paralelo. La filtración se lleva a cabo haciendo pasar el líquido a tratar, a través de un lecho de arena de graduación especial. El tamaño promedio de los granos de arena y su distribución han sido escogidos para obtener las distancias mínimas entre granos, sin causar pérdidas de altas presiones.

El agua sin tratar contiene normalmente sólidos en suspensión. Los cuales son indeseables o perjudiciales para uso en aplicaciones industriales o domésticas. Los filtros de arena a presión eliminan las partículas finas y la materia coloidal coagulada previamente.

Las partículas atrapadas en el lecho se desalojan fácilmente invirtiendo el flujo a través de la unidad. Esto hace expandir la arena, limpiándose por acción hidráulica y por fricción de un grano con otro.

**3.2 Filtro carbón activado.** El filtro de carbón funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El

carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes. Se diseña normalmente para remover cloro, sabores, olores y demás químicos orgánicos.

Las propiedades de este medio filtrante hacen que las materias orgánicas y las causantes de olores y sabores, al igual que el cloro residual que se encuentra en el agua, sean absorbidas en las superficies del medio filtrante, eliminándolas así del líquido a tratar.

Algunas de sus aplicaciones son:

- Remoción de olores, sabores, cloro residual y materia orgánica de aguas de procesos cuando estas lo requieran.
- Preparación de aguas libres de cloro, sinsabores e inodoras para uso en las industrias de bebidas gaseosas y productos alimenticios.
- Remoción de cloro y materia orgánica de aguas de alimentación para equipos de desmineralización.
- Tratamiento final de aguas negras y aguas de desechos industriales, para remover materia orgánica y olores.

**El filtro utilizado en este caso tiene que:** asegurar mediante su precisión un determinado grado de limpieza del líquido a tratar, asegurar mediante fiabilidad un funcionamiento ininterrumpido y sin perturbaciones de todo el sistema.

## 7. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

### 7.1 Entorno

El agua potable es un bien cada vez más escaso que se debe proteger, tanto a nivel institucional como empresarial o particular. De los 1,4 millones de km<sup>3</sup> de agua que hay en el planeta, sólo el 2,5% es dulce, y la mayor parte se encuentra en casquetes polares, glaciales o nieves perpetuas. Y de toda ella, sólo el 0,4% es potable. En resumen, de toda el agua del Planeta, con sus polos, mares, océanos, ríos, lagos, acuíferos subterráneos, etc., sólo el 0,007% es potable. Se desperdician litros de ella al tirar de la cadena del baño o al fregotear el suelo con ella. Pero esto puede evitarse.

Con la toma de conciencia de un ahorro de agua, y la utilización de nuevas tecnologías se pueden lograr sistemas que logren un ahorro significativo de agua potable, mirando desde el hecho de que en los hogares es donde hay más desperdicio de este vital líquido, y así mismo allí es en donde se generarían la mayor cantidad de aguas grises que pueden ser aprovechadas para su reutilización [12].

De toda el agua disponible en el mundo, solamente el 3% es agua fresca. Menos de un tercio del 1% de esta cantidad es apta para el consumo humano. El resto yace congelada en los cascos polares, o se encuentra a grandes profundidades dentro de la tierra, fuera de nuestro alcance. Para ponerlo otra manera, si 100 litros representan el agua de todo el mundo, poco más de la mitad de una cuchara de sopa es el agua de la que se dispone. Sin embargo, el agua dulce es esencial para nuestra existencia, ella permite que se produzca alimentos, se fabriquen mercancías y se mantenga nuestra salud. De hecho, cerca de 70% de nuestro cuerpo es agua. El consumo global de agua ha crecido casi diez veces desde el año 1900, y en muchas partes del mundo ahora se están alcanzando los límites de extracción. Se espera que la población del mundo aumente en 45% durante los treinta años venideros, y al mismo tiempo se espera que la escasez de agua dulce aumente en un 10%. La UNESCO ha predicho que para el año 2020 la escasez de agua será uno de los problemas más serios que afrontarán nuestras civilizaciones.

De continuar así, el agua comenzará a escasear, por tal motivo, el costo de potabilización se elevara dejando a muchas zonas sin el líquido vital provocando exabruptos y hasta guerras por el agua.

### 7.2 Condiciones del objeto de estudio

- Implicación del concepto “Uso eficiente del agua”.
- Falta de conciencia que no genera responsabilidad por parte de la población.

- Interés por parte de entidades dedicadas a la preservación y al cuidado del medio ambiente.

El agua es un recurso finito pero, tiene la virtud de reciclarse de manera permanente a través del ciclo hidrológico. Este singular hecho ha llevado a suponer que se trataba de un bien público de libre disponibilidad con el cual no había problemas. Los hechos muestran otra cosa: hay escasez.

El principal problema que se afronta es el que se da en los hogares, donde al parecer es donde se genera mayor desperdicio de agua, teniendo en cuenta esto entonces nuestro punto de enfoque deberá ser allí, para poder lograr y generar de manera directa un ahorro de agua.

Los usos del agua en los hogares pueden clasificarse en interiores y exteriores:

- Usos interiores: una indicación para la distribución del uso interior es la que puede utilizarse hasta un 35% del consumo interior en los inodoros; un 30% en las duchas, un 20% en las lavadoras de ropa, entre un 3-10% en las llaves de lavaderos y lavamanos y un 5% en los lavaplatos.
- Usos exteriores: las actividades principales del uso exterior son: riego de jardines, lavado de automóviles, llenado de piscinas, pequeños cultivos en las huertas caseras, limpieza de marraneras, sobre todo en zonas rurales, entre otras. En aquellos domicilios que cuentan con jardines puede llegar a utilizarse hasta un 50% del agua en el exterior.

Considerando estos aspectos y observando los usos interiores que se le dan al agua, se considera un aspecto fundamental y es el nivel de contaminación que tienen este tipo de aguas, aguas denominadas grises, que tienen la facilidad de poder ser recicladas y reutilizadas [13].

### **7.3 Solución del problema**

La solución más adecuada es un sistema de reciclaje de aguas grises, mediante el cual se conseguirá un ahorro significativo de agua y posterior reciclado de esta, que ayudara a ir generando una cultura de uso eficiente del agua, permitiendo a las personas tener una opción viable de reciclaje a la hora de utilizar agua en usos internos y agua reciclada en usos externos.

#### **7.4 Objetivo y alcance**

El objetivo principal del proyecto es la construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar.

El sistema comienza con una etapa de pre-recolección ubicada al inicio en forma de L, en el interior del tanque de pre-recolección se encuentra un filtro de carbón activado que impide el ingreso de grandes partículas al sistema para evitar obstrucciones, a la salida de este tanque se encuentra una bomba, esta es la encargada de llevar las aguas grises pre-recolectadas al sistema de almacenamiento de estas aguas, el ingreso a este tanque se da mediante una electro-válvula, al interior del tanque están los sensores de nivel ubicados en puntos inferiores, medios y superiores que permitirán saber el nivel de agua que en ese momento tendrá el tanque.

A la salida del primer tanque de almacenamiento se encuentra una bomba ubicada en la parte inferior desde donde se bombeara el agua hacia un tanque de filtrado mediante arena, mediante otra bomba se hará pasar agua a través de un filtro de membrana para finalmente conducir el agua filtrada y ya reciclada a un segundo tanque de almacenamiento de mayor capacidad desde donde se puede utilizar el agua contenida allí a través de un surtidor para cualquier uso, excepto su consumo, esta descripción dará a entender el objetivo propuesto en este proyecto.

## 8. DISEÑO METODOLÓGICO

### 8.1 Hipótesis del trabajo

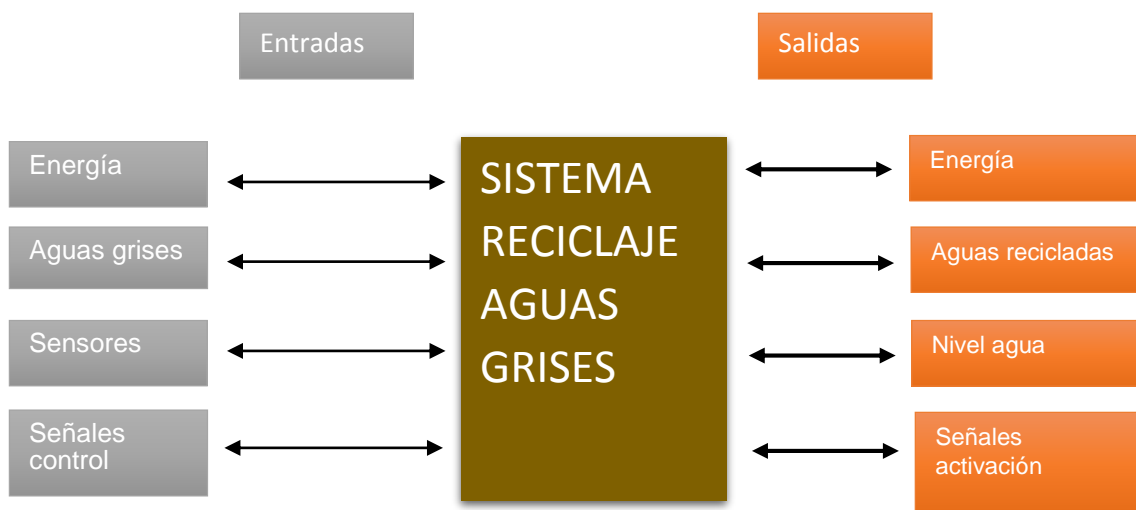
Se podrán utilizar las aguas grises generadas en el hogar para diseñar y simular un sistema de reciclaje mediante la utilización de componentes eléctricos y mecánicos que permita volver a utilizar estas aguas y así contribuir a un ahorro significativo de agua potable, que beneficie tanto a la población como al medio ambiente.

### 8.2 Generación de conceptos

#### 8.2.1 Descomposición funcional

Mediante la figura 1 se ilustra el proceso en funciones que permitan apreciar de forma simple el proceso de control del sistema, con el fin de lograr describir específicamente cual es la responsabilidad de cada elemento respecto a las entradas y salidas que se tuvieron en cuenta para su diseño y simulación.

**Figura 1. Caja control del sistema**



**Fuente: autor**

La Figura 1 muestra el esquema de funcionamiento de la caja de control del sistema, en donde se observa de manera simplificada lo que se pretende al diseñar este tipo de sistemas, inicialmente el sistema trabajará con energía eléctrica para la alimentación de los diferentes componentes eléctricos, las aguas grises y recicladas se tratarán por medio de una etapa de filtración y control del proceso por medio de señales internas o externas al proceso.



### **8.3 Conceptos generados**

- **Almacenar o aceptar Energía Externa**
  - Energía eléctrica tomada desde una pared
  - Energía eléctrica tomada desde una batería Celdas solares.
  - Energía eólica
  - Energía hidráulica
  - Calentamiento de vapor
  
- **Convertir energía a señales de control**
  - Controlador Lógico Programable (PLC)
  
- **Determinar tiempos de cada etapa**
  - Relés conectados a diagramas eléctricos
  - Contadores Internos del PLC
  
- **Servo actuadores para flujo de agua de los tanques**
  - Válvulas solenoides
  - Válvulas de bola
  
- **Extracción de agua**
  - Bombas Eléctricas
  
- **Almacenar agua de entrada y de salida**
  - Tanques cilíndricos
  
- **Sensor nivel**
  - Sensores de flotador
  - Sensores resistivos de pulsador
  
- **Mostrar Variables al usuario**
  - LED
  - Multímetro

## 8.4 Arquetipos

En el cuadro 1 se dan a conocer los elementos físicos principales que tiene el sistema de reciclaje de aguas grises, con sus elementos funcionales, derivados de los conceptos generados de la etapa anterior, mediante los cuales se generan las diferentes arquitecturas necesarias para el sistema, teniendo en cuenta la aplicación de una arquitectura modular para su diseño.

### 8.4.1 Arquitectura del sistema

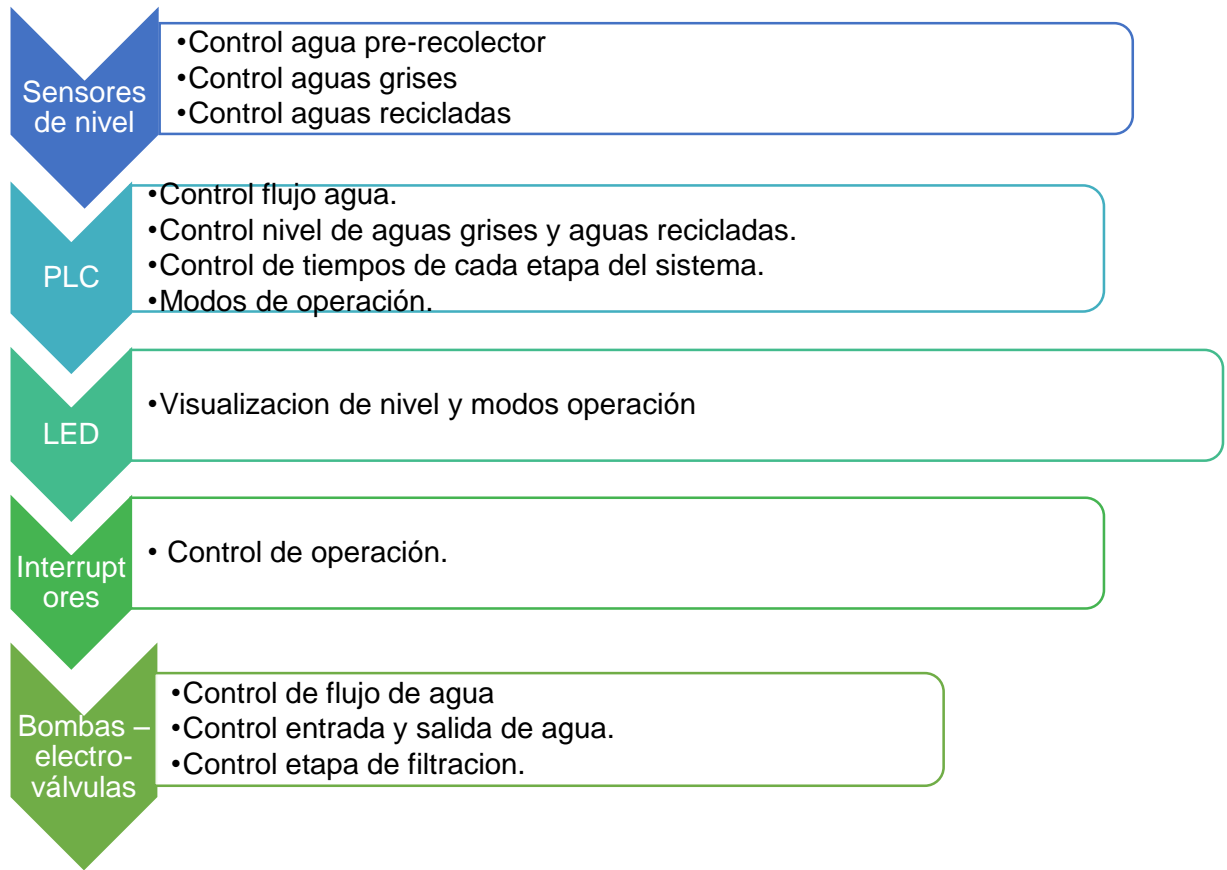
**Cuadro 1. Arquitectura del sistema**

CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL SISTEMA DE RECICLAJE DE AGUAS GRISES EN EL HOGAR		
ARQUITECTURA DEL SISTEMA		
ALIMENTACION ELECTRICA	RED ELECTRICA	110Vac - (60Hz)
CONTROL Y VISUALIZACION DE VARIABLES	PLC	
	SENSORES	NIVEL
ALMACENAMIENTO Y PRE- RECOLECCIÓN	TANQUES	ARENA
		AGUA TRATADA
	TUBERIAS	PVC
	COLECTORES	PVC
SISTEMA DE FITLTROS	LECHOS	ARENA
		CARBON ACTIVADO
SISTEMA RECICLAJE AGUAS GRISES	TANQUES	
	PRE-RECOLECTORES	
SERVOACTUADOR	BOMBAS	
	ELECTRO-VALVULAS	
OTROS	VALVULAS MANUALES E INTERRUPTORES	

### 8.4.2 Arquitectura electrónica

Por medio de la figura 2 se observa de forma precisa la función de cada elemento electrónico en el sistema de reciclaje de aguas grises, donde se puede apreciar fundamentalmente cuatro etapas. Control por medio del PLC (Controlador Lógico Programable), visualización de nivel, censado de nivel e instrumentación del sistema permitiendo el desarrollo del proceso a controlar.

**Figura 2. Arquitectura electrónica**



**Fuente: autor**

### **8.4.3 Arquitectura mecánica**

La arquitectura mecánica, tiene gran importancia en el proceso de sistema de reciclaje, debido a que en esta se encuentran elementos como tanques, tubería, que me permiten determinar por ejemplo: capacidad de almacenamiento, diámetro de las tuberías para las respectivas bombas y electro-válvulas para que el sistema funcione de manera adecuada ya que esta representa el medio físico como tal del sistema.

**Figura 3. Arquitectura Mecánica**



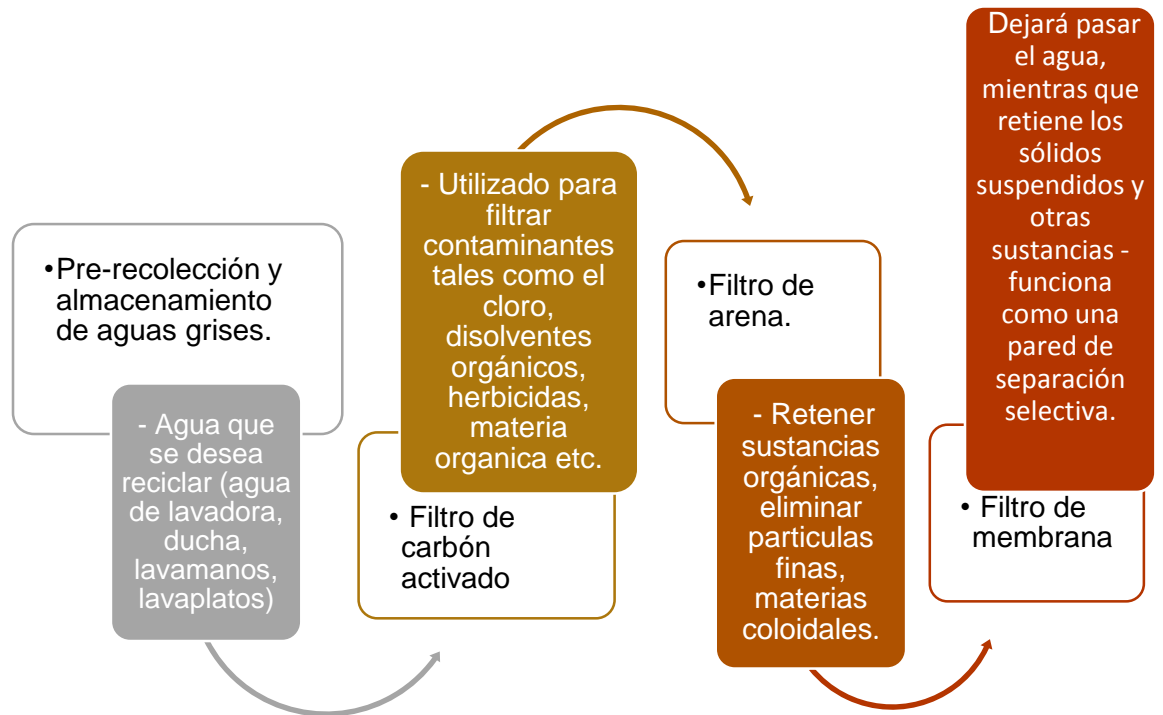
**Fuente: autor**

#### **8.4.4 Proceso de filtrado**

Generalmente los sistemas de reciclaje de aguas grises trabajan con etapas de filtración, con el fin de garantizar los mejores resultados respecto a la purificación del agua, para nuestro sistema optamos por realizar una etapa de filtrado que consta de un filtro de membrana, un filtro de arena y un filtro de carbón activado.

Al diseñar un sistema de reciclaje de aguas grises con etapas de filtración, se debe tener en cuenta el factor físico-químico, el cual nos permite entender detalladamente el proceso de tratamiento del agua.

**Figura 4. Proceso de filtrado**



**Fuente: autor**

## 8.5 Funcionalidad de cada elemento físico

**Cuadro 2. Funcionalidad de elementos físicos**

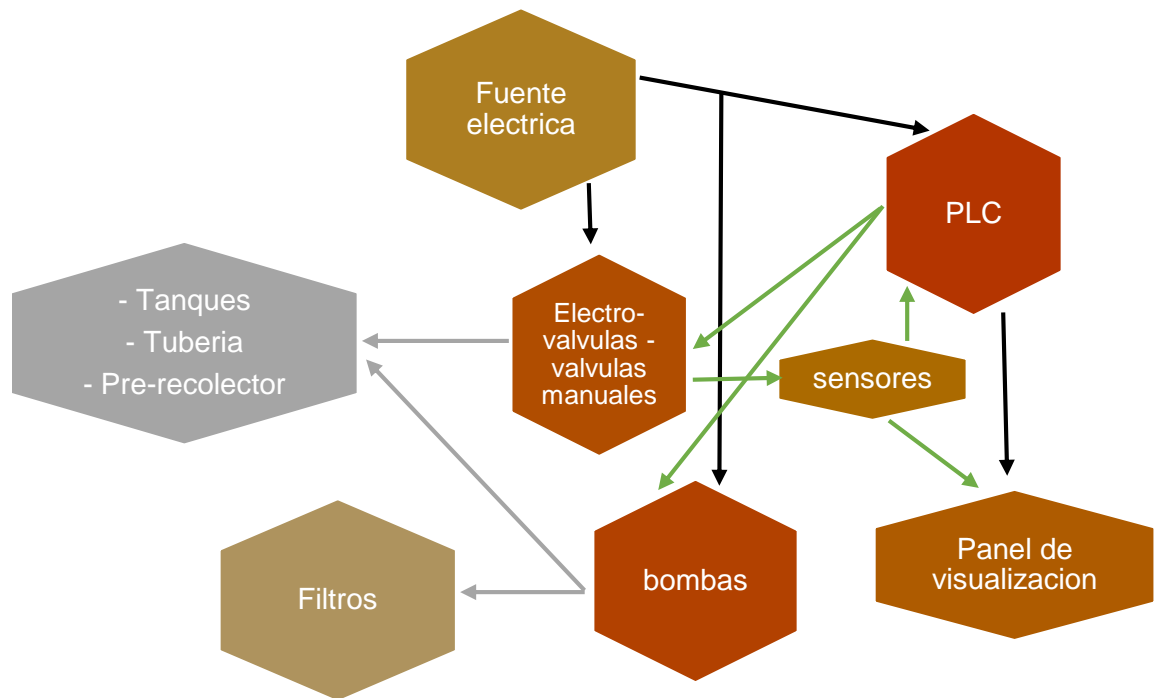
ELEMENTO FISICO	ELEMENTO FUNCIONAL
Red eléctrica 110 VAC , 60Hz.	Provee la energía eléctrica del sistema
PLC	Elemento encargado de procesar y controlar el sistema de reciclaje de aguas grises.
Leds	Medio que permite la visualización de nivel de agua de los tanques de almacenamiento de aguas grises y agua reciclada.
Electro - Válvulas	Permiten el paso controlado del agua a mediante estímulos eléctricos.
Bombas	Generan presión en el proceso para el constante fluido del agua.
Sensores	Dan a conocer información externa del proceso.
Tanques de almacenamiento, pre-recolección y filtrado.	Almacenan, tratan, protegen el agua, para el correcto funcionamiento del reciclado de aguas grises.
Tuberías	Medio físico encargado de transportar el agua de una de un lugar a otro a través del sistema.

## 8.6 Interacción entre elementos físicos del sistema

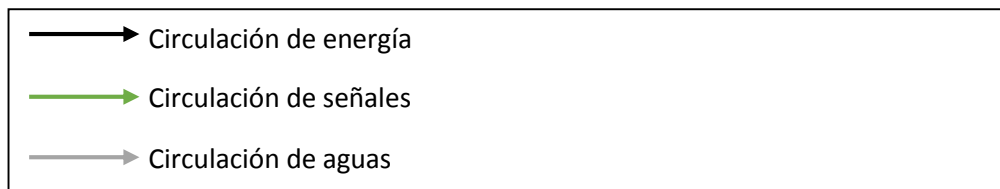
Por medio de la figura 5 se muestra de forma clara cómo funcionan los respectivos componentes físicos, con sus funciones.

Mediante esta se detalla de manera más generalizada como es la interacción entre todos los elementos físicos del sistema para que este funcione de manera correcta.

**Figura 5. Interacción entre elementos físicos del sistema**



**Fuente: autor**



En la figura 5, se puede observar como es la interacción entre los elementos físicos del sistema, los cuales juegan un papel fundamental como el PLC, los sensores, los cuales envían señales necesarias para las electroválvulas y bombas para el funcionamiento de cada etapa del sistema; ya que de estos depende la circulación de las aguas según lo indique el controlador; y el uso

de tanques, pre-recolectores, las tuberías, la red eléctrica y filtros, que permite manejar el proceso de reciclado [14].

## 8.7 Método o estructura de unidad de análisis, criterios de valides y confiabilidad

### 8.7.1 Método o estructura de la unidad de análisis

Según los siguientes datos, obtenidos a partir de un estudio previo realizado, se ve expresado el consumo de agua en los diferentes escenarios que hay en un hogar:

#### El cuarto de baño

Una llave abierta	10 litros x minuto
Llenar una tina	300 litros x minuto
Regadera	100 litros x 5 minutos
Llavarse los dientes	20 litros sin cerrar la llave
Inodoro	de 6 a 18 litros cada vez

#### La cocina

Lavando platos	100 litros x 10 minutos
Lava trastes	30 litros x ciclo
Gotera	150 litros diarios
Para lavar un vaso	7 vasos
Una cubeta	15 litros
Lavando ropa	200 litros x lavadora

#### Fuera de casa

Lavar el carro con manguera	500 litros
Lavar el carro con cubeta	50 litros
1 m2 de jardín	25 litros a la semana
Manguera abierta regando	1800 litros por hora <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tomado de: [www.japac.gob.mx](http://www.japac.gob.mx)

Se tienen en cuenta algunas variables las cuales son necesarias evaluar y saber de ellas en el desarrollo del proyecto, también se tuvieron en cuenta las siguientes variables a medir para la recolección de los datos anteriores, las cuales son:

### **Variables dependientes**

<b>Variables</b>	<b>Unidad</b>
Tiempo	s
Volumen	cm <sup>3</sup>
Presión	psi
Resistencia eléctrica	ohm

### **Variables independientes**

<b>Variables</b>	<b>Unidad</b>
Corriente eléctrica	mA
Voltaje tensión	V

### **8.7.2 Criterios de validez**

Para medir las variables previamente analizadas, utilizamos los siguientes elementos de medición, combinada con algunas variables utilizadas en los instrumentos de medición utilizados en el desarrollo del proyecto.

#### **Multímetro Digital**

Un multímetro digital es un instrumento de laboratorio capaz de medir voltaje de CD, voltaje de CA, corrientes directas y alterna, temperatura, capacitancia, resistencia, inductancia, conductancia, caída de voltaje en un diodo, conductancia y accesorios para medir temperatura, presión y corrientes. El límite superior de frecuencia de este instrumento digital queda entre unos 10 kHz y 1 MHz, dependiendo del diseño del instrumento.

### **8.7.3 Validez interna**

#### **Volumen**

- Mide el ancho, la longitud y la altura del agua en metros.
- Multiplica el ancho, la longitud y la altura para calcular el



- volumen en metros cúbicos. La fórmula es  $V = W \times L \times H$ , donde V es el volumen, W es el ancho, L es la longitud y H es la altura.
- Para convertir los metros cúbicos a litros, multiplica por 1.000. De metros cúbicos a galones, multiplica por 264,17.

## Presión

- Usa la fórmula de la presión hidrostática  $P = pgh$ , donde p es la densidad del agua en kg por metro cúbico, g es la constante de aceleración de la gravedad, h es la altura del agua por encima de la válvula en metros y P es la presión en pascales. Para el agua cerca del nivel del mar,  $p = 1.000$  kg por metro cúbico y  $g = 9,81$  metros por segundos al cuadrado.
- Para convertir los pascales a psi, divide entre 6.894,76.
- Utiliza este ejemplo como una guía para calcular la presión del agua en un tanque. La altura del agua en un tanque es de 4 metros por encima de la válvula. Aplicando la fórmula de la presión hidrostática, nos da que  $P = (1.000) \times (9,81) \times (4)$
- $= 39.240$  pascales. En libras por pulgada cuadrada, la presión es de  $39.240 / 6.894,76 = 5,69$  psi.<sup>2</sup>

## Definición de ampere

Un ampere (**1 A**) se define como la corriente que produce una tensión de un volt (**1 V**), cuando se aplica a una resistencia de un ohm (**1  $\Omega$** ).

### 8.7.4 Validez externa

#### Corriente eléctrica

La corriente eléctrica se designa con la letra (**I**) y su unidad de medida en el Sistema Internacional (**SI**) es el **ampere** (llamado también "amperio"), que se identifica con la letra (**A**).

De acuerdo con la Ley de Ohm, la corriente eléctrica en ampere (**A**) que circula por un circuito está estrechamente relacionada con el voltaje o tensión (**V**) y la resistencia en ohm ( **$\Omega$** ) de la carga o consumidor conectado al circuito.

#### Caudal

Puedes calcular el caudal, el volumen y la presión en un tanque de agua con las fórmulas de la física. El volumen es la cantidad de espacio que ocupa un objeto, y

---

<sup>2</sup> Tomado de: <http://www.ehowenespanol.com>

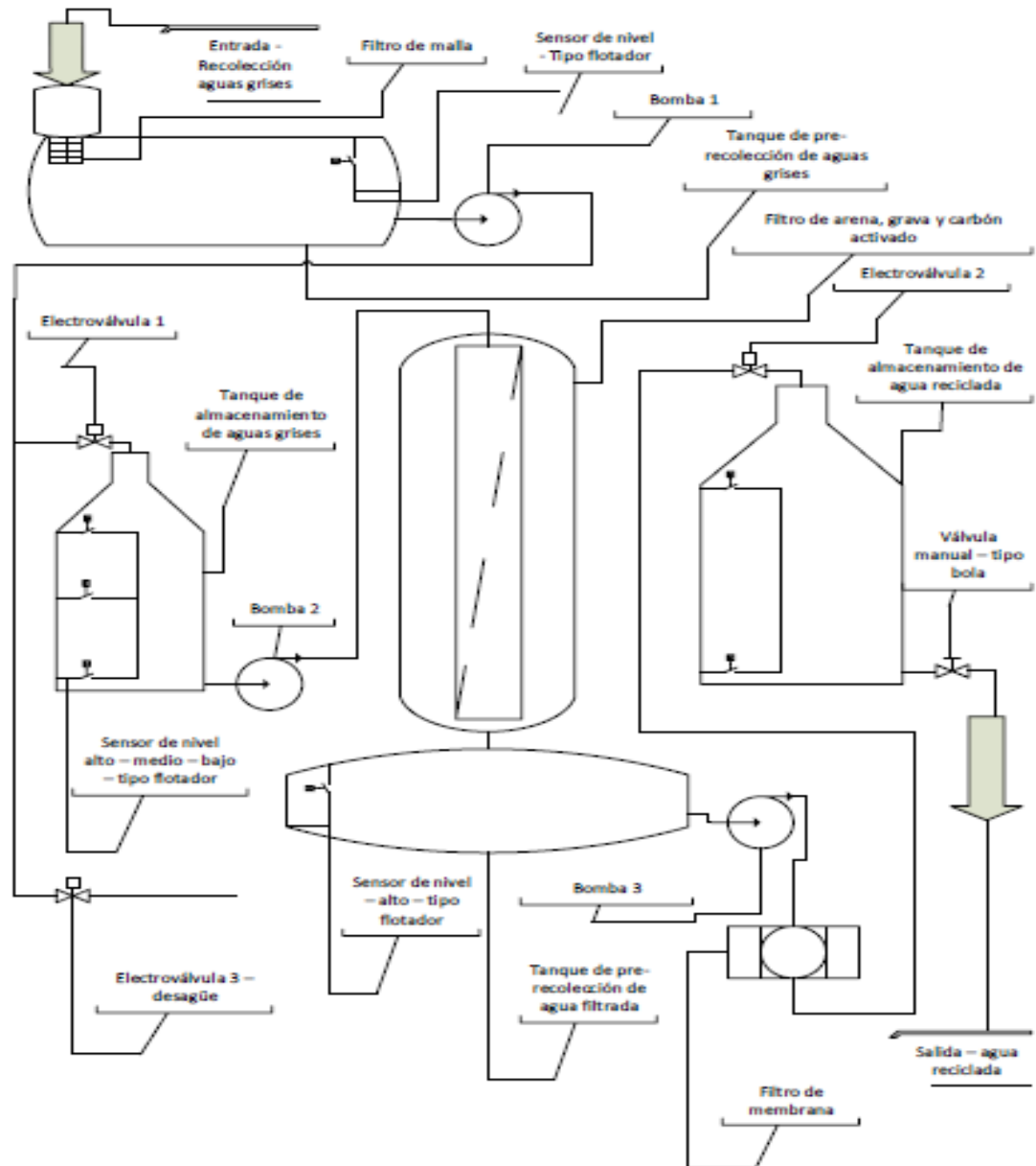
puede ser medido en litros, galones o metros cúbicos. El caudal es la velocidad a la que un cierto volumen de líquido pasa a través de una abertura, y puede ser medido en litros por segundo o galones por minuto. La presión es la cantidad de fuerza por unidad de área cuadrada, y se mide en libras por pulgada cuadrada (psi) o Newtons por metro cuadrado (pascales).

- Coloca un recipiente vacío debajo del grifo o la válvula de escape.
- Abre la válvula y usa el cronómetro para medir el tiempo que fluye el agua durante 15 segundos
- Mide el número de litros o galones en el recipiente y divide esa cifra entre 15. Esto te da el caudal en litros por segundo o galones por segundo. La fórmula es  $F = V/T$ , donde F es la velocidad del flujo, V es el volumen y T es el tiempo.
- para convertir a litros por minuto o galones por minuto, multiplica el número obtenido anteriormente por 4.

## 9. DESARROLLO DEL SISTEMA

### 9.1 Diagrama general del sistema

Figura 6. Diagrama general del sistema



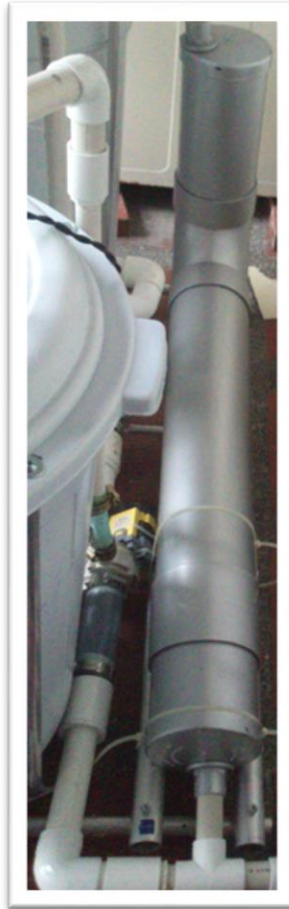
Fuente: autor

## 9.2 Segmentos principales del sistema

El proceso de construcción del sistema consta de los siguientes segmentos para su construcción ya que con estos se da a conocer el esquema final del sistema, que permita observar sus componentes, su funcionalidad y su estética.

- Pre-recolección

**Figura 7. Etapa de pre-recolección.**



**Fuente: autor**

- Almacenamiento

**Figura 8. Etapa almacenamiento aguas grises y agua reciclada.**



**Fuente: autor**

- Filtrado

**Figura 9. Etapa de filtración.**



**Fuente: autor**

### 9.3. Ecuaciones matemáticas a tener en cuenta

Para la construcción del sistema de reciclaje de aguas grises, es importante tener en cuenta algunas ecuaciones matemáticas que ayuden a obtener medidas de los tanques y tuberías.

- Caudal:

$$A = \frac{Q}{V_f}$$

Ecuación para cálculo caudal

Dónde:

**A**= área (ft<sup>2</sup>).

**Q**= Caudal (galones por minuto (gpm)).

**V<sub>f</sub>**= Velocidad final (gpm/ft<sup>2</sup>).

- Área:

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

Ecuación para cálculo de área

Dónde:

**A**: área (ft<sup>2</sup>).

**D**: Diámetro (ft).

#### 9.3.1 Análisis de bomba

A la hora de seleccionar la bomba se optó por una con las siguientes características para su funcionamiento.

- Tipo de fluido: Agua de acueducto
- Temperatura de trabajo: 20°C - 30°C
- Caudal: 2 GPM
- Diámetro de la tubería: 1.5”-1” respectivamente.

### 9.3.2 Bomba utilizada

**Figura 10. Bomba utilizada para el sistema.**



**Fuente: autor**

### 9.4. Construcción y adecuación del filtro

Se realizó una consulta acerca de los filtros de arena existentes en el mercado, se encontraron muchas variedades y se optó por un filtro de pequeña capacidad de arena y grava debido a la clase de agua a manejar y a los requerimientos del sistema.

Los filtros de arena, grava y carbón que funcionan a presión, manejan una mayor cantidad de flujo de agua en menor tiempo, en comparación con el que funciona por gravedad, como el agua del sistema no tiene tantos contaminantes y se maneja un caudal continuo, el filtro de arena a presión es la mejor opción. Ya que su capacidad de filtrado depende en gran parte del tamaño de grano de arena, grava y carbón.

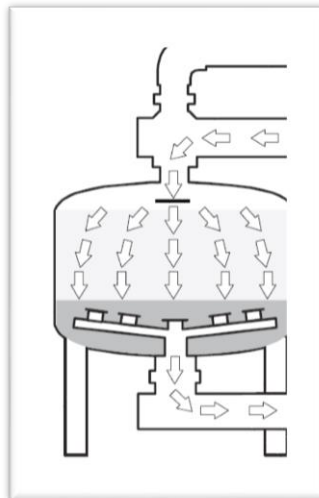
El retrolavado es una característica de los filtros de arena a presión que cuentan con esta conexión, no es más que con una válvula principal tipo manual la cual cambia el sentido de circulación del agua provocando que dentro del tanque de arena, grava y carbón el flujo contrario levante o mueva todos los sólidos que se encuentran depositados en la superficie del filtro provocando una limpieza de este para que tenga

más vida útil, el agua contaminada utilizada para este procedimiento es dirigida por otra salida mediante una válvula al desagüe.

#### 9.4.1 Principios de operación

El principio de la filtración usando una cama de arena, grava y carbón filtradora es muy simple. El agua proveniente del tanque de almacenamiento de agua gris se lleva a través de una bomba y es introducida en la parte superior de la cama de arena del tanque. Un plato difusor en la garganta superior del tanque sirve para reducir la velocidad del agua y distribuir uniformemente el agua a través de la parte superior de la cama filtrante. La cama de arena es una capa de arena silica triturada de tamaño graduado de aproximadamente 50 cm de profundidad, la cama de carbón utilizada es tipo activado con una profundidad de 30 cm. Los contaminantes en el agua son capturados en la cama de arena y el agua filtrada pasa después por la cama de carbón y grava para que finalmente pase por el colector de descarga, ubicado en el fondo del tanque.

**Figura 11. Comportamiento del flujo de agua en el filtro.**



**Fuente: [www.fresno.com](http://www.fresno.com)**

Los filtros utilizados son efectivos para filtrar tanto contaminantes orgánicos, como inorgánicos. El tamaño mayor y la naturaleza tridimensional de la cama de arena proveen más área de filtrado y tienen una mayor capacidad de retención que muchos otros tipos de filtros.

El sistema colector del filtro construido está compuesto por un elemento colector en forma de círculo, mediante un tubo de pvc que cubren el fondo entero del tanque, como una rejilla que no deja pasar partículas de la capa filtrante de grava. La amplia cobertura del sistema permite una mejor distribución del agua de retrolavado a las capas filtrantes. El montaje hecho para el retrolavado previene, efectivamente, que la



arena entre en el sistema y por su diseño permita la obstrucción por arena. El propósito de la grava es reducir la alta velocidad del agua de retrolavado y crear un flujo muy uniforme, capaz de elevar suavemente la arena en la forma más eficiente posible. El retrolavado eficiente resulta en una cama de arena más limpia y ciclos de vida del filtro más duraderos.

#### **9.4.2 Cómo se lleva a cabo el retrolavado**

La operación de retrolavado se realiza lavando secuencialmente el tanque en una serie de lavados. Para retrolavar un tanque, la pequeña válvula de control de una vía permite el retrolavado, es puesta en la posición ON (accionada), de forma manual. Esto permite que el agua presurizada desde el sistema lave el tanque de adentro hacia fuera.

#### **9.4.3 Duración del retrolavado**

La duración del retrolavado depende de las características de los contaminantes y la frecuencia del con que se realice este. Un lavado de 50 segundos (tiempo que demora la bomba 2 del sistema en vaciar el agua de tanque 1 de adentro hacia fuera del filtro) de duración debería ser adecuado si los contaminantes capturados son partículas grandes pero como estas ya han sido eliminados durante una etapa anterior al sistema lo que más se acumularía serian partículas pequeñas y capas jabonosas debido al tipo de aguas en la superficie de la cama de arena, el retrolavado ya dependería de la profundidad a la que han migrado las partículas, lo que está directamente relacionado a la frecuencia con que se lava el filtro. Por lo dicho anteriormente es importante que se esté observando periódicamente y realizar una secuencia de lavado con un tiempo de duración más largo suficiente para remover todos los contaminantes. El agua que se utiliza para el retrolavado es dirigida del tanque de almacenamiento de agua gris lo que se utilice este filtro de manera más eficiente.

Antes de colocar a funcionar el filtro por primera vez se debe realizar un lavado de este hacia el desagüe para hacer una limpieza de las camas de filtrado, esto permite remover el polvo que se encuentra en ellas, las cuales son partículas pequeñas que se han desprendido de la arena, la grava y el carbón activado.

**Figura 12. Agua obtenida después de la primera vez de filtrado.**



**Fuente: autor**

**Cuadro 4. Datos obtenidos del filtro de arena**

<b>Variable</b>	<b>Cantidad</b>
Área del tanque	2ft <sup>2</sup>
Diámetro	9"
Volumen del lecho	2ft <sup>3</sup>
Altura del tanque	33"

#### 9.4.4 Filtro construido

Figura 13. Filtro de arena, grava y carbón



Fuente: autor

#### 9.4.5 Adecuación tanque almacenamiento de aguas grises

Para este tanque, se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones:

- Capacidad de almacenamiento: 40 litros.
- Material del tanque: polímero
- Altura: 60 cm
- Sellamiento: Tapa agujereada a los lados para acople con tanque.
- Entrada de agua: orificio ubicado en la tapa del tanque
- Salida: perforación lateral inferior para acople a tubería.

**Nota:** Se tuvieron en cuenta estas especificaciones para la compra, no se hicieron los respectivos cálculos para este ya que a la hora de implementarlos se consiguen tanques con este tipo de características y no es necesario mandar a fabricarlo.

#### 9.4.6 Tanque Aguas grises

Figura 14. Tanque almacenamiento aguas grises.



Fuente: autor

#### 9.5. Adecuación tanque almacenamiento de aguas recicladas

Para adecuación de este tanque, se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones, tomando como referencia el diseño del tanque anterior:

- Capacidad de almacenamiento: 60 litros.
- Material del tanque: polímero
- Altura: 70 cm
- Sellamiento: Tapa agujereada a los lados para acople con tanque.
- Entrada de agua: orificio ubicado en la tapa del tanque
- Salida: perforación lateral inferior para acople a tubería.

**Nota:** Se tuvieron en cuenta estas especificaciones para la compra, y no se hicieron los respectivos cálculos para este ya que a la hora de implementarlos se consiguen tanques con este tipo de características y no es necesario mandar a fabricarlo.

### 9.5.1 Tanque Aguas Recicladas

**Figura 15. Tanque almacenamiento aguas recicladas.**



**Fuente: autor**

### 9.6. Construcción tanque de pre-recolección de aguas grises

Para la construcción, se tomaron en cuenta las siguientes especificaciones requeridas para el sistema:

- Capacidad de almacenamiento: 8 litros.
- Material del tanque: PVC
- Altura: 60 cm
- Diámetro: 114 cm
- Sellamiento: Tapa 4".
- Entrada de agua: orificio ubicado en la tapa donde se encuentra el acople de filtro
- Salida: perforación inferior para acople a tubería.

Es de vital importancia este tanque de pre-recolección y se construyó de acuerdo a un diseño ya elaborado, para que de acuerdo a estas características este incorporara un pequeño filtro a la entrada que no permita pasar objetos de gran

tamaño que puedan obstruir las tuberías, y así asegurar que el sistema funcione correctamente desde el inicio hasta el final del proceso.

### 9.6.1 Construcción tanque pre-recolección

**Figura 16. Tanque de pre-recolección.**



**Fuente: autor**

**Figura 17. Ubicación esquemática del filtro para el tanque de pre-recolección.**



**Fuente: autor**

## 9.7. Construcción tuberías del sistema

El cálculo del diámetro de las tuberías se realizó con respecto a las salidas y entradas de las bombas y electro-válvulas tomadas como referencia a la hora del diseño para evitar inconvenientes al realizar los acoples de tubería a cada etapa del sistema.

### 9.7.1 Datos obtenidos

#### Cuadro 5. Datos de las tuberías.

Elementos	Entrada/salida – Diámetro
<b>Bomba</b>	1,5"/1"
<b>Electro-válvula</b>	1"/1"
Tubería	1,5"/1"

### 9.7.2 Construcción tuberías

Figura 18. Esquema tuberías



Fuente: autor

## 9.8. Instrumentación del sistema

### 9.8.1 Válvulas

Las válvulas en el proceso de reciclaje de aguas grises controlan los procesos de llenado de acuerdo al sistema de control que el sistema maneje, se logra tener un control total gracias a estas.

Las válvulas son dispositivos electromecánicos que impiden o permiten el flujo de líquidos, en este caso agua, hacia los lugares que el sistema lo requiera.

### 9.8.2 Electro-válvula

Para el funcionamiento del sistema de reciclaje se escogieron válvulas eléctricas ya que el sistema así lo requería para poder controlarlas mediante el PLC.

**Figura 19. Electro-válvula**



**Fuente: autor**

### 9.8.3 Válvula manual

Al implementar una válvula manual en el sistema se busca que mediante esta podamos tener salidas de desagüe para mantenimiento del sistema o en caso de presentar fallas internas vaciar los respectivos tanques.

**Figura 20. Válvula manual tipo bola**



**Fuente: autor**



#### **9.8.4 Bomba.**

Las bombas en el sistema de reciclaje son las encargadas de transportar las aguas de un lugar a otro, de impulsarlas mediante tubería, para que se cumpla con las tareas de control.

#### **9.8.5 Bomba utilizada en el sistema**

La bomba, es la encargada de impulsar el agua a través de todo el sistema cuando la tarea de control lo requiera.

**Figura 21. Bomba del proceso**



**Fuente: autor**

#### **9.8.6 Filtro membrana.**

Los filtros de membrana son filtros de superficie y todas las partículas quedan retenidas en la superficie del filtro. Tienen una estructura y distribución de poro uniforme lo que permite determinar con exactitud el tamaño máximo de las partículas que lo atraviesan.

#### **9.8.7 Filtro membrana utilizado para el sistema**

El filtro de membrana es el encargado de filtrar el agua después de que esta haya pasado por el filtro de arena, precisamente para filtrar la etapa final del proceso de reciclaje y no permitir el paso de gránulos arenosos a la etapa final.

**Figura 22. Filtro membrana**



**Fuente: autor**

### **9.9. PROTOTIPO SISTEMA RECICLAJE AGUAS GRISES**

Hasta ahora se han mostrado y construido los elementos que conforman el sistema de reciclaje, para poder observar y entender los tipos de arquitectura mediante los cuales se basó para esta construcción, en la siguiente figura podemos apreciar el modelo obtenido a partir de la unión de los diferentes elementos del sistema, dando como resultado el prototipo ya finalizado a partir de la unión de todos sus componentes y los datos obtenidos del sistema (Ver anexo F y G).

**Figura 23. Vista 1 - Sistema reciclaje aguas grises**



**Fuente: autor**

**Figura 24. Vista 2 - Sistema reciclaje aguas grises**



**Fuente: autor**

### 9.10. Rediseño y construcción del circuito de control mediante PLC

Para el diseño del programa del PLC, se tuvo en cuenta, el comportamiento de las bombas, las válvulas y los diferentes sensores a implementar, para saber dónde irán ubicados y como se manejan, como entradas o salidas a controlar.

En la figuras 25 y 26 se muestra el diagrama de flujo del sistema de reciclaje el cual permite entender de forma cómoda y simple el funcionamiento real del proceso completamente automatizado.

**Figura 25. Diagrama de flujo del sistema de reciclaje – esquema 1.**

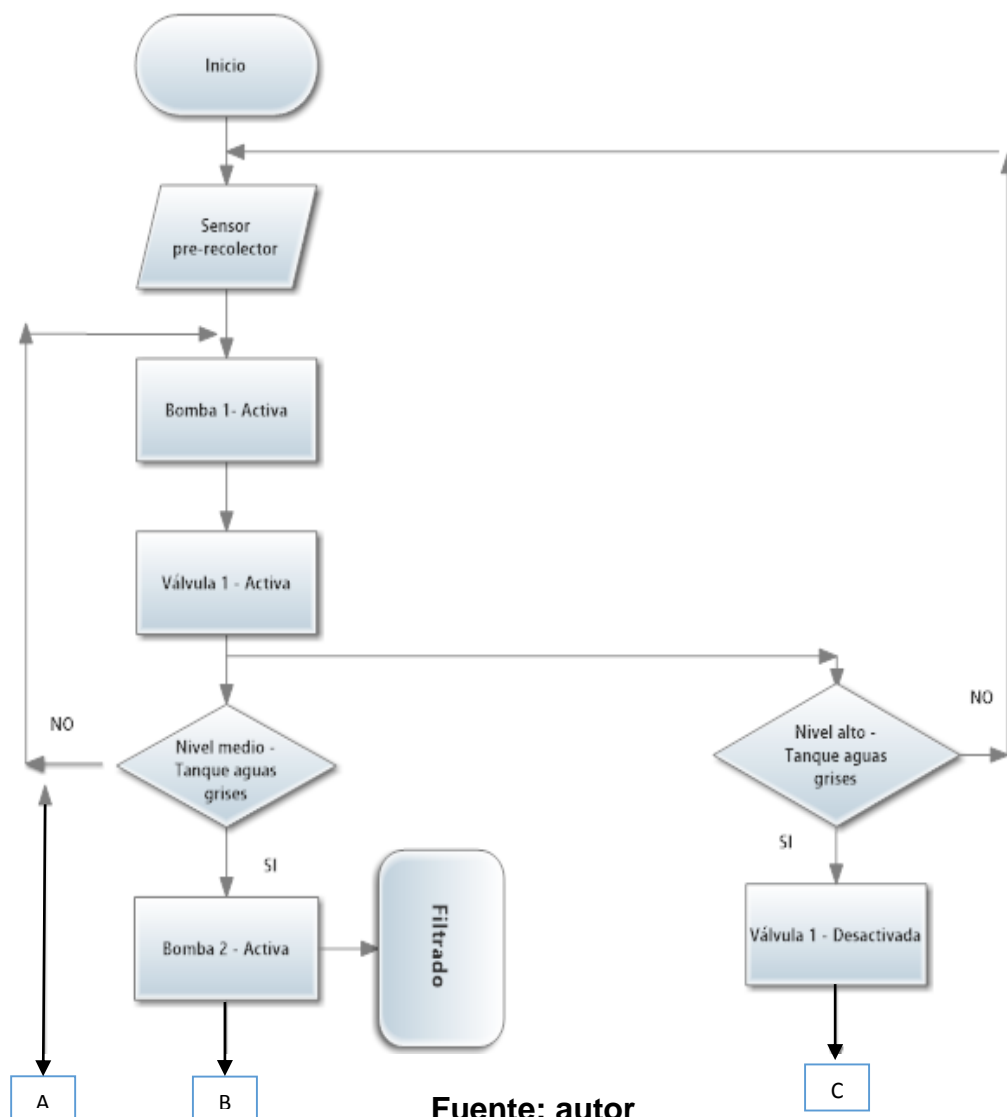
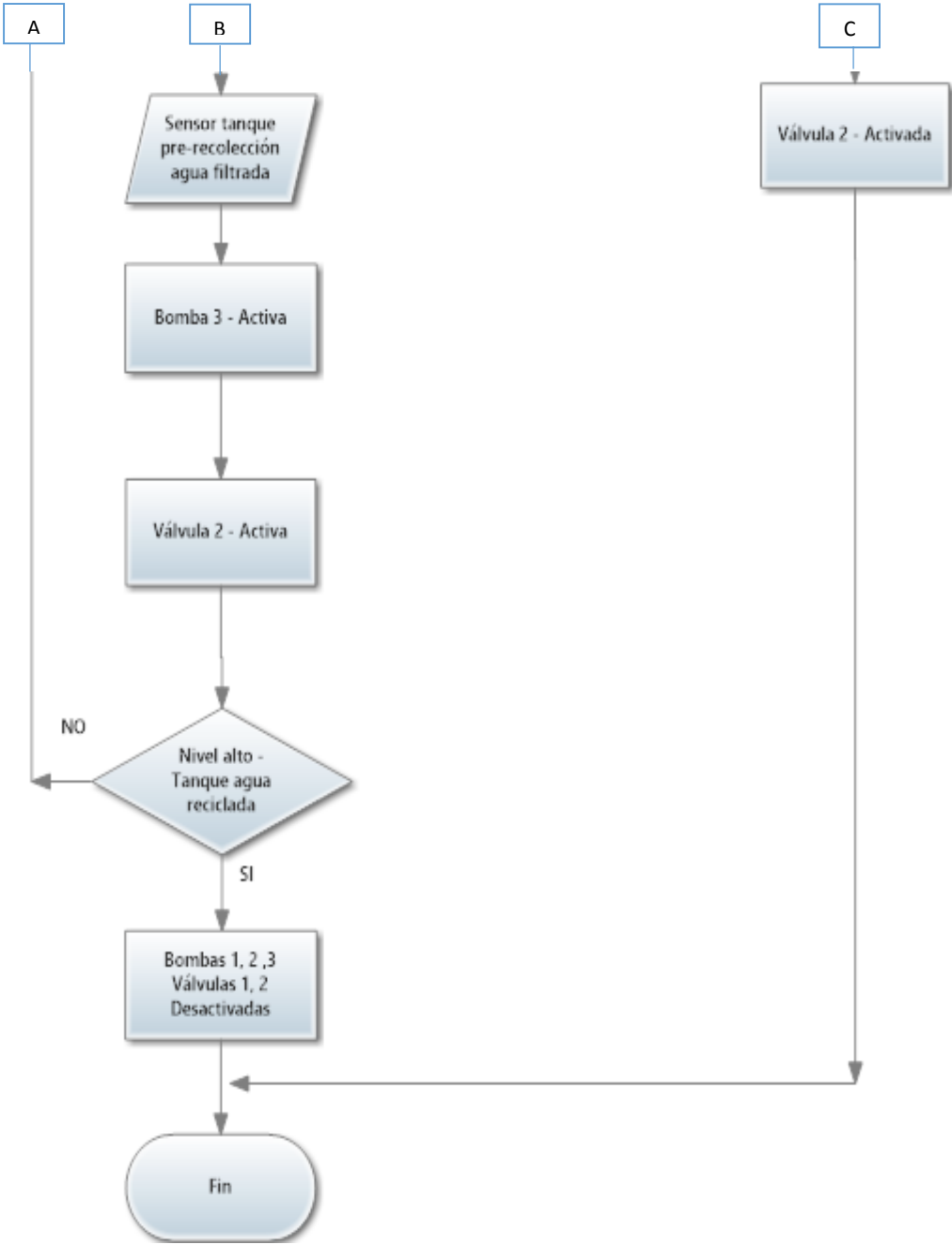


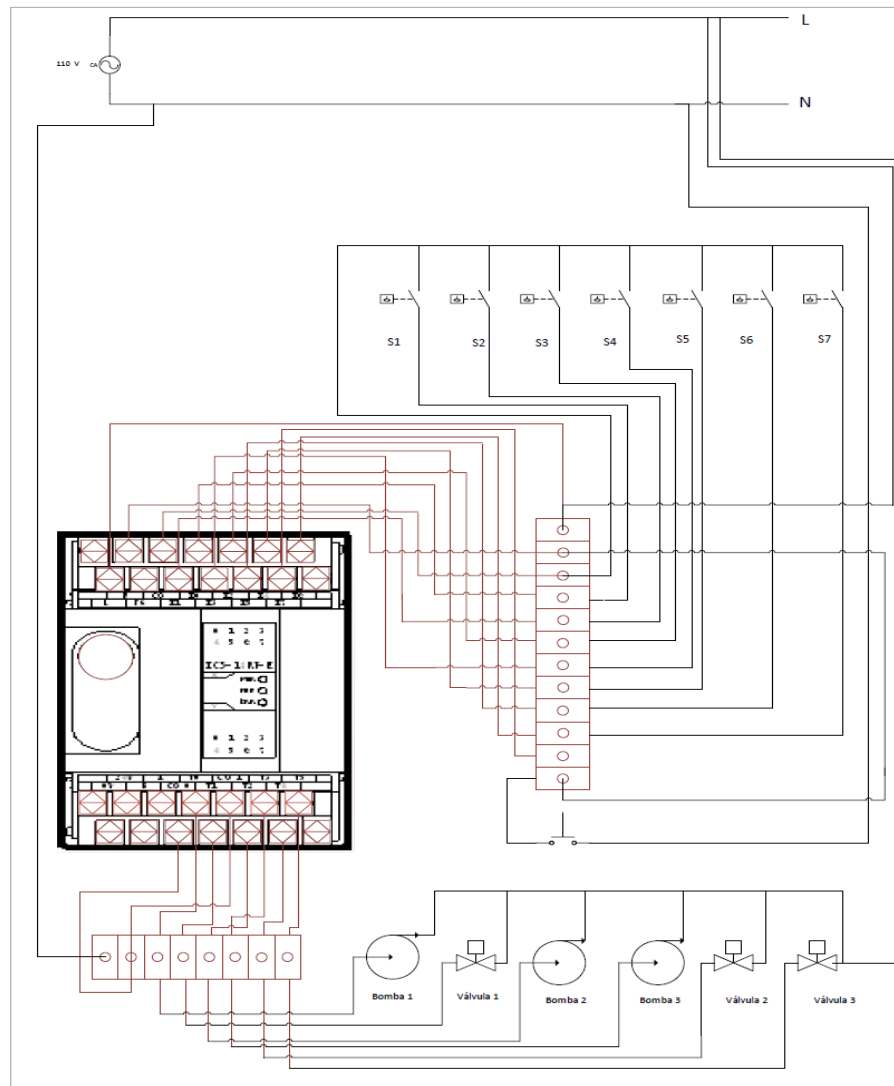
Figura 26. Diagrama de flujo del sistema de reciclaje – esquema 2.



Fuente: autor

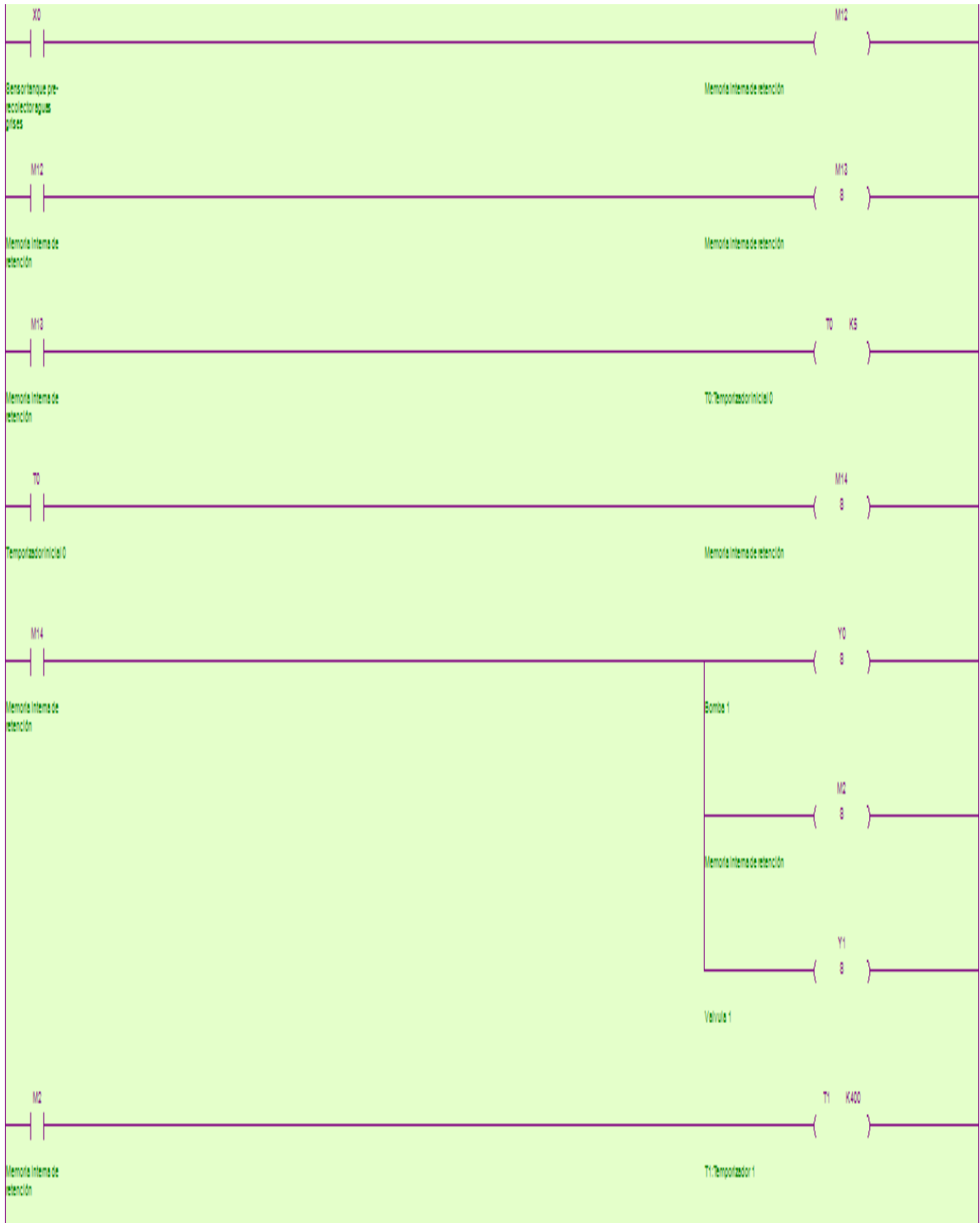
A continuación se presenta de forma gráfica la nueva programación realizada para el sistema de reciclaje de aguas grises y el diagrama de conexión eléctrica, donde por medio de lenguaje ladder y uso del software XCPPro se realiza la simulación de control del sistema.

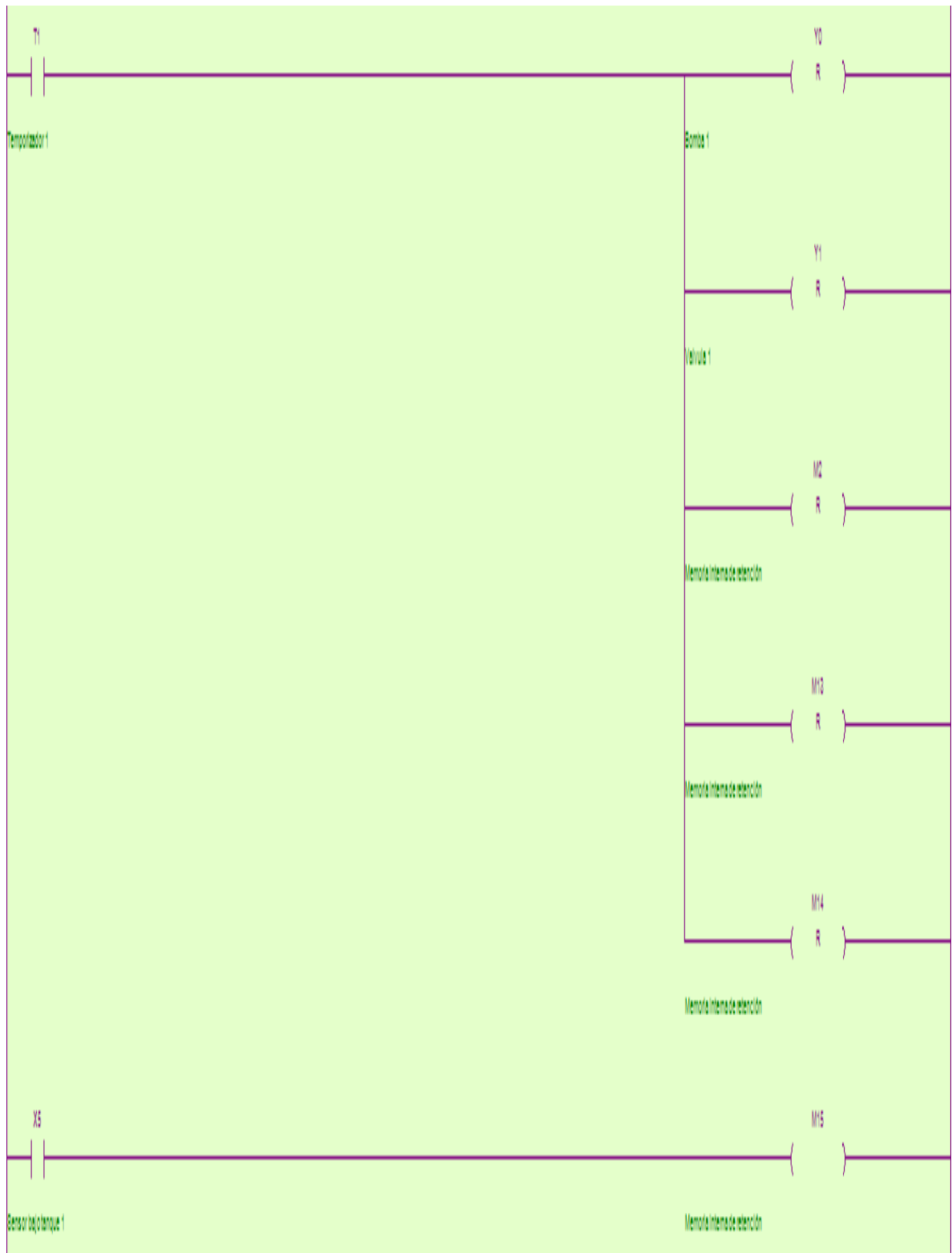
**Figura 27. Diagrama de conexión eléctrica del sistema.**



**Fuente: autor**

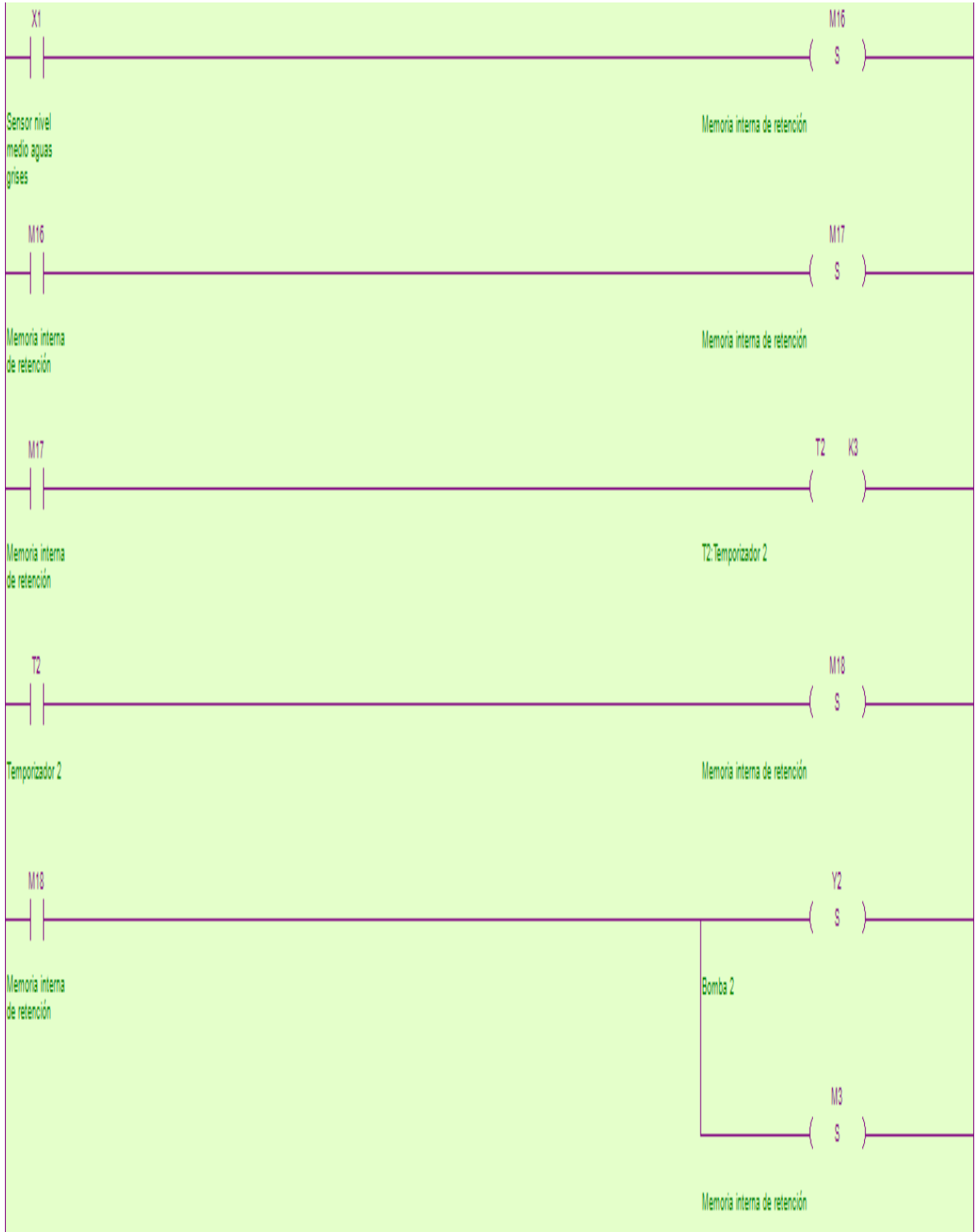
- Esquema 1

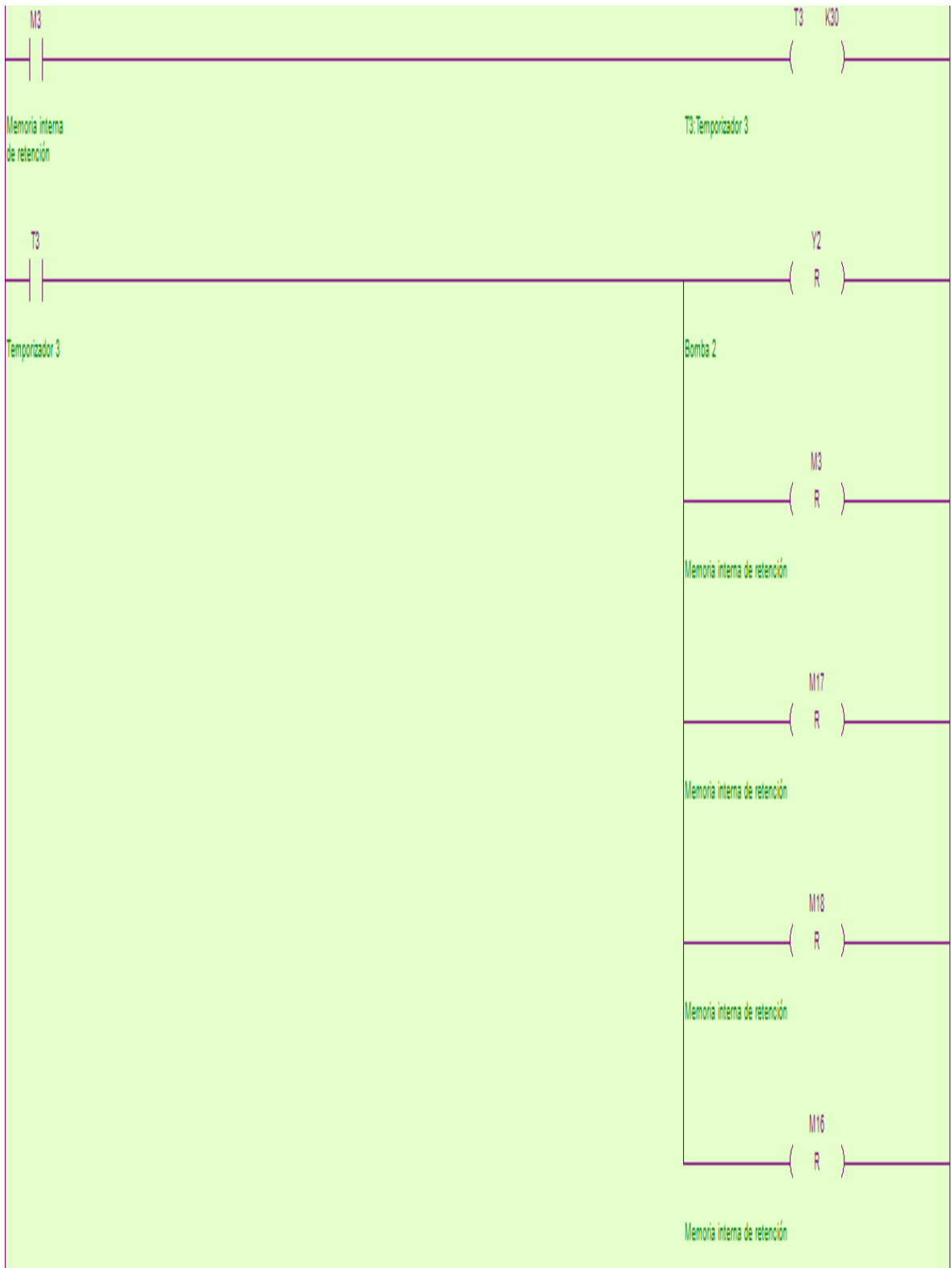




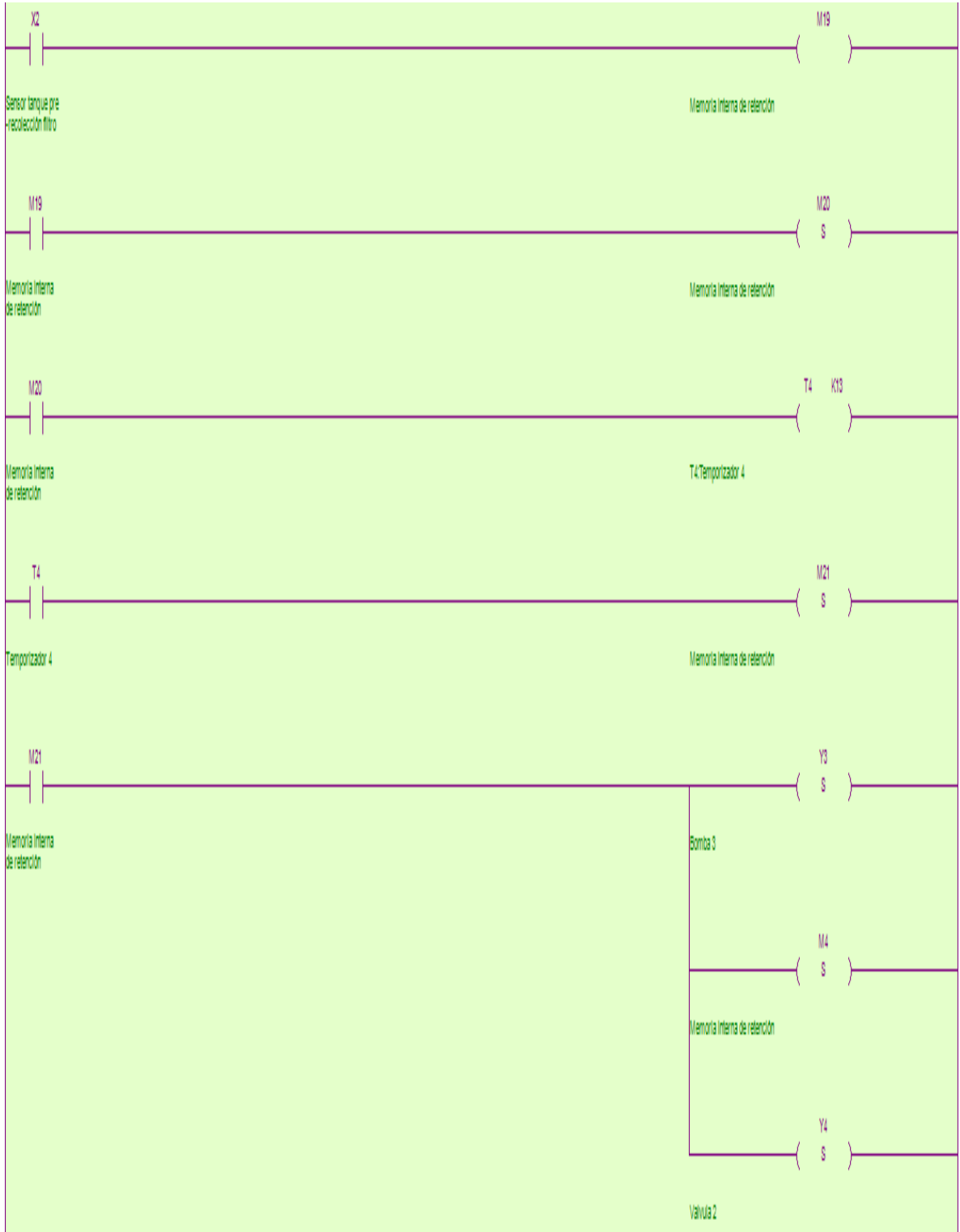


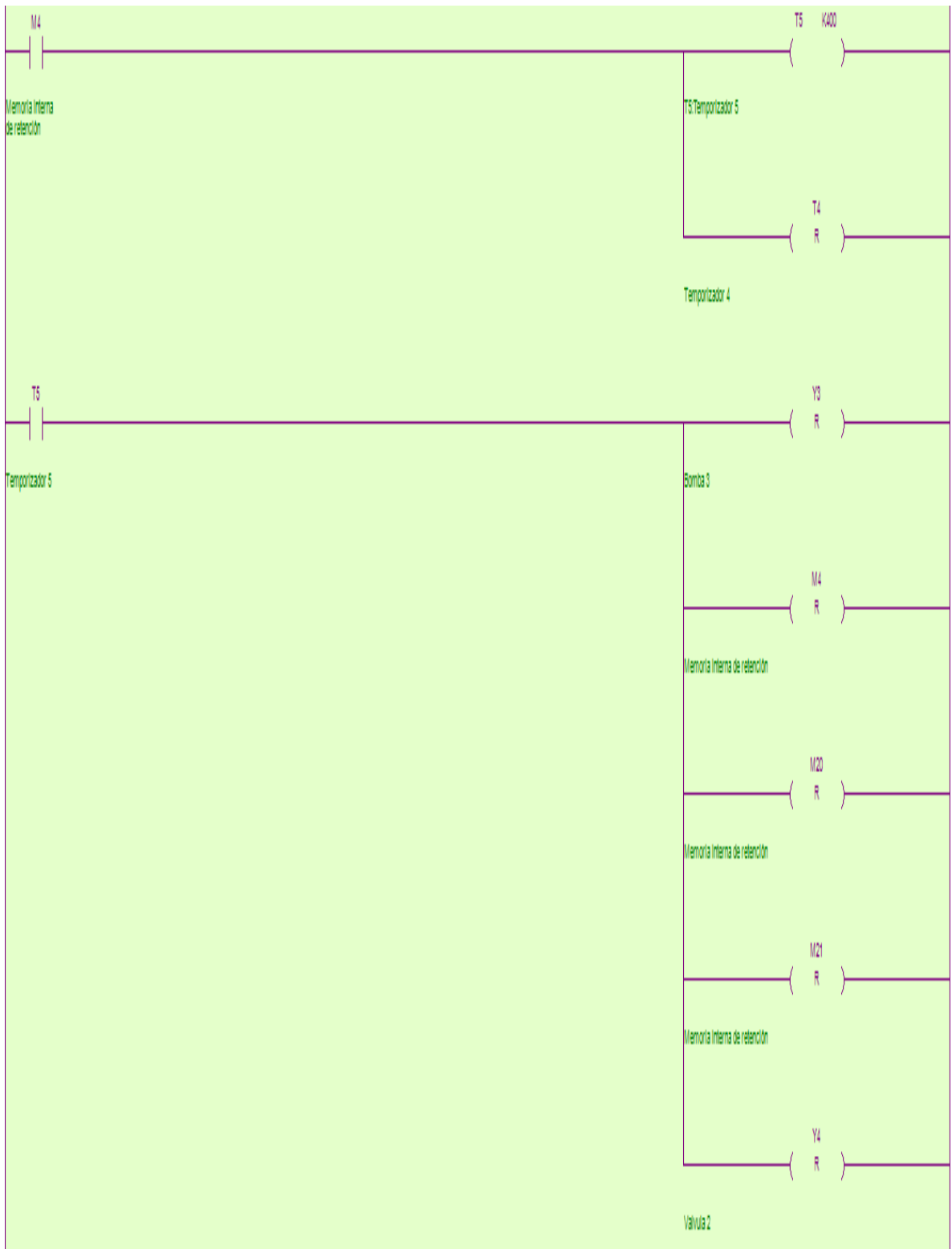
- Esquema 2



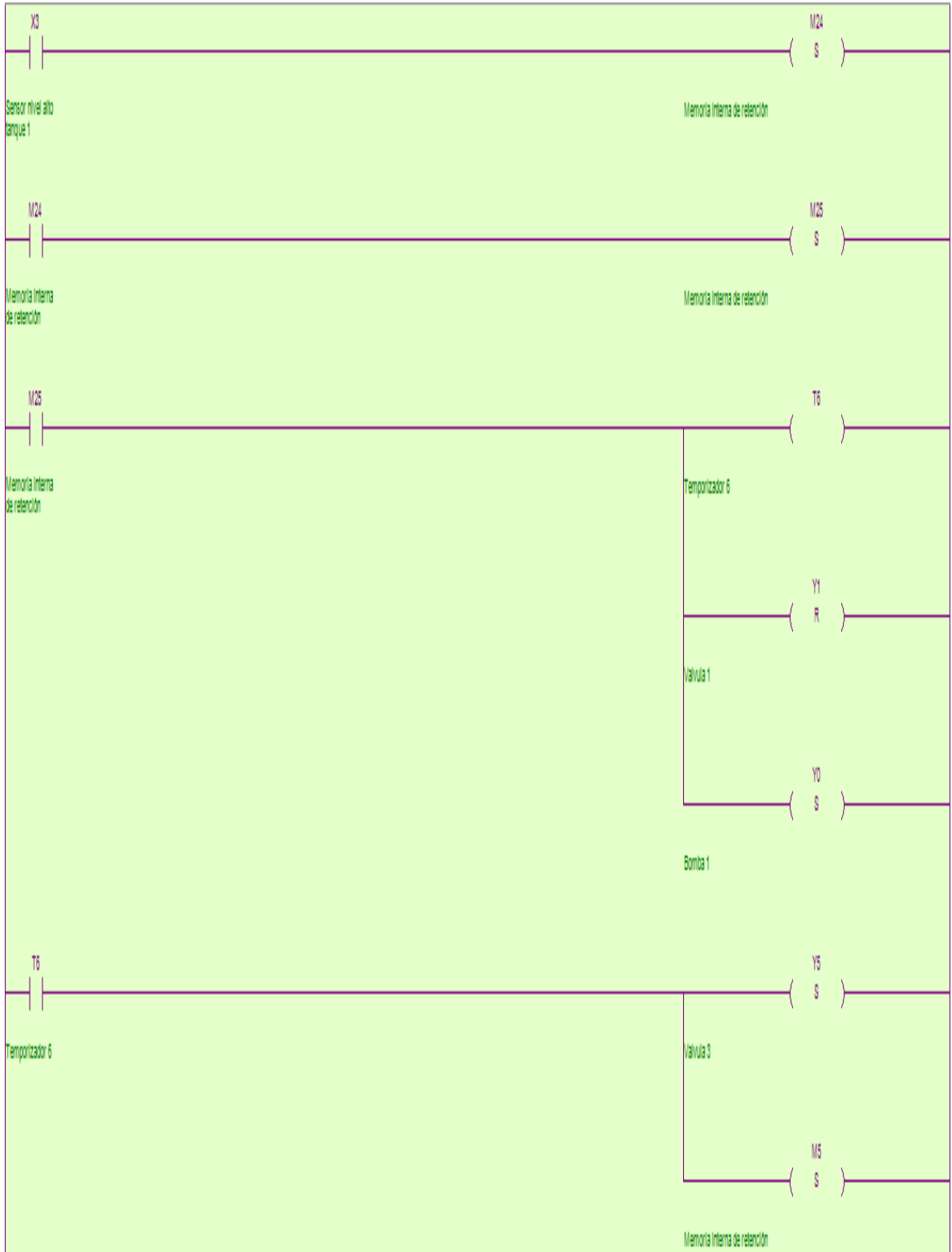


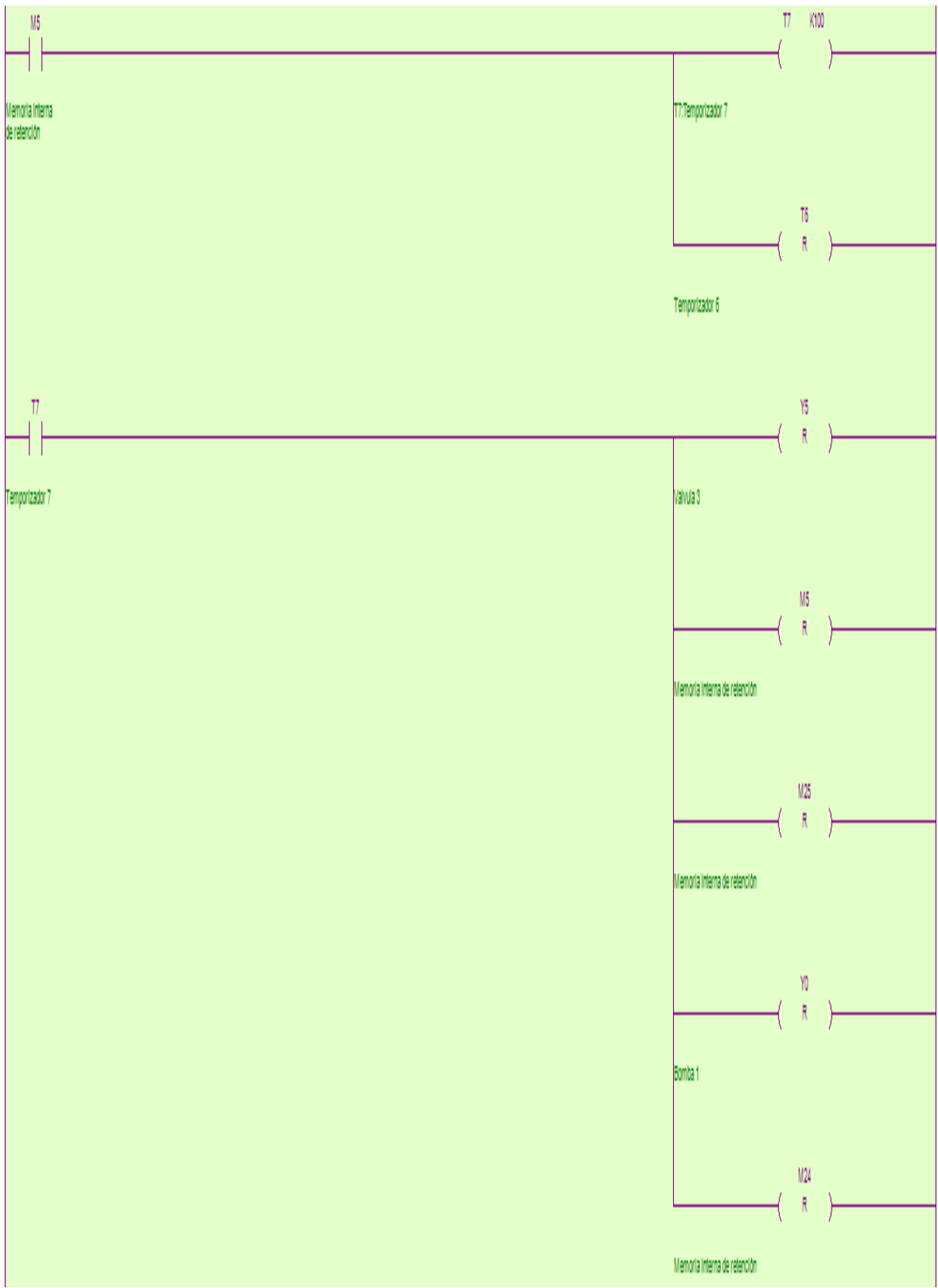
- Esquema 3





- Esquema 4





### 9.10.1 Adecuación de las entradas y salidas del sistema al PLC

Se optó por un PLC Thinget XC3-14R gracias a su fácil utilización, adecuación y programación, además el costo de este lo hace más asequible para la implementación de este tipo de sistemas, también se tuvo en cuenta la cantidad de entradas y salidas necesarias para el sistema.

**Figura 28. PLC con conexión de entradas y salidas.**

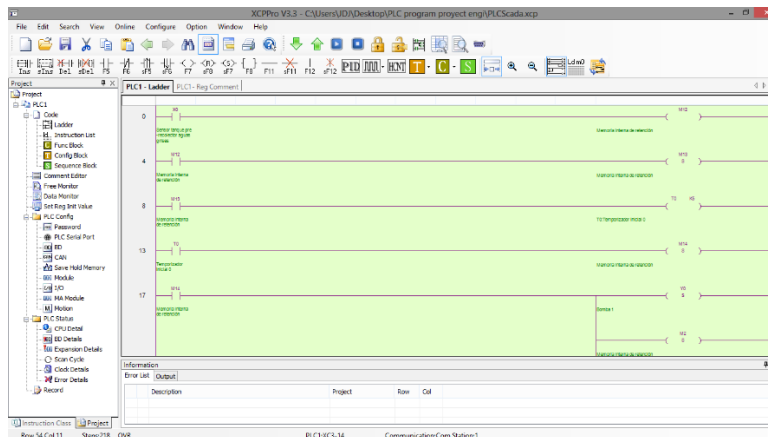


**Fuente: autor**

### 9.10.2 Programación

Mediante la utilización del software XCPPro V 3.3 se programó el PLC de acuerdo a la programación diseñada y simulada anteriormente.

**Figura 29. Software de programación utilizado para el PLC.**



**Fuente: autor**

## **9.11 Recursos y partes del sistema con sus respectivos costos**

### **RECURSOS MATERIALES**

Instrumentos de control tales como PLC, válvulas, y de medición como osciloscopios, multímetros, disponibles en el Laboratorio de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

### **RECURSOS INSTITUCIONALES**

Instalaciones de los Laboratorios de la Universidad Tecnológica de Pereira.  
Herramientas de simulación (SolidWorks, Automation Studio, Proteus).  
Biblioteca Jorge Roa Martínez de la Universidad Tecnológica de Pereira.

### **RECURSOS FINANCIEROS**

El presupuesto estimado para el desarrollo de este proyecto consta de cotización de piezas, tubería, mano de obra, para ver el respectivo cuadro con las diferentes partes que conforman el sistema de reciclaje de aguas grises con sus precios y un total de lo que costaría la implementación de sistema, remitirse al Anexo D.

El precio obtenido era el esperado, debido a los requerimientos de calidad y automatización, factores relevantes y presentes durante el desarrollo de diseño y simulación del proyecto.



## 10. RESULTADOS OBTENIDOS

- Se logró construir un sistema de reciclaje de aguas grises completamente automatizado.
- El sistema de reciclaje consta de las siguientes etapas, que al ser unidas, generan los mejores resultados respecto al reciclaje de aguas grises esperado.
  - Pre-recolección de aguas grises
  - Almacenamiento de aguas grises
  - Filtro de arena
  - Filtro de membrana
  - Pre-recolección de agua filtrada
  - Almacenamiento de agua reciclada.
- El lenguaje de programación utilizado para el control del sistema fue adecuado, ya que las entradas y salidas del PLC, respondieron a las señales externas enviadas que controlaron de manera correcta la activación de bombas y válvulas.
- El agua que se obtuvo en el tanque de agua reciclada después de ser filtrada, presenta características tales como: no contiene partículas grandes ni pequeñas, su color es como blanco transparente debido a la existencia de detergente que aún está presente en el agua, la espuma fue complementa removida, y el olor presente en el agua es de detergente, este tipo de características cumplen con las expectativas esperadas del proyecto, ya que lo que se buscaba era hacer un reciclaje sencillo de este tipo de aguas, eliminado partículas presentes y la gran cantidad de espuma que se generaba, y teniendo también cuenta que se utilizaría en otro tipo de actividades menos su consumo.
- El funcionamiento del sistema es continuo, las bombas, el filtro principal, las válvulas funcionan sin ningún tipo de interrupción, libres de sobrecargas y no se observaron obstrucciones en las tuberías, la presión generada por las bombas es la adecuada para el sistema, especialmente para el filtro.

## 11. CONCLUSIONES

- Se logró la ubicación de los puntos de captación de aguas grises en el hogar.
- Se logró la construcción del esquema eléctrico del sistema de reciclaje.
- Se logró la construcción del esquema mecánico del sistema de reciclaje.
- Se logró la construcción de la etapa de almacenamiento de aguas grises y de agua reciclada.
- Se logró construir la etapa filtrado.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Soliclima. Energia solar. [ref de 2 abril 2013]. Disponible en Web: < <http://www.solicl意思.es/aguas-grises> >
- [2] Tratamiento de aguas grises en el Penedés – Soliclima. [ref de 15 abril 2013]. Disponible en Web: <<http://www.solicl意思.es>>
- [3] Greywaternet – tratamiento aguas grises [ref de 2 septiembre 2013]. Disponible en Web: <<http://www.greywaternet.com/tratamiento-aguas-grises.html>>
- [4] Brac systems – [ref de 2 septiembre 2013]. Disponible en Web: <<http://www.brac-systems.com/nosotros.html>>
- [5] Greywaternet – sistema tratamiento aguas grises [ref de 2 septiembre 2013]. Disponible en Web: <<http://www.greywaternet.com/sistemas-tratamiento-aguas.html>>
- [6] Tratamiento de aguas grises – Soliclima [ref de 2 abril 2013]. Disponible en Web: <<http://www.solicl意思.com/aguas-grises.html>>
- [7] Sistema reciclaje aguas grises – flotender [ref de 2 abril 2013]. Disponible en Web: <<http://www.solicl意思.com/aguas-grises.html>>
- [8] CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DE AMBIENTE – CEPIS. 2002. Día Inter americano del agua.
- [9] INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES- IDEAM- 2004. Informe ANUAL sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en Colombia.
- [10] MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. 2000. Cartilla: Uso eficiente y ahorro del agua. La cultura del agua. Dirección general de Agua Potable y Saneamiento Básico. Universidad Pedagógica Nacional.
- [11] García Orozco, Jorge (1982). El Reuso del Agua y sus Implicaciones. Manuscrito Inédito. Vanderbilt University. Estados Unidos: Edita. (En red). Disponible en web: <[www.mty.itesm.mx/die/ddre/transfereencia/Transferencia52/eli4-52.html](http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transfereencia/Transferencia52/eli4-52.html)>
- [12] Greywaternet – reciclaje aguas grises [ref de 3 septiembre 2013]. Disponible en Web: <<http://www.greywaternet.com/>>

[13] SÁNCHEZ, Luis Darío; SÁNCHEZ, Arlex. 2004. Uso eficiente del agua. Potencias sobre una perspectiva general temática. IRC; CINARA. Colombia.

[14] JOSÉ ALBERTO MORENO BENAVIDES. DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE OSMOSIS INVERSA PARA LA EMPRESA DOBER OSMOTECH DE COLOMBIA LTDA. Generación de conceptos. Universidad autónoma de occidente. Santiago de Cali. Colombia.

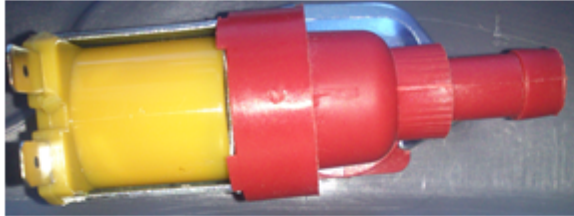
## ANEXOS

### ANEXO A. Presupuesto estimado.

Gastos necesarios y piezas	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Mano de obra	1	\$ 350.000.00	\$ 350.000.00
PLC Xinje XC3-14R-E Thinget	1	\$320.000.00	\$320.000.0
Electroválvulas paso de agua – Wáter Inlet Valve – AC 110/120 V	3	\$20.000.00	\$60.000.00
Sensor de nivel de agua – tipo switch	8	\$6.000.00	\$.48.000.00
Codos 90°	8	\$3.000.00	\$24.000.00
Codos 45°	3	\$2.500.00	\$7.500.00
Tubería 4 pulgadas – 2 metros	1	\$25.000.00	\$25.000.00
Cable – 18 AWG – 120 V. – 10 metros.	1	\$20.000.00	\$20.000.00
T, dimensión 2x2	3	\$8.000.00	\$24.000.00

<b>Tubo aluminio – 1 pulgada – 10 metros</b>	1	\$50.000.00	\$50.000.00
<b>Válvula paso de agua - manual</b>	2	\$10.000.00	\$20.000.00
<b>Cruz dimensión 2x2</b>	2	\$10.000.00	\$20.000.00
<b>Extremidades dimensión 2 A-10</b>	4	\$1.000.00	\$4.000.00
<b>Carretes dimensión 2 25cm</b>	2	\$500.00	\$1.000.00
<b>Empaques dimensión 2 neopreno</b>	4	\$2.300.00	\$9.200.00
<b>Abrazaderas dimensión 2</b>	8	\$800.00	\$6.400.00
<b>Bomba De Agua / <u>PA66G-20 - 180 W</u></b>	3	\$ 105.000.00	\$ 105.000.00
<b>Filtro de aguas grises – arena y membrana.</b>	1	\$200.000.00	\$200.000.00
<b>Tanque de agua – 50 litros/70 litros</b>	2	\$25.000.00	\$50.000.00
			<b>Total</b>
<b>Presupuesto necesario</b>			\$1.344.100.00

## ANEXO B. Especificaciones de la válvula solenoide.



### DSVP40-S SOLENOID VALVE

Pilot-operated solenoid valve designed to control the flow of water.

#### Applications

- Coffee machines
- Vending equipment
- Ice maker equipment
- Water purification equipment
- Potable water applications

#### Features

- UL Certified
- Economical construction
- Encapsulated coil
- Multiple flow washer options

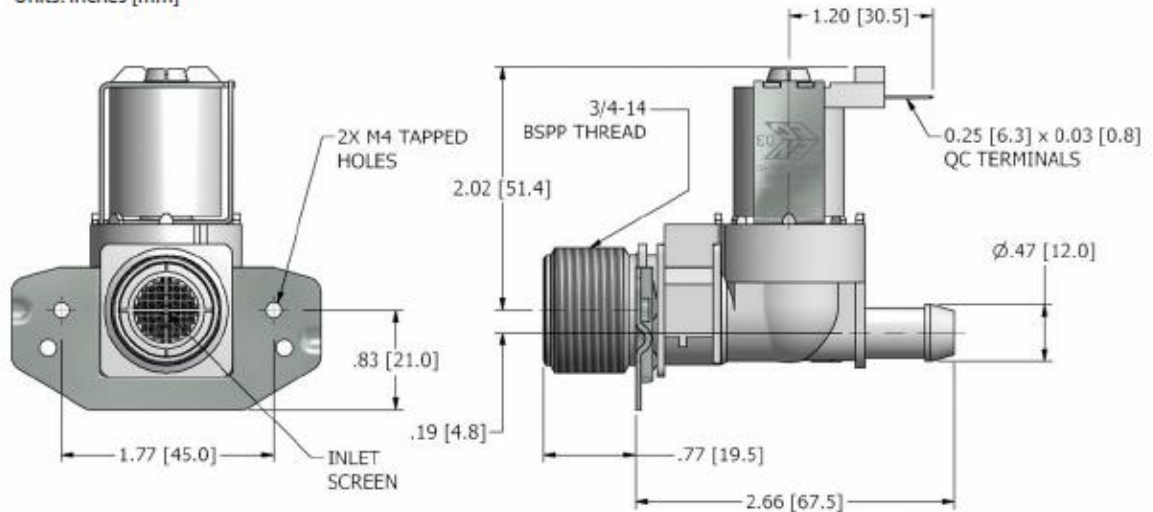


Electrical Specifications	
Coil Voltages	24, 120, 240 VAC 50,60 Hz   24 VDC
Coil Power	24 VAC 6W, 120 VAC 9VA, 240 VAC 6 VA   24 VDC 8W
Coil Terminals	0.25" spade terminals
Duty Cycle	Intermittent • 10 min on / 5 min off @25° C media / ambient • 3 min on / 5 min off @90° C media / ambient
Coil Treatment	Nylon encapsulated
Insulation Class	Class A (105° C)
Ambient Temperature	5-60° C
Mechanical Specifications	
Media	Water
Operating Pressure	5-145 psi
Burst Pressure	870 psi
Flow Regulator Options	0.26, 0.53, 0.8, 1.3, 2.0, 3.7 gpm
Inlet / Outlet Connections	Inlet: 3/4-14 BSPP thread Outlet: Ø0.47 barb (standard)
Mounting	Bracket available in 90° increments
Filter Screen	Removable plastic screen in inlet port
Valve Body Material	Glass filled nylon
Seal Material	EPDM
Product Weight	3.5 oz.
Agency Approvals	
	UR, cUR

## ANEXO C. Dimensiones de vista de la válvula solenoide.

### Dimensional View

Units: Inches [mm]



### Ordering Information

DSVP40 -  $\frac{S}{1} - \frac{1}{2} - \frac{B}{3} - \frac{3.7}{3} - \frac{3}{4}$

#### 1. Coil voltage

- 1 = 120 VAC
- 2 = 240 VAC
- 3 = 24 VAC
- 4 = 24 VDC

#### 2. Coil terminal position

- B = Back, opposite inlet port (standard)
- L = Left of inlet port \*
- R = Right of inlet port \*
- F = Terminals face toward inlet port

#### 3. Flow regulator

- N/A = None
- 0.26 = 0.26 gpm (1.0 lpm)
- 0.53 = 0.53 gpm (2.0 lpm)
- 0.80 = 0.80 gpm (3.0 lpm)
- 1.3 = 1.3 gpm (5.0 lpm)
- 2.0 = 2.0 gpm (7.5 lpm)
- 3.7 = 3.7 gpm (14.0 lpm)

#### 4. Bracket

- 3 = Standard mounting bracket (as shown in drawing)
- X = No bracket

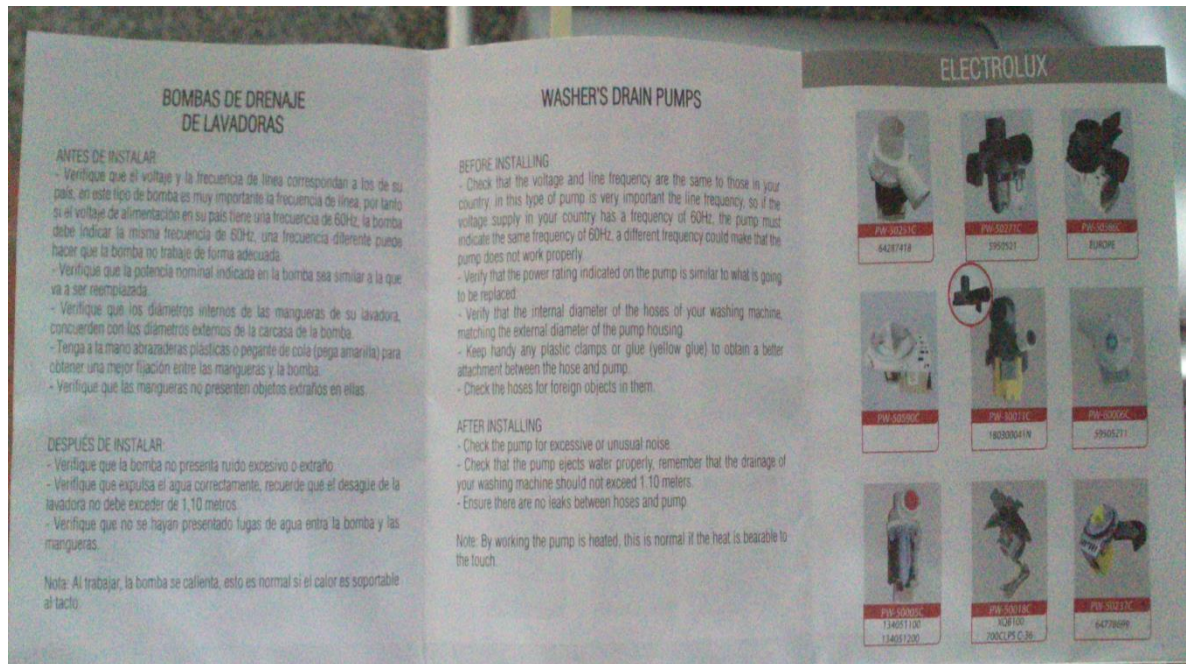


## ANEXO D. Especificaciones de la bomba de drenaje para el sistema.



- **RATED VOLTAGE: AC 220-240 VOLT**
- **Rated frequency 50 / 60 HZ**
- **POWER RATING: 40 WATT**
- **ROTATIONAL SPEED: 3000 RPM(round per minute)**
- **INSULATION CLASS: F**
- **Drain volume (L/min):21**

## ANEXO E. Especificaciones para las bombas antes de ser instaladas y después de instaladas encontradas en el manual.



## ANEXO F. Datos y cálculos del sistema de reciclaje de aguas grises - 1.

### Recuperación de aguas grises

Gasto de agua por persona y día	
Concepto	Litros/día
Ducha y baño	65
Cisterna	35
Aseo	21
Cocinar y Beber	8
Lavadora	5
Vajilla	10
Limpieza	4
Riego	2
	150

Recuperación aguas grises hogar por día	
	Litros
Ducha y baño	65
Cocinar y Beber	8
Lavadora	5
Vajilla	10
	78

Reciclaje de aguas grises	
	Litros
Cisterna	35
Aseo	21
Limpieza	4
Riego	2
	62

Una persona gasta 150 litros por día  
Una familia de 4 personas (de media)

Por tanto lo que se consume en una semana:

150 litros x 4 personas x 7 días = 4200 litros

Al año: 1533000 litros

Como sabemos que un m<sup>3</sup> son 1000L:

1533000 litros/1000= 1533 m<sup>3</sup>/año

5%	Limpiaar	1
10%	Cocinar y beber	2
20%	Lavandería	3
30%	Cisterna	4
35%	Ducha y baño	5

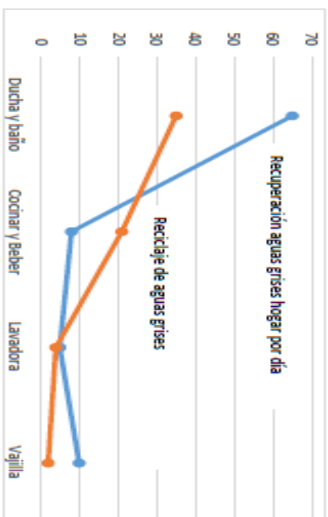
Ahorro de agua

62 litros x 4 personas x 7 días =

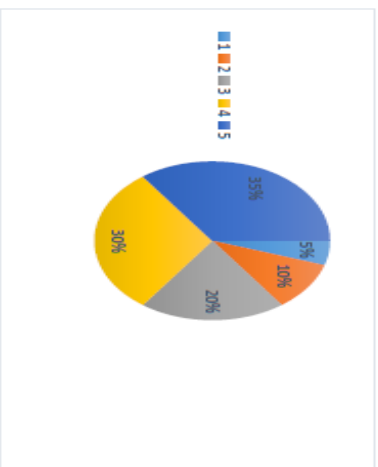
Al año: 633640 litros

Como sabemos que un m<sup>3</sup> son 1000L:

633640 litros/1000= 633,64 m<sup>3</sup>/año



1736 litros



**ANEXO G. Datos y cálculos del sistema de reciclaje de aguas grises - 2.**

Prototipo construido				
Prototipo a escala 1:4	Cantidad almacenamiento en filtros		Prototipo a escala 4:4	Cantidad almacenamiento en filtros
Tanque pre-recolector aguas grises	9		Tanque pre-recolector aguas grises	36
Tanque pre-recolector agua filtrada	9		Tanque pre-recolector agua filtrada	36
Tanque 1 - Aguas grises	50		Tanque 1 - Aguas grises	200
Tanque 2 - Aguas reciclada	60		Tanque 2 - Aguas reciclada	240