

# Design of an Automated System for Water Re-Use From Washing Machine

## Diseño de un Sistema Automatizado para Reutilización del Agua de Lavadora

Diana Carolina Diaz Rincón<sup>1</sup>, Marylin Nathalia Martinez Baquero<sup>2</sup>, Javier Eduardo Martinez Baquero<sup>3</sup>, Luis Alfredo Rodriguez Umaña<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Especialista en Instrumentation y Control Industrial, Universidad de los Llanos, Colombia

<sup>3</sup>Msc Tecnología Educativa y Medios Innovadores para la Educación, Docente de Planta, Universidad de los Llanos, Colombia <sup>4</sup>Msc Gestión de Tecnologías de la Información, Docente de Planta, Universidad de los Llanos, Colombia

[diana.diaz.rincon@unillanos.edu.co](mailto:diana.diaz.rincon@unillanos.edu.co), [marylin.martinez@unillanos.edu.co](mailto:marylin.martinez@unillanos.edu.co), [jmartinez@unillanos.edu.co](mailto:jmartinez@unillanos.edu.co), [lrodriguez@unillanos.edu.co](mailto:lrodriguez@unillanos.edu.co)

**Abstract**—This document presents the design of an automated system that allows the reuse of gray water from a common washing machine. For the design, the amount of water used during the complete washing cycle was taken into account, which is approximately 180 liters, so around 2,160 liters will be reused monthly, and the uses that can be given to said water, called gray water. The automation process is executed by means of a Programmable Logic Controller (PLC) and the process sequence is presented in a Process Flow Diagram (PFD). Finally, with the help of a user-friendly Human Machine Interface (HMI), the status of the system (ON/OFF), the level of the gray water storage tanks, the activation of the electric pump and the final source of supply are displayed. of water, that is, from which tank water is being supplied for use in the home. Designed system effectively executes the established sequences, giving priority to the use of gray water. This development makes it possible to effectively obtain an alternative for saving water from a washing machine. **Keywords:** *Gray Water, PLC, Washing Machine, Water Re-use.*

### I. INTRODUCTION

El agua es un elemento de la naturaleza vital para la sostenibilidad y la reproducción de todas las formas de vida en el planeta. Es el componente que más abunda en los medios orgánicos, esto debido a que los seres vivos albergan un 70% de agua en su composición [1]. La importancia de este elemento no sólo radica allí, sino que también es esencial para el correcto desarrollo de actividades realizadas por el ser humano, distribuidos de la siguiente manera: agricultura usa un 70%, la industria un 15 % y el uso doméstico 15%.

La presencia y disponibilidad de agua se considera constante, sin embargo, en los últimos años, la alteración del ciclo del agua causada por el cambio climático ha generado una modificación en la vida de los ecosistemas lo que ha empezado a limitar el aprovechamiento de este recurso [1]. Lo anterior es vital para que los seres humanos tengan clara la importancia del cuidado del agua teniendo en cuenta que se debe hacer una gestión adecuada y sostenible del consumo, evitando en un futuro escasez de este recurso. En este sentido, la lucha contra el cambio climático contribuye con una mejor gestión, mayor cuidado y un consumo mucho más responsable del agua que favorezca la mitigación de sus efectos.

La escasez del agua obstaculiza el desarrollo en la industria de países en vías de desarrollo, repercutiendo en la agricultura y la ganadería, ya que en temporadas de sequía la producción se disminuye y con ella sus ingresos. Adicionalmente, existen muchas fuentes de agua contaminadas, y son la única opción para obtener este elemento. Según datos de 2015 de la Organización Mundial de la Salud (OMS) cada año mueren 420000 personas por consumo de alimentos preparados con aguas contaminadas, y 125000 menores de cinco años por la misma causa.

La problemática alrededor del agua es grande y debe ser tratada desde varios frentes que van desde la utilización consciente de este recurso hasta la reutilización del agua por medio de distintas herramientas y apoyados en la tecnología ya que son muchas las actividades que utilizan y desperdician agua. En los hogares se emplea el agua en diferentes actividades, una

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.25>  
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

de las más comunes es en el lavado de ropa con ayuda de una máquina lavadora. Si bien cada electrodoméstico es distinto, en promedio utiliza 42 litros de agua en un solo ciclo, lo que genera 9400 litros al año [2]. El destino final del agua al finalizar el lavado son los ríos, llevando a contaminar dichas fuentes, ya que cuando sale de la lavadora es considerada como agua gris. Es agua que contiene restos de jabón, grasa y pelos [3], lo que hace que no sea apta para el consumo humano, pero sí se le puede dar otros usos, por ejemplo, para lavar un carro, una moto, limpiar pisos, regar jardines, entre otros.

En Colombia se han realizado algunos proyectos enfocados en diseñar sistemas de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora. En la Universidad Distrital de Bogotá, se diseñó un sistema de aprovechamiento de agua gris proveniente de la lavadora, donde se concluyó que se obtiene un ahorro del 25.5% del consumo total de agua en el hogar y que, gran parte de la población estaría interesada en implementar dicho sistema [4]. En la Universidad Tecnológica de Pereira, se construyó un sistema electromecánico cuya finalidad fue limpiar el agua proveniente de la lavadora, ducha y baños para reutilizarla en usos de agua no potable [5].

A nivel internacional, se encontró que, en la Universidad de Chile, se llevó a cabo un proyecto para el tratamiento y reutilización de aguas grises, y se llegó a la conclusión que las aguas grises representan entre un 60 a 70% del interior de una vivienda, y que son las más fáciles de recuperar para destinarlas a otros usos [6]. En la Escuela de Tecnología de Quito en Ecuador, se desarrolló un sistema de reutilización de agua en sanitarios, y otros usos no potables. El uso de tanques a determinada altura y la fuerza de gravedad, junto con una bomba doméstica, fueron empleados para que el agua llegara a los sanitarios para que funcionen con normalidad [7].

Los trabajos mencionados anteriormente, se basan en la importancia de la automatización de procesos. Las tareas repetitivas y que requieren resultados consistentes son la base para la automatización, y busca siempre la eficiencia [8], reducción de costos, mejorar la calidad del proceso, contribuir con la seguridad de este y proteger al personal involucrado.

Teniendo en cuenta que es vital ayudar a conservar el agua y aprovechar las ventajas de la automatización de procesos, en este documento se encuentra el diseño automatizado de un sistema que aprovecha el agua gris proveniente de la lavadora en un hogar de Villavicencio, empleando métodos de programación en PLC, diseño de un Diagrama de Flujo y la elaboración del Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones para que pueda ser implementado a futuro.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de diseñar el sistema automatizado para reutilizar el agua gris que proviene de la lavadora, se realizan una serie de etapas para contabilizar la cantidad de agua resultante después

de un ciclo de lavado, y analizar los elementos requeridos para que el sistema funcione según los requerimientos de diseño.

### A. Volumenes de agua gris

En esta primera etapa se realiza la medición de la cantidad de agua que proviene de la lavadora cuando se hace un ciclo completo de lavado con carga máxima en dos tipos de lavadoras con características similares en cuanto a la capacidad, pero son de diferentes referencias y fabricantes. El resultado y la descripción del proceso de medición y configuración se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1. Características y Medición de agua de lavadora

Tipo de Lavadora	Cantidad de agua	Proceso de Medición y Configuración de la Lavadora
		Nivel de agua: 10 (máximo) Ciclo de lavado: Fuzzy
LG 15 kg	90 litros de agua con jabón	La lavadora realiza un primer ciclo de lavado, en el que elimina el jabón. Se recolecta el agua y se mide con un balde de 8 litros para contabilizar el total de agua en la primera medición.
	90 litros de agua al final del lavado	Después se llena de nuevo el tambor para adicionar el suavizante, hacer el último lavado y centrifugar. Una vez realizado este procedimiento, finaliza el lavado de la ropa y se mide de nuevo la cantidad de agua que ha desechado la lavadora.
	Total = 180 litros	Tiempo centrifugado: 9 minutos. Ciclo de enjuague: 1 Tiempo de Lavado: 24 minutos Nivel de agua: 5 (máximo) Ciclo de lavado: Normal.
Samsung 15 kg	91 litros de agua con jabón	La lavadora realiza un primer ciclo de lavado, en el que elimina el jabón y la suciedad. Se recolecta el agua y se mide con un balde de 65 litros, pero no fue suficiente, por lo que fue necesario recolectar el agua faltante en un balde de 26 litros.
	91 litros de agua al final del lavado	Después llena de nuevo el tambor para adicionar el suavizante, hacer el último lavado y centrifugar. Una vez realizado este procedimiento, finaliza el lavado de la ropa y se mide de nuevo la cantidad de agua que ha desechado la lavadora.
	Total = 182 litros	

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 1, se toman como referencia los datos obtenidos con la lavadora LG, ya que el diseño se realiza en el hogar donde está ubicada dicha lavadora. El sistema está pensado para una casa de dos plantas donde habitan tres personas. Dado que el agua proveniente de la lavadora es agua gris (no potable) se puede emplear en distintos usos dentro del hogar, salvo en procesos donde se requiera agua potable. Para la reutilización de agua, se realiza la disposición final mostrada en la tabla 2.

Tabla 2. Disposición del agua gris de lavadora en el hogar

Tipo de Consumo	Frecuencia	Consumo Semanal	Consumo Mensual
<b>Sanitario</b>			
Descarga: 1,6 Gpf / 6 Lpf	Promedio de descarga: 6		
Gpf : galón por descarga	Total de agua diaria	252 l mos	1008 litros
Lpf Litros por descarga	descargada: 36 litros.		
Limpieza de baños (tres en total)	Una vez a la semana: 65 litros cada baño	195 l mos	780 litros
Limpieza de garaje	Una vez por semana	78 l mos	312 litros
<b>Total</b>		<b>525 litros</b>	<b>2100 litros</b>
<b>Agua disponible en tanque</b>		<b>540 litros</b>	<b>2160 litros</b>

**B. Filtro**

Es importante resaltar que el agua proveniente de la lavadora es considerada como agua gris, es decir, que es un líquido residual que viene de lavadoras, duchas, lavamanos, etc. y está conformada por jabón, detergentes, grasas, entre otras sustancias [9], por lo que se debe aclarar que no es apta para el consumo humano, pero sí es de gran utilidad en labores de limpieza en el hogar.

Por lo tanto, es necesario que el agua gris sea filtrada y así eliminar los residuos más grandes. Si bien no se trata de purificarla, sí es importante remover la mayor cantidad de elementos que puedan afectar el correcto funcionamiento de los instrumentos utilizados. Se realizó una investigación de los posibles filtros que se pueden emplear y en la tabla 3 se resume la información encontrada, donde se muestra el tipo de filtro y una descripción de sus características.

Tabla 3. Tipos de filtros y sus características

Tipo de Filtro	Características
Membranas de filtración (Microfibra) [10]	Barrera física semipermeable que permite la separación de elementos contaminantes que se encuentran en el fluido, utilizados en procesos a temperatura ambiente. Impiden el paso de contaminantes cuyo tamaño sea mayor al poro de la membrana, entre 0.001 mm y 10 mm. Se puede combinar con otros tratamientos de agua. Usadas en procesos que no requieren de mucho espacio. No elimina sustancias contaminantes. Alta resistencia a cambios de presión a la que es sometida.
Filtro casero con diferentes materiales [11]	Requiere de un recipiente grande donde se puedan situar los materiales necesarios hasta formar varias capas, empleando materiales como: algodón, carbón activado o arena fina, arena gruesa y grava, que deben formar capas para agregar agua lentamente hasta que atraviese cada una de ellas y al final el agua resultante puede ser utilizada.
	Otra versión de este tipo de filtro consiste en usar piedra alumbre como floculante, esto es agregar la piedra alumbre

previamente triturada al agua y mezclar firmemente hasta que tome un color oscuro, finalmente se debe dejar reposar unas horas hasta que se sedimenten las partículas más pesadas y así poder utilizar el agua.

Carbón vegetal triturado [12] Consiste en crear una capa con el carbón vegetal triturado para que cuando el agua atraviese dicha barrera se libere de residuos sólidos y otras partículas no deseadas, requiere de tiempo esperar a que el líquido pueda pasar por la barrera. Elimina elementos químicos por el proceso de absorción que se lleva a cabo.

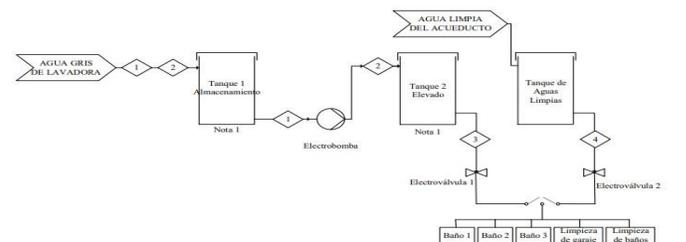
Después de analizar los filtros y teniendo en cuenta la aplicación en el sistema, se selecciona el filtro de microfibra por su facilidad de instalación en procesos sencillos y su alta resistencia de barrera para retener residuos no deseados dentro del sistema. Dado que es necesario incluir una electrobomba, y se debe asegurar el correcto funcionamiento del sistema, se requieren dos etapas de filtrado.

**C. Diseño del Sistema**

Con los datos obtenidos sobre la cantidad de agua que utiliza la lavadora en un ciclo de lavado, la importancia de utilizar etapas de filtrado, la disposición en dos plantas de la casa donde se implementaría el proyecto, la disposición final del agua gris, se toman decisiones respecto al proceso, y para ello se realiza un diagrama de flujo donde se especifica la manera cómo funcionará el sistema (ver Figura 1).

**D. Diagrama de flujo del proceso (PFD)**

En la figura 1 se explica el proceso de automatización de agua gris proveniente de la lavadora.



Convenciones Fig. 1:

- 1 Filtro de microfibra
- 2 Sensor de Caudal

- 3 Automático o Agua Gris: según selección ingresada por el usuario. Para funcionamiento automático, según nivel de los tanques 1 y 2, o para seleccionar directamente el Tanque 2 Elevado.
- 4 Agua Limpia: entrada seleccionada por activación manual realizada por el usuario para utilizar directamente Tanque de Aguas Limpias.

Figura. 1 Diagrama de Flujo del Proceso (PFD)

El proceso que lleva a cabo el sistema consiste en que, el tubo de desagüe de la lavadora se conecta al tanque 1 de almacenamiento, en esta tubería está el primer filtro de microfibra y un sensor de caudal. En el tanque 1 se almacena el agua gris cada vez que se realiza un ciclo de lavado, y el sensor de nivel indica si está lleno o vacío.

La salida del tanque 1 de almacenamiento tiene la segunda etapa de filtrado, antes de la electrobomba, para garantizar que no haya residuos grandes que causen daños en el instrumento. Posteriormente la electrobomba impulsa el agua hasta el tanque 2 elevado, que en la tubería de entrada tiene conectado un segundo sensor de caudal.

En este punto es importante resaltar que el diseño está pensado para que el usuario también pueda elegir entre qué tipo de agua quiere usar, agua gris (tanque 2 elevado) o agua limpia (tanque de aguas limpias). Esta opción dada al usuario también se hace teniendo en cuenta el mantenimiento que se debe realizar a los tanques, por lo que, si desea hacer limpieza en cualquiera de los tres, va a disponer de este líquido.

Cuando el usuario decide utilizar agua gris, se activa a la electroválvula 1 conectada en la tubería de salida del tanque 2 elevado, dando paso a la disposición final del agua gris. A hora bien, cuando el usuario decide no usar agua gris, sino agua limpia del acueducto, se procede a activar la electroválvula 2 y utilizar el agua en el tanque de aguas limpias.

Con el diagrama de la figura 1 se determina la cantidad de entradas y salidas del sistema, mostradas en la tabla 4. El número de entradas y salidas es fundamental para tomar la decisión sobre el PLC a utilizar.

Tabla 4. Entradas y salidas del sistema

Entradas		Salidas	
Sensor de Nivel	Tanque 1		LED 1 de inicio
	Tanque 2	LED	LED 2
			LED 3
Sensor de Caudal	Tanque 1		
	Tanque 2	Electroválvulas	Electroválvula 1 Electroválvula 2
	Automático		
	Agua Limpia	Electrobomba	
Pulsador	Agua Gris		
	Start		
	Parada de Emergencia		
<b>Total entradas</b>	<b>9</b>	<b>Total salidas</b>	<b>6</b>

### E. Elementos Sugeridos para la Implementación del Diseño

Si bien la finalidad de este proyecto es la simulación del sistema, se presenta en la tabla 5 un listado de los elementos

que se podrían utilizar ante una eventual implementación del sistema. Los metros de tubería sugeridos, son pensados en que la implementación se lleve a cabo en el hogar de dos plantas mencionado al inicio del documento.

Tabla 5. Instrumentos y materiales sugeridos

Elemento	Cantidad	Características
Filtro	2	Microfibra
Sensor de Nivel	2	Tipo: ON/OFF Referencia: uk-221 con contrapeso
Sensor de Caudal	2	Tipo: efecto Hall Referencia: YF201
Tanques	2	Capacidad: 750 litros
Electrobomba	1	Tipo: electrobomba periférica Referencia: Karson 1/2 hp periférica Altura: 18 metros
Electroválvula	2	Tipo: Electroválvulas CPV Referencia: S390
PLC	1	LOGO! 8.FS4
Módulo de expansión	1	Referencia: LOGO! DM8 230R
Tubería y accesorios *	23 m	½ pulgada

\*Dato varía según la distribución de espacios en una casa.

La decisión de la capacidad de los dos tanques, de 750 litros cada uno, donde se almacenará el agua gris se debe a que, de acuerdo con los datos de la tabla 2, por semana se almacenan 540 litros, por lo que un tanque de 500 litros está por debajo de la capacidad requerida, comercialmente el siguiente tanque es de 750 litros, por ello se sugieren tanques de esta capacidad.

El tanque elevado de aguas limpias hace parte del sistema de aguas de las casas, donde se almacena el agua proveniente del acueducto, este tanque tiene una capacidad de 1000 litros.

### F. Gráfico Funcional de Control de Etapas y Transiciones (GRAFCET)

Para realizar la programación de una manera ordenada, primero se realiza el GRAFCET teniendo en cuenta cada una de las etapas y transiciones que requiere el sistema. La programación del LOGO, se hace en lenguaje de escalera, ladder o de contactos, como se observa en la figura 2.

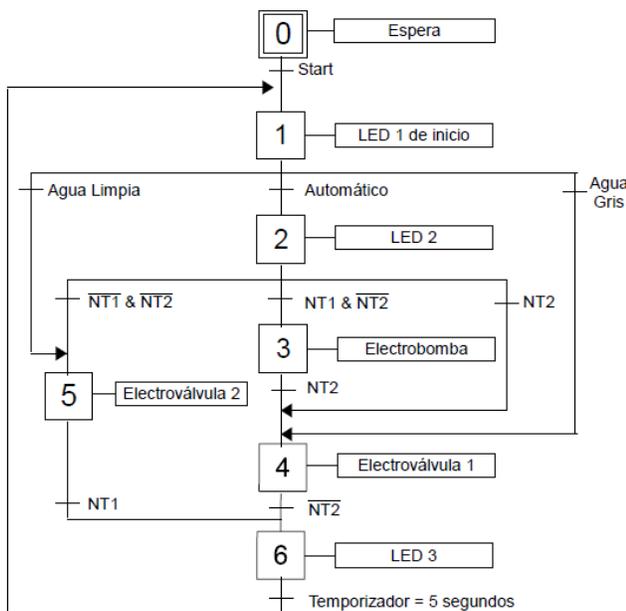


Figura 2. GRAFCET

La secuencia planteada en el Grafcet de la figura 2 es la siguiente:

Etapa 0: el sistema se encuentra en estado de espera para recibir una decisión.

Start: transición de la etapa 0 a la etapa 1, esto inicia el sistema activando el LED 1 de inicio, que corresponde con la etapa 1.

En este punto, el sistema está esperando a que se tome una decisión, puede pasar a la etapa 5, o a la etapa 2 o a la etapa 4.

La siguiente decisión debe ser tomada por el usuario y depende de cómo quiere que se haga el proceso, o si requiere utilizar agua proveniente de un tanque determinado. Se presentan tres opciones:

1. Si el usuario elige el pulsador Automático, se activa la etapa 2 que enciende el LED 2, y el sistema debe determinar de dónde va a suministrar agua teniendo en cuenta el nivel en los tanques 1 y 2, configurados de la siguiente manera:
  - a. Nivel mínimo: 0 litros, su estado es OFF.
  - b. Nivel máximo: 540 litros, su estado es ON.

Si el nivel en el tanque uno está al máximo, pero el nivel en el tanque dos está en el mínimo, se activa la etapa 3 que enciende la electrobomba para llevar el agua del tanque 1 al tanque 2 hasta que el nivel del tanque 2 sea máximo.

Con el nivel del tanque 2 al máximo, se activa la etapa 4 que activa la electroválvula 1 permitiendo la distribución del agua gris a los diferentes usos hasta que el nivel en el tanque 2 esté en el mínimo. Cuando el tanque 2 está con 0 litros, se activa la etapa 6 que enciende el LED 3, y finalmente se

cuentan 5 segundos con un temporizador para retornar al inicio, esperando de nuevo una decisión del usuario.

Si el nivel en el tanque 1 y tanque 2 están al mínimo, se activa la etapa 5 que activa la electroválvula 2 dando paso al agua proveniente del tanque elevado de aguas limpias, hasta que el nivel en el tanque 1 esté al máximo y pueda avanzar a la etapa 6 para encender el LED 3 e iniciar el temporizador para retornar al inicio.

Si el nivel en el tanque 2 está al máximo, avanza hasta la etapa 4 donde se activa la electroválvula 1 suministrando agua gris hasta que el nivel en el tanque 2 esté al mínimo, una vez sucede esto se activa el LED 3, y después el temporizador para retornar al inicio.

2. Si el usuario elige el pulsador Agua Limpia, significa que desea que el suministro de agua provenga del tanque elevado, por lo que se activa la etapa 5, activando la electroválvula 2 hasta que el nivel en el tanque 1 sea máximo, para activar la etapa 6 que enciende el LED 3, inicia el temporizador y retorna al inicio.
3. Si el usuario elige el pulsador Agua Gris, quiere decir que desea que el suministro se haga desde el tanque 2, es decir, que pasa a la etapa 4 activando la electroválvula 1 que permite el uso de agua gris siempre y cuando en el tanque 2 haya agua. Cuando el nivel en el tanque 2 sea mínimo se activa la etapa 6 encendiendo el LED 3, pasando por el temporizador y retornando al inicio.

El sistema cuenta con una parada de emergencia, que, si es activada, el proceso se detiene por completo independientemente de la etapa o transición en la que se encuentre.

Con las etapas ya definidas, se procede a programar el LOGO y realizar una HMI donde se muestra cuando el sistema está encendido o apagado, el nivel en los tanques 1 y 2, el estado de encendido o apagado de la electrobomba y el tipo de agua suministrada, es decir, si es agua limpia o agua gris, que corresponde con la activación de las electroválvulas 1 y 2.

### III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de realizar la simulación del sistema, se verifica que cumple con los criterios de diseño planteados, y lo más importante es que cumple su principal función, que es contribuir con el ahorro de agua en el hogar.

Mensualmente el ahorro de agua en litros proyectado es de 2160, aportando no solo a la conservación del agua y el medio ambiente, sino a la disminución del valor de la factura del acueducto.

La HMI como se indicó en párrafos anteriores muestra las etapas de mayor relevancia para que el usuario pueda entender

y visualizar el proceso con mayor facilidad. Es importante tener en cuenta que la pantalla mostrada y las entradas del sistema van a ser manipuladas por personas que no necesariamente cuentan con la experiencia para manejar interfaces complicadas, por lo que, se decide visualizar elementos fundamentales del proceso y así lograr que el proceso automatizado sea realmente sencillo de manejar y no se torne complejo para quienes lo vayan a utilizar.

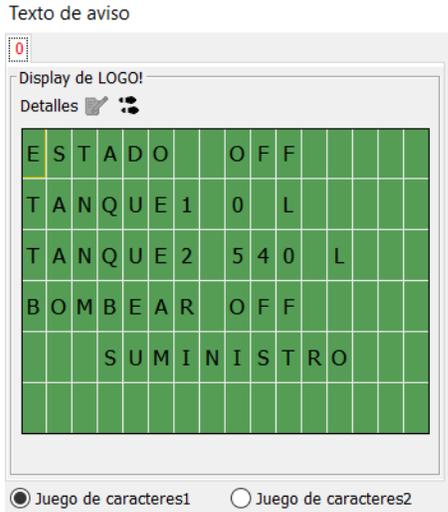


Figura 3. HMI

En la figura 3 se presenta la forma en la que el usuario visualiza el sistema. Se puede ver: el estado del sistema (ON/OFF), los niveles (mínimo o máximo, en litros) del tanque 1 y tanque 2, el estado de la electrobomba (ON/OFF) y el suministro que muestra, cuando está activa la etapa correspondiente, que corresponde con la fuente de la cual proviene el agua.

A continuación, se muestran algunos casos visualizados en la pantalla del LOGO:

- Caso 1: se enciende el sistema, y se selecciona la opción de Automático. El nivel en el tanque 1 (NT1) es máximo (540 litros), pero el nivel en el tanque 2 (NT2) es mínimo (0 litros).

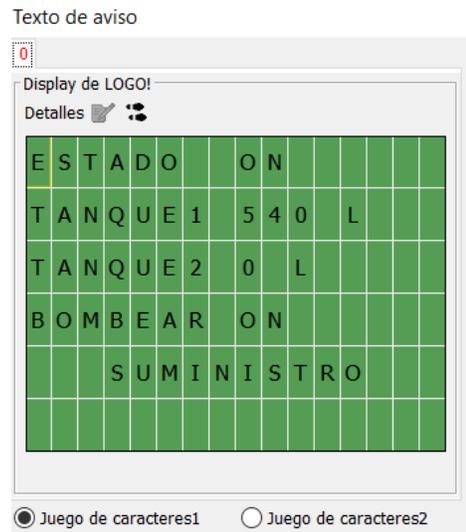


Figura 4. Opción Automático con NT1 = 540 L y NT2 = 0 L

Como se puede visualizar en la figura 4 y de acuerdo con la secuencia mostrada en el Grafset, se debe iniciar el bombeo del agua gris desde el tanque 1 hacia el tanque 2, por lo que la electrobomba se enciende hasta que el tanque 2 esté en su nivel máximo.

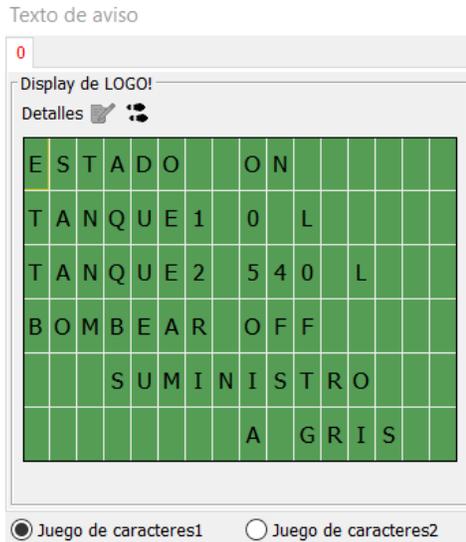


Figura 5. Suministro de Agua Gris

Finalmente, se puede visualizar en la pantalla de la figura 5 que el tanque 2 ya está en su nivel máximo, y la electrobomba ha dejado de bombear, por lo que su estado actual es OFF. Se activa la electroválvula 1 y se suministra agua gris, que corresponde con la opción automática cuando existe agua en el tanque 2.

- Caso 2: se enciende el sistema, y se selecciona la opción Automático. El nivel en los tanques 1 y 2 es mínimo.

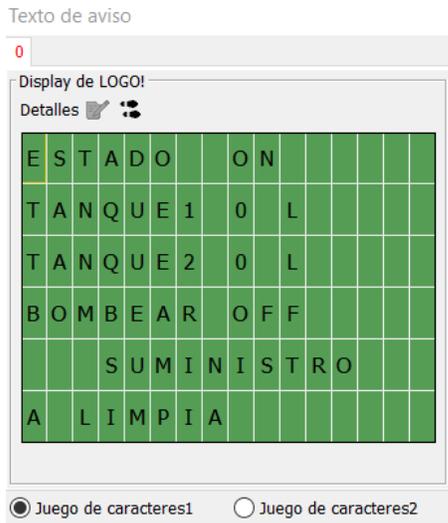


Figura 6. Opción Automático con NT1 = 0 L y NT2 = 0 L

De acuerdo con el Grafset, en la figura 6 se puede visualizar qué sucede cuando no hay disponibilidad de agua gris en ninguno de los dos tanques. El sistema está encendido, NT1 = 0 L, NT2 = 0 L, electrobomba: OFF, por lo que el suministro es desde el tanque elevado de aguas limpias, la electroválvula 2 está encendida indicando la fuente de suministro.

- Caso 3: el usuario selecciona la opción Agua Gris.

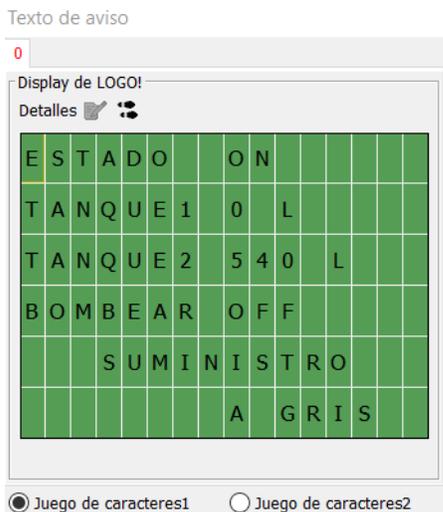


Figura 7. Suministro de Agua Gris

De acuerdo con la figura 7, el usuario enciende el sistema, hay agua disponible en el tanque 2 y selecciona la opción

Agua Gris, la electrobomba está apagada, y el suministro de agua empieza a funcionar activando la electroválvula 1 hasta que NT2 = 0 L y el sistema retorna al inicio.

- Caso 4: el usuario selecciona la opción Agua Limpia.

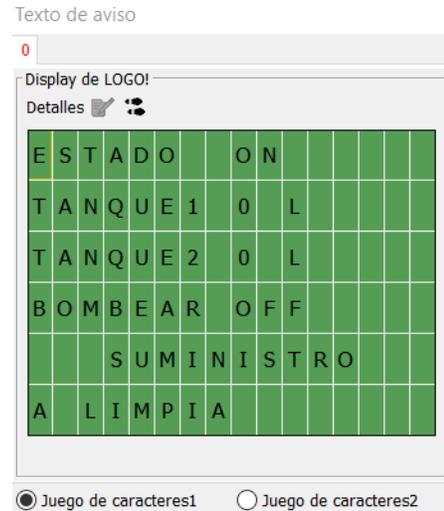


Figura 8. Opción agua limpia

De acuerdo con la figura 8, se visualiza que el sistema está encendido suministrando agua del tanque elevado de aguas limpias, por lo que la electrobomba está en su estado OFF, y la electroválvula 2 está encendida, permitiendo el paso de agua limpia.

#### IV. CONCLUSIONES

El diseño del sistema automatizado para reutilización del agua de lavadora presentado prioriza el suministro de agua gris, con el fin de contribuir a la disminución del uso de agua limpia para el abastecimiento de servicios en el hogar que no requieren dicha calidad. Además, tendría un efecto en la disminución del valor de la factura del servicio de agua y a su vez contribuye en la conservación de fuentes hídricas.

A través de la pantalla de visualización es posible informar al usuario de manera rápida y amigable las condiciones que presenta el sistema en un momento determinado; tales como: estado de encendido y/o apagado, niveles de los tanques, bombeo de agua del tanque 1 al 2 y finalmente la apertura o cierre de las electroválvulas que suministran los dos tipos de agua.

El diseño del sistema de automatizado permite seleccionar el tipo de operación a través del cual, el usuario puede seleccionar el tipo de agua a suministrar durante el proceso de limpieza y mantenimientos de los tanques de almacenamiento.

Los alcances del presente proyecto, contempla el diseño y simulación de un sistema automatizado para la reutilización

de agua de lavadora en una vivienda ubicada en la ciudad de Villavicencio (Colombia), sin embargo, a futuro se puede implementar fácilmente, ya que se incluye el listado de los sensores y elementos requeridos para su instalación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de los Llanos, la cual en los últimos años ha influenciado significativamente nuestras vidas, permitiendo el crecimiento no sólo como personas sino también como profesionales mediante el desarrollo de proyectos de investigación en la Escuela de Ingeniería a través de los grupos de investigación (GITECX y MACRYPT).

## REFERENCIAS

- [1] La Importancia del Agua y sus Funciones en los Seres Vivos (2017). Organización Fundación Aqueae. Organización Fundación del Agua. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/150543.pdf>
- [2] Samsung, Lavadora manual del usuario, España, 2015.
- [3] M. L. Murcia-Sarmiento, O. G. Calderón-Montoya, and J. E. Díaz-Ortiz, "Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo," *Tecnológicas*, vol. 17, no. 32, p. 57, 2014, doi: 10.22430/22565337.204.
- [4] L. Díaz, Jhon. Ramírez, "Diseño de un Sistema de Tratamiento y Reutilización del Agua de la Lavadora Aplicado a los Hogares de Bogotá D.C.," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- [5] C. M. Espinal Velasquez, D. Ocampo Acosta y J. D. Rojas García, Construcción de un prototipo para el sistema de reciclaje de aguas grises en el hogar, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2014.
- [6] M. V. Franco, "Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile," pp. 1–142, 2007, [Online]. Available: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104596>.
- [7] M. V. Contreras Rosero, "Diseño y construcción de un sistema electromecánico para reciclar aguas grises y conducirlos a los servicios higiénicos en una casa promedio", Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2009.
- [8] E. Pérez-López, "Los sistemas SCADA en la automatización industrial," *Rev. Tecnol. en Marcha*, vol. 28, no. 4, p. 3, 2015, doi: 10.18845/tm.v28i4.2438.
- [9] J. M. y J. M. Lidia NUÑEZ\*. Claudia MOLINARI, Marta PAZ, Carina TORNELLO, "Health risk assessments in greywater in Buenos Aires state, Argentina," *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 30, no. 4, pp. 341–350, 2014, [Online]. Available: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000400003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400003&lng=es&tlng=es)
- [10] Sergio Tuset, "TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: TIPOS DE MEMBRANAS DE FILTRACIÓN Y POSIBLES CONFIGURACIONES," Condorchem Envitech, 2019. <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-aguas-residuales-tipos-de-membranas-de-filtracion-y-posibles-configuraciones/>.
- [11] "Filtro de Agua Casero," *Fundación Aqueae*, 2013. <https://www.fundacionaqueae.org/consejos-filtro-casero-agua/>
- [12] A. Madrigal Olarte, "Diseño de un Filtro de Carbón Activado," Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 2020.