

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“DISEÑO DE UN SISTEMA REUTILIZABLE PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR DE HUARAL 2023”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Autores:

Miguel Eduardo Rosales Inocente
Bryan Ernesto Zapata Valladares

Asesor:

Mg. Jorge Luis Contreras Cossio
<https://orcid.org/0000-0001-7801-5833>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	MARITZA RAQUEL CABANA CÁCERES	40501601
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	GABRIEL AUGUSTO TIRADO MENDOZA	40953781
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	FERNANDO RENATO HUAYNA AVILA	10610756
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

DISEÑO DE UN SISTEMA REUTILIZABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE HUARAL 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	polodelconocimiento.com Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.itm.edu.co Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Se dedica este trabajo a nuestros queridos padres, hermanos y amigos por el apoyo constante que nos brindan día a día ya que nos permitieron crecer como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darnos la capacidad y sabiduría de salir adelante, como siguiente agradecer a nuestros padres por la fortaleza y valores que nos brindaron desde raíz y por último agradecer a nuestro asesor Magister Jorge Contreras Cossio por el apoyo académico.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	15
CAPÍTULO III. RESULTADOS	29
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Concentración de desperdicios de agua.	16
Tabla 2 Funcionalidad de los implementos del sistema.	18
Tabla 3 Detalles del diseño del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises.	29
Tabla 4 Tabla Técnica del consumo de controlador y actuadores.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Puntos de descarga de aguas grises.	16
<i>Figura 2</i> Sistema de control.....	17
<i>Figura 3</i> Diagrama de Grafset	17
<i>Figura 4</i> Diagrama de flujo del software LabVIEW.....	20
<i>Figura 5</i> Diagrama de bloques de la implementación electrónica.....	21
<i>Figura 6</i> Esquema de Lazo de control cerrado de la implementación electrónica.....	21
<i>Figura 7</i> Diagrama P&ID de la implementación electrónica	21
<i>Figura 8</i> Diagrama de moody.....	26
<i>Figura 9</i> Electrobomba.....	31
<i>Figura 10</i> Filtro de carbón activo.	32
<i>Figura 11</i> Tanque de pre-recolección y recolección de aguas grises.....	32
<i>Figura 12</i> Filtro de membrana	33
<i>Figura 13</i> Electroválvula para agua.....	34
<i>Figura 14</i> Sensor de nivel	34
<i>Figura 15</i> Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 1.....	35
<i>Figura 16</i> Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 2.....	35
<i>Figura 17</i> Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 3.....	35
<i>Figura 18</i> Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 4.....	36
<i>Figura 19</i> Variables del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises.....	36
<i>Figura 20</i> Segmento 1 de trabajo.....	37
<i>Figura 21</i> Segmento 2 de trabajo.....	37
<i>Figura 22</i> Segmento 3 de trabajo.....	38
<i>Figura 23</i> Segmento 4 de trabajo.....	39
<i>Figura 24</i> Programación en LabVIEW del diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises.	40
<i>Figura 25</i> Indicación de variables y lenguaje que se aplica.....	40
<i>Figura 26</i> Comportamiento del llenado de tanque Pre-recolección.....	41
<i>Figura 27</i> Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.	41
<i>Figura 28</i> Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.	42
<i>Figura 29</i> Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.	42
<i>Figura 30</i> Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.	43
<i>Figura 31</i> Comportamiento del vaciado final.	43
<i>Figura 32</i> Control de Electrobombas.	44
<i>Figura 33</i> Circuito de sensores de nivel.	45
<i>Figura 34</i> Circuito de electroválvulas.	45
<i>Figura 35</i> Tablero de mando del usuario	46

RESUMEN

La presente investigación trata de un diseño de un sistema reutilizable y de tratamiento, lo cual dispone cualidades para la recuperación de aguas grises, con este proceso se logrará una mayor productividad para el uso de riego de zonas ecológicas, agrícolas u otros medios de uso al que se le disponga, aplicando el manejo de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, monitoreados por Tia Portal y LabVIEW a través de programación gráfica; la característica mecánica del proceso de etapas de un sistema reutilizable agregando el control de sensores aplicados en las zonas requeridas se obtiene un vaciado y llenado totalmente estable; en esa misma línea el monitoreo de las electroválvulas y electrobombas aplicaran un resultado en las líneas de tuberías de entrada y salida de los contenedores de agua, lo cual dispone el paso o cierre del fluido. Es valioso contribuir a cálculos de la ecuación de Darcy que emplea los flujos laminares para calcular las pérdidas de energía, originado por la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos. La representación mecánica es aplicada mediante el software Inventor. La intercomunicación de los aspectos mecánicos, eléctricos y electrónicos retorna al procedimiento Mecatrónico valioso y productivo viable a una carencia real.

Palabras clave: Reutilizable, interfaz, Tia Portal, LabVIEW, monitoreo, proceso.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Si queremos garantizar el desarrollo sostenible y permitir que las formaciones del mañana disfruten de la naturaleza como lo hacen hoy, el sistema energético no siempre se le debe dar la mayor importancia a cuidar, ya que el agua también es un medio que se debe resguardar para el buen trabajo del ecosistema y la existencia de los organismos que lo componen. No obstante, gran número de pozos se han evaporado o se han salificado debido al uso excesivo del líquido vital, por eso; nosotros como consumidor de agua, podemos ayudar con un granito de arena para reciclar el agua de tu casa y usarla para fines en donde no es necesario agua potable, esta se utiliza para actividades de saneamiento, especialmente para el bienestar. En términos de salud, en ocasiones se destina a usos para los que su uso no es imprescindible (Espinal Velásquez, 2019).

A nivel mundial, se considera el agua indispensable para la vida humana y la supervivencia de todos los seres vivos. Por lo tanto, cubre más del 70% de la vida humana en la corteza terrestre. En este caso, debemos indicar el nulo ahorro en la población; la cultura tampoco tiene formación, por lo que se consume de manera desproporcionada, provocando una escasez de líquidos importantes en muchos países. Por lo tanto, esta situación de recursos conducirá a una variedad de enigmas que afectan directamente a los habitantes como: la desnutrición infantil, el desarrollo cognitivo y la infertilidad (Candiotti Lima, 2018).

En la actualidad, la higiene y la proporción justa del agua son enormes desafíos sociales que enfrenta nuestro mundo; por ello debemos garantizar el abastecimiento de agua potable en la tierra y asegurarnos que esté disponible para

todos. La innovación tecnológica debe a la par con el sistema ambiental de tal

manera es obligatorio implementarlos, desarrollarlos y cabe considerar el impacto que tendrán en el ecosistema, además considerar el desarrollo de tecnologías que ayuden a conservar y utilizar los recursos (Juan Carlos Cruz-Ardila et al., 2019).

El grupo GrayWaterNet ha puesto en función un método de tratamiento de fluidos grises mediante control inteligente para adaptar el proceso de tratamiento al caudal existente, optimizando así el consumo energético. Además, proporciona dos sistemas que eliminan bacterias, rayos UVA y cloración al mismo tiempo, para que el agua producida tenga la máxima calidad, así como soluciones para operadores domésticos y resultados personalizados para altos usuarios, como Hoteles y Hospitales (GreyWater, 2018).

La empresa Soliclima investiga y opera trabajos basados en biomasa, eficacia energética y tratamiento de aguas. El método que implementaron es alrededor de la dimensión de un ropero, y se puede instalar rápidamente en cualquier sótano o bodega, en base a esto, es esterilizado por lámparas ultravioleta y operado en filtración biomecánica sin elementos químicos. En una casa de cuatro o cinco personas se pueden ahorrar 90.000 litros al año, y también opera por un método modular donde se puede ampliar adicionalmente módulos (Soliclima, 2020).

El sistema hídrico de aguas grises de la empresa Flotender se fundamenta bajo una secuencia de filtros y presurización, que permite reutilizar esta agua en riego por goteo. Por lo tanto, los sistemas de aguas grises de Flotender están accesibles en una diversidad de tamaños diferentes y se han establecido en casas grandes y pequeñas en gran variedad de países de todo el planeta, optando como

una alternativa innovadora de implementación y salvaguardando el mal uso excesivo e inconsciente de las personas (Flotender, 2019).

El sistema BRAC es un método familiar de ahorro de agua que se emplea en Canadá basándose en un tanque de agua que recibe agua de bañeras, duchas, lavabos y lavadoras. Además de almacenar agua, este tanque de agua también combina filtros y bombas para hacer circular de manera óptima las aguas grises al tanque del inodoro. Esto puede ahorrar un tercio del consumo normal de agua, que está en el tramo del empleo personal de líquido potable. bastante impresionante, si nos fijamos en la circunstancia mundial (Adfer Dazne, 2021).

Finalmente, (Rivadavia Huarmaní, 2018) presenta una búsqueda nombrada: “Evaluación de recirculación de agua gris a nivel domiciliario para abastecimiento de descarga de inodoros en una construcción a escala real, ubicado en la ciudad de Juliaca” proyecto que ejecutó, para lo cual tuvo como objetivo describir la incorporación de agua potable para el uso humano en poblaciones donde es poca y se considera que no debe ser procesada, Asimismo obtuvieron como resultado que hubo la necesidad de proponer y construir un plan que sirva a escala real de un conjunto de recirculación de aguas grises originadas por diversas actividades uso doméstico del hogar tales como la captación, componente de almacenamiento, las distribuciones del agua a través del inodoro para el debido funcionamiento de las aguas grises, de tal manera que permita la reducción de agua y disminución de gastos en la facturas.

El sistema de tratamiento de agua regenerada permite ahorrar una gran cantidad de líquido potable para cada vivienda anualmente. Su función es limpiar el agua para la higiene personal (lavarse, ducharse, bañarse) y ponerla a disposición para otros fines distintos al agua potable.

La trascendencia del sistema para reutilizar es fundamental al renovar el

agua utilizada se vuelve como mejor opción para optimizar costos en la vivienda familiar y principalmente, teniendo en cuenta un derroche sostenible del líquido potable, y hacer una rutina clara de esta.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera el diseño de un sistema reutilizable permitiría el tratamiento de aguas grises de una vivienda unifamiliar de Huaral 2023?

Ese problema general nos motiva a cuestionarnos otros interrogantes específicos como:

- (i) ¿De qué manera se simulará el diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar en Huaral?
- (ii) ¿De qué manera el dimensionamiento electromecánico permitirá diseñar un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar de Huaral?
- (iii) ¿De qué manera se podrá localizar los puntos de captación que permitan diseñar un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar de Huaral?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema reutilizable para el tratamiento de las aguas grises en una vivienda unifamiliar de Huaral.

1.3.2. Objetivos específicos

- (i) Simular el diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar.

- (ii) Dimensionar la electromecánica del diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar.
- (iii) Localizar los puntos de captación que permitan diseñar un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de un sistema reutilizable permitiría el tratamiento de aguas grises.

1.4.2. Hipótesis específicas

Simular el diseño de un sistema reutilizable, permitiría el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar.

Diseñar el dimensionamiento electromecánico, permitiría el diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar

Los puntos de captación, permitirían diseñar el sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar en Huaral.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Materiales

El presente trabajo de investigación se desarrollará de manera experimental, ya que la variable de estudio permite hacer cambios en todo momento, entonces se logra controlar el resultado mediante los softwares que nos permiten simular el diseño de un sistema reutilizable para el reciclado de aguas grises en una vivienda unifamiliar de Huaral. Por ello, el desarrollo de este proceso se ejecutara en el siguiente orden; en primer lugar, se diseñara el sistema reutilizable en el software Autodesk Inventor donde se dará apariencia física del sistema; en segundo lugar, mediante el software LabVIEW obtendremos la funcionalidad y ejecución del sistema; por último, mediante el software Tía Portal obtendremos la programación y la automatización del sistema, es así que obtendremos resultados expuestos y aplicados mediante el sistema reutilizable, en otras palabras, ligeramente un experimento “añade o crea” una existencia (Agudelo et al., 2018).

Para seguir el proceso que se empleó en este sistema, se tuvo que estudiar todos los métodos de tratamiento de fluidos grises en los hogares existentes hasta la actualidad, escogiendo así el sistema más factible a usarse en el hogar. Inmediatamente después de haber conseguido el sistema idóneo a emplearse, se procedió a diseñar, empleando vías de abastecimiento y evacuación tales como: filtros, depósitos almacenadores y tanques de tratamiento (Sanz et al., 2016). La vivienda elegida se localiza en el norte chico de Lima llamado Huaral, departamento de Lima; la cual cuenta con tres dormitorios, una cocina, dos baños y una lavandería, representadas en la Figura 1. Por lo tanto, los puntos claves serán los que centren el mayor consumo de aguas grises generadas habitualmente en una rutina normal por medio de las personas

Tabla 1 detalla.

Tabla 1

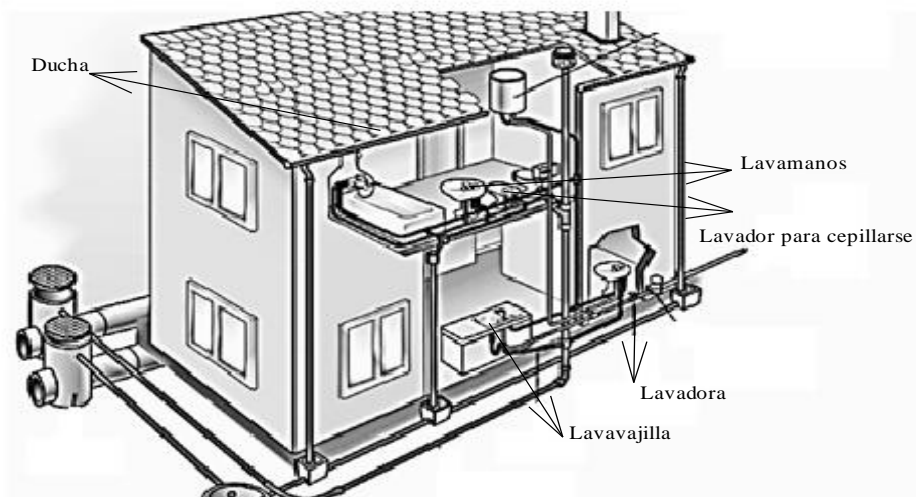
Concentración de desperdicios de agua.

Puntos de descarga	Litros
Lavadora	60 litros (Lavado diario)
Lavamanos	15 litros al día
Lavavajillas	18 litros (Lavado diario)
Llave abierta al cepillarse los dientes	250ml/ min (Aseado)

Nota En la tabla de materiales se observan los puntos de descarga en donde se centran la mayor cantidad de desperdicio de aguas y se representan mediante litros y mililitros.

Figura 1

Puntos de descarga de aguas grises.



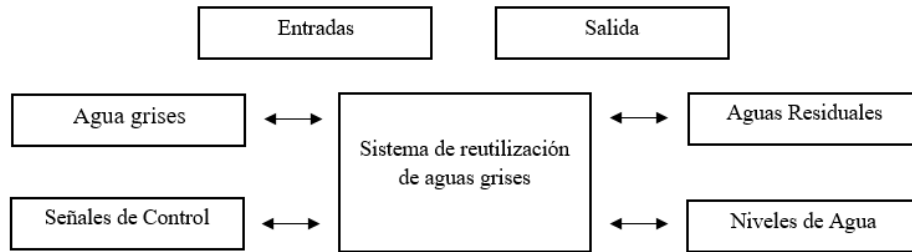
Nota. Se muestra los puntos claves de descarga donde se utilizó la concentración de mayores desperdicios de agua.

Mediante la figura 2, se presenta el desarrollo de las funciones donde se observó el proceso de control del sistema, de esta forma se logró describir específicamente la función de cada componente respecto a las entradas y salidas que se tomó como prioridad para el diseño y simulación. También mostramos el esquema de inicio al funcionamiento

del sistema de control, donde se observa de manera abreviada de cómo se desarrolló la

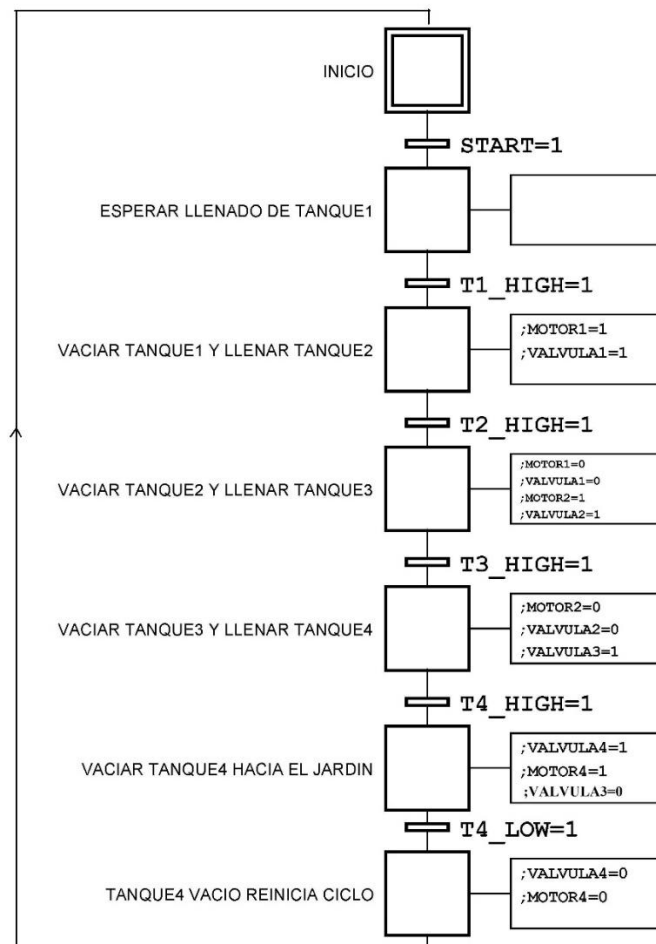
simulación mediante los softwares Tia portal.

Figura 2
Sistema de control



Nota. Elaboración propia.

Figura 3
Diagrama de Grafcet



Nota. Elaboración propia.

Los materiales que se utilizó para la realización del sistema se presentaron de

manera ordenada y clara.

Convertidor de energía a señales de control:

- Controlador Lógico Programable (PLC).

Definir los tiempos de cada etapa:

- Relés conectados con los diagramas eléctricos.
- Contadores internos del PLC.

Servo actuador para el flujo de agua de los tanques:

- Electroválvulas.

Extracción de agua:

- Electrobombas.

Acopiamiento del agua de entrada y salida:

- Tanques cilíndricos.

Detector de señal:

- Sensor de nivel.

Tabla 2

Funcionalidad de los implementos del sistema.

Elemento físico	Función
Red eléctrica	Suministra la potencia eléctrica.
PLC	Supervisa y controla el sistema de reciclaje de aguas grises.
Leds	Medio que permite la visualización de nivel alto y bajo en los tanques de agua.
Electroválvulas	Permite el paso del fluido.
Electrobombas	Generan la aspiración e impulsión del fluido.
Sensores	Emite la señal para el funcionamiento del proceso.
Tanques de almacenamiento, pre filtrado y filtrado	Almacena el agua para el filtrado de carbón y membrana.
Tuberías	Permiten el traslado del fluido en todo el proceso.

2.2. Instrumentos y métodos

Los instrumentos que se utilizaron para emplear el sistema de proceso fueron componentes electromecánicos, y para su sistema de control se optó por trabajar con diferentes softwares; de tal manera que al aplicar estos sistemas obtendremos datos teóricos.

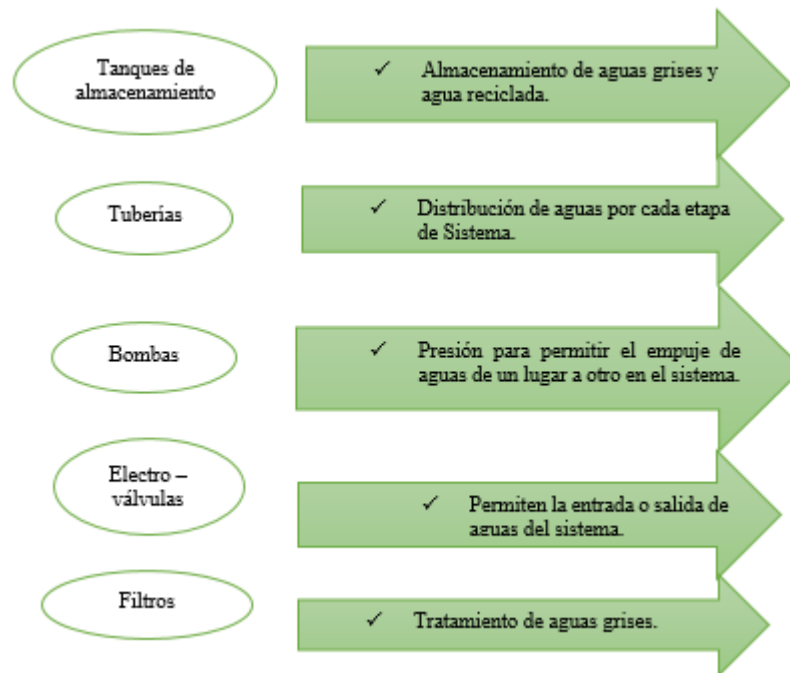
Autodesk Inventor:

Mediante el modelado y cubicado del volumen en 3D del software Autodesk Inventor, se obtuvo la forma y dimensiones exactas que debe poseer nuestro sistema para contener la cantidad de agua requerida en el nivel de aproximación y así se determinó la proporción necesaria para evitar errores en las dimensiones.

LabView:

El software LabVIEW es una plataforma gráfica para simulación, control y diseño mediante la codificación. El lenguaje que se emplea es el lenguaje G, que da referencia a la simbolización que es lenguaje Gráfico. Así mismo las simulaciones desarrolladas con LabVIEW se denominan herramientas virtuales, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida.

Diagrama de flujo del software LabVIEW.



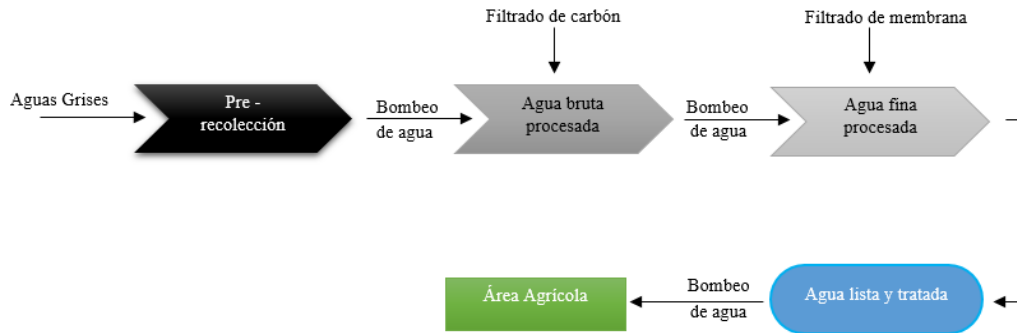
Nota. Componentes y funciones que se presentan en el diseño y simulación del software LabVIEW. Elaboración propia.

Tia portal:

El Tia portal nos facilitó la implementación del sistema electrónico conformado por un PLC S7-1200 que es de patron modular, de gama media y alta. Con una gama adecuada para emplearse en el manejo industrial y de laboratorio (Almomani et al., 2018). Según las carencias el controlador puede expandir módulos de entrada/salida, así como entradas y salidas digitales como también entradas analógicas y módulos de comunicación (Almomani et al., 2018).

Figura 5

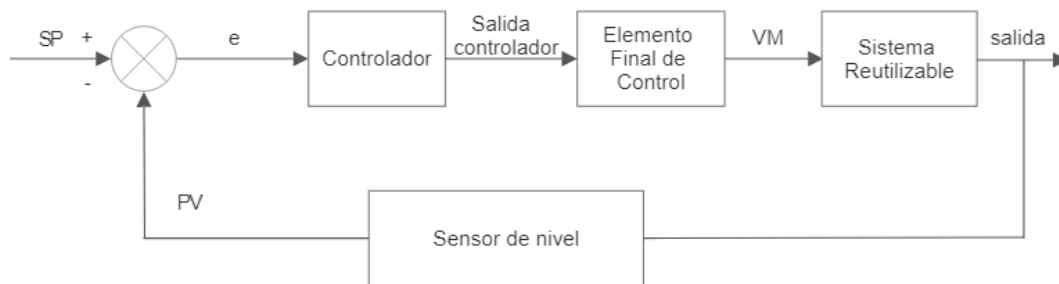
Diagrama de bloques de la implementación electrónica.



Nota. Elaboración propia.

Figura 6

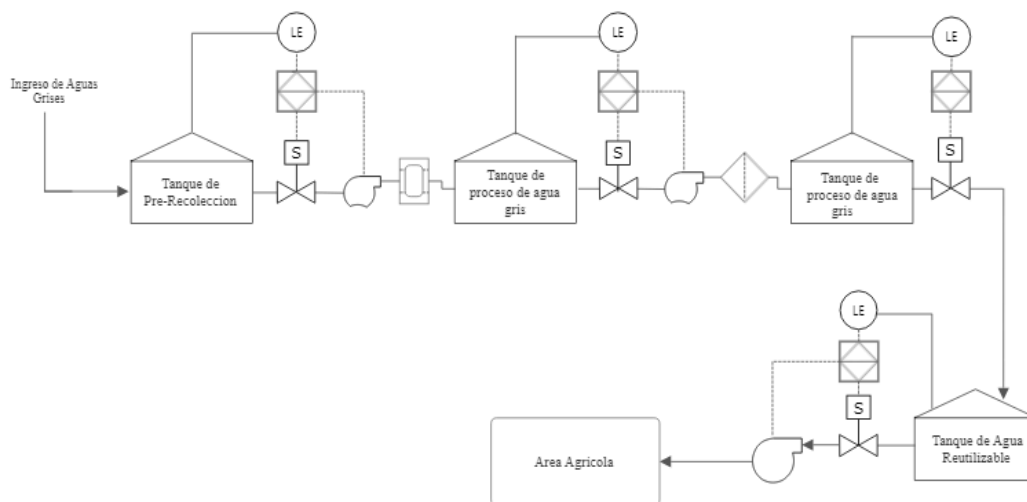
Esquema de Lazo de control cerrado de la implementación electrónica.



Nota. Elaboración propia.

Figura 7

Diagrama P&ID de la implementación electrónica



Nota. Elaboración propia.

El proceso se llevó a cabo con el ingreso de las aguas grises al Tanque de Pre-recolección, este fluido procedente de los puntos de descarga es dirigido mediante un PLC, el cual recepciona la señal electrónica de los sensores de nivel 1. Inmediatamente el Tanque 1 hace la descarga por medio de la válvula solenoide 1 y es accionada por la bomba centrífuga 1 hacia el primer proceso de filtración 1, en la cual depuramos diferentes compuestos brutos de las aguas grises.

Posteriormente, después de la descarga del Tanque 2 el fluido es conducido hacia el proceso de filtrado 2 el cual tiene como resultado la desmineralización, clarificación y purificación de las aguas grises; de esta manera el agua ya procesada es llevada hacia el Tanque 4, por medio del abastecimiento de agua por gravedad. Y, por último, comandamos nuevamente mediante nuestro controlador y actuadores nuestra agua tratada hacia el área agrícola.

Por otro lado, los métodos utilizados en el presente trabajo son de diseño experimental y de índole cuantitativo. Para determinar las variables de estudio se empleó el método deductivo - inductivo por medio de análisis y síntesis. Para el éxito de los objetivos se emplearon datos que caracterizan las variables originarias del diseño experimental y de los análisis del sistema electromecánico de las aguas grises. Por su origen experimental el presente informe de investigación encaja al nivel explicativo (Cegarra, 2012), inclinado a conseguir información cuantitativa de las variables en estudio. Se determinó el grado de intromisión de las variables para recuperar las aguas grises.

2.3. Procedimiento

Para realizar el procedimiento del presente informe tenemos que especificar los siguientes puntos:

La bomba es un elemento mecánico que adiciona energía cinética a un fluido. La fuerza motriz mediante su eje giratorio impulsa la bomba. Entonces, la bomba realiza esta energía y la traslada al fluido, lo que provoca el movimiento de éste y el aumento de la presión (Navarro, 2005).

Fricción del fluido:

Se sabe que el fluido al trasladarse origina resistencia por fricción. Por ello una parte de la energía se vuelve en calor (energía térmica) que se desvanece alrededor de la tubería. Por consecuencia la energía desaprovechada depende de la ampliación de la tubería, las características del fluido, dimensión de la tubería, rapidez del flujo y acabado de la superficie de la tubería (Navarro, 2005).

Electroválvulas y accesorios:

Los elementos que permiten controlar el volumen del flujo o el curso del fluido en un trabajo ocasionan bolsas de aire en éste, lo que origina que la energía se malgaste como calor. Siempre que existe un parámetro de restricción como la variación en el curso o rapidez del flujo, hay disminución de ese tipo. Las pérdidas pequeñas en un trabajo amplio lo realizan las electroválvulas, tuberías y accesorios.

2.3.1. Nomenclatura de las pérdidas y ganancias de energía.

En un trabajo el aumento y disminución de energías se representan mediante expresiones de energía por unidad de peso del flujo que recorre por dicho sistema. Por ello, la dimensión de disminución de energía que generan las electroválvulas, accesorios secundarios y el roce de fluidos, es proporcionalmente directo a la carga de velocidad del flujo, por lo que se demostró en la siguiente ecuación 1:

$$hl = K \left(\frac{v^2}{2g} \right) \qquad \text{Ecuación 1.1}$$

ha: Es la energía que se añade al fluido con la electrobomba.

hr: Es la energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico.

hl: Son las pérdidas de energía en el sistema por la fricción de las tuberías o electroválvulas.

2.3.2. Ecuación general de la energía.

Esta fórmula nos permitirá resolver los ejercicios en los que se evidencie el aumento y disminución de energía, por ello la ecuación 1.2 nos servirá para determinar el principio de conservación de energía.

$$E'_1 + h_A - h_R - h_L = E'_2 \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Donde:

E'_1 y E'_2 : Indican la energía que posee el fluido por unidad de peso.

h_A , h_R y h_L : Indican las energías incorporadas, removidas y perdidas.

La energía que posee el flujo por unidad de peso se comprueba en lo siguiente:

$$E' = \frac{p}{\gamma} + Z + \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Por lo tanto, la ecuación 1.4 es la siguiente:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Cada variable de esta ecuación representa una cantidad de energía por unidad de peso de fluido que circula por el sistema (Navarro, 2005).

2.3.3. Número de Reynolds.

Osborne Reynolds fue el pionero en probar el fluido laminar o bolsas de aire si es que se obtiene la magnitud de una cifra dimensional. Por ello en la fórmula 1.5 se demostrará la representación del número de Reynolds (Navarro, 2005).

$$N_R = \frac{vDp}{n} = \frac{vD}{\nu} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

2.3.4. Ecuación de Darcy.

La fórmula Darcy emplea fluidos laminares o bolsas de aire para medir la disminución de energía, originado por el roce en secciones rectas y longitudes de tubos circulares. No obstante, el fluido laminar y de turbulencia se distinguen en el cálculo del factor de fricción adimensional f . (Navarro, 2005).

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 1.6}$$

Donde:

h_L : Representan las pérdidas de energía originadas por la fricción.

L : Representa la longitud de corriente de flujo

D : Representa el diámetro de la tubería

v : Representa la velocidad promedio del flujo

f : Representa el factor de fricción adimensional

2.3.5. Pérdidas por fricción en el flujo laminar.

Se genera debido a su grado viscoso, teniendo un aspecto de movilidad como capas realizando un trabajo cortante entre ambas. Dado que se debe superar la fricción, los flujos pierden energía porque son generados por esfuerzos cortantes. Dado que el fluido laminar es constante y moderado, se puede realizar la conexión a través de parámetros del trabajo de fluido y la disminución de energía. Esta relación se denomina ecuación de Hagen-Poiseuille, y esta sólo aplica en flujo laminar (Navarro, 2005).

$$h_L = \frac{32nLv}{\gamma D^2} \quad \text{Ecuación 1.7}$$

2.3.6. Pérdidas de fricción en el flujo turbulento.

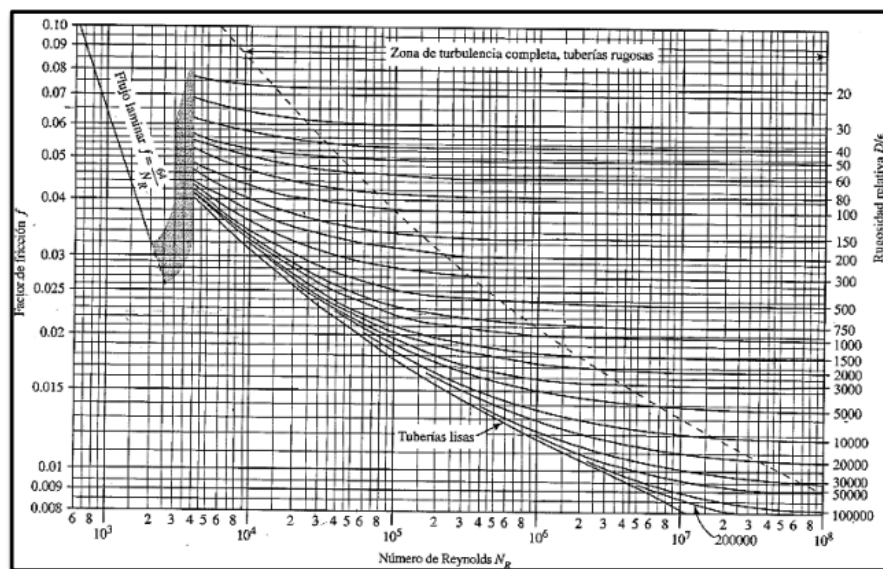
La fórmula de Darcy se utiliza para determinar la disminución de energía causado por el roce cuando hay bolsas de aire en la tubería. La turbulencia es confusa y cambia constantemente. Los experimentos muestran que las cifras adimensionales f dependen de las siguientes dos cantidades adimensionales, a saber, la rugosidad referente de la tubería y el número de Reynolds. La rugosidad relativa es la conexión entre el diámetro de la vía tubular D y la rugosidad de la superficie ϵ (Navarro, 2005).

2.3.7. Diagrama de Moody.

Para su análisis, puede ver el número de Reynolds menor a 2000 en el lado izquierdo de la figura, En la dirección lineal, se representa la conexión de $f = 64 / NR$ en el fluido laminar. De $2000 < NR < 4000$ no tiene una curva porque la zona es grave entre fluido laminar y bolsas de aire, no Es factible determinar cuál de ambos sucederá.

Figura 8

Diagrama de moody.



Nota. En el diagrama se visualiza la gráfica del factor de dirección f versus el número de Reynolds NR , con curvas paramétricas afines con la rugosidad relativa D/ϵ .

2.3.8. Pérdidas menores.

Una disminución se da al momento de que el flujo se traslada de un recipiente amplio hacia una tubería, el cual debe aumentar desde una rapidez despreciable hacia la velocidad del fluido en la zona tubular, por ello en la ecuación 1.8 se determinará la disminución de energía en el inicio.

$$h_L = K \left(\frac{V_2^2}{2G} \right) \quad \text{Ecuación 1.8}$$

Donde:

v_2 : Representa la velocidad del fluido en el tubo

2.3.9. Coeficientes de resistencia para acoplamientos y válvulas.

Se sabe que hay una amplia gama de válvulas para controlar la cantidad de flujo, tales como: compuerta, bola, globo, diafragma, etc. Además, los acoples como codos en diseños de t-es, reducciones, boquillas y agujeros; conducen el recorrido del flujo o que varíen su dimensión. Por lo tanto, en la fórmula 1.9 se dispone el coeficiente de resistencia K.

$$K = \left(\frac{L_e}{D} \right) f_T \quad \text{Ecuación 1.9}$$

Donde:

L_e / D : Relación de longitud de equivalente.

L_e : Longitud equivalente.

D : Diámetro interior real de la tubería.

f_t : Fricción en la tubería.

2.3.10. Potencia que requieren las bombas

La potencia tiene como concepto la rapidez del trabajo, sin embargo, en mecánica de fluidos se define como la rapidez con la que se conecta la energía. Donde la unidad Watt (W) equivale a 1.0 N.m/s o 1.0 joule (J)/s. Por lo tanto, para calcular la potencia se multiplica la energía transferida por newton de fluido de peso, y se demostrará en la siguiente ecuación:

Vemos que W es igual a YQ , por ello también se puede escribir de la siguiente manera:

$$P_A = h_A YQ \quad \text{Ecuación 1.11}$$

Donde:

P_A : Potencia que se añade al fluido.

Y : Peso determinado del flujo que recorre por la bomba.

Q : Flujo volumétrico.

h_A : Energía añadida al fluido mediante la bomba.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Detalle de diseño del sistema en Autodesk Inventor

Tabla 3

Detalles del diseño del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises.

ESPECIFICACION	VALOR
Filtro de Carbón Activado	0.5kg – 10 micras
Filtro de Membrana	3.5kg – 300 L/hora
Electroválvula	3/4” – 24v
Electrobomba	1HP – 220 v - 100L/m - 49PSI
Tubería PVC	3/4"
Fuente de fluido	Aguas Grises
Sensor de nivel de agua	24 v

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 3 visualizamos los siguientes detalles de nuestro diseño para un correcto desarrollo en 3D del sistema, el cual nos da como resultado una proyección para una implementación a futura, hay que tener claro que las especificaciones que tenemos pueden variar de acuerdo con el ambiente que se trabajara.

Tabla 4

Tabla Técnica del consumo de controlador y actuadores.

Cantidad	Elemento	Voltaje (V)	Amperaje (A)	Watts (w)
3	Bomba Centrifuga 1HP	220	7A c/u	746 watts c/u
1	PLC S7-1200	220	0.5 A Valor nominal	9.6 watts c/u
8	Sensor de Nivel de agua	24v	0.4 A c/u	9.6 watts c/u
4	Electroválvula	24v	0.22 A c/u	5.28 watts c/u

Nota. CPU 1212/AC/DC/RLY. Elaboración propia.

Con los datos obtenidos de los diferentes elementos, se determinó trabajar con una fuente de 24V – 5A, diferente a la de nuestro controlador PLC para no alterar el sistema del mismo.



3.1.2 Dimensionamiento de la Electrobomba

Debemos tener en cuenta los detalles con la que se trabajará, ya que estas cumplen un rol operativo muy primordial siendo las encargadas del vaciado y llenado en las diferentes etapas de control.

- Tipo de fluido: Aguas Grises
- Temperatura de operación: 19° - 31° c
- Presión máx.: 49 psi
- Caudal máx.: 100 L/m
- Potencia 1HP
- Voltaje 220 v



Nota. La electrobomba nos ayudará al bombeo automatizado de nuestro sistema. Elaboración propia.

3.1.3 Dimensionamiento de Filtro de Carbón Activado

Se investigó distintos tipos de filtros y se optó por uno de los más recomendados en la industria cumpliendo con la primera etapa de filtrado, el cual eliminará productos sintéticos, orgánicos e inorgánicos: de tal manera que es el más viable para nuestro trabajo.

- Área de tanque: 45mm.
- Altura: 282 mm.
- Pre filtrado: 10 micras.
- Diámetro de conexiones: 3/4".
- Flujo: 58 gal/min (galones por minuto).
- Mantenimiento: 3-6 Meses dependiendo el tipo de aguas.



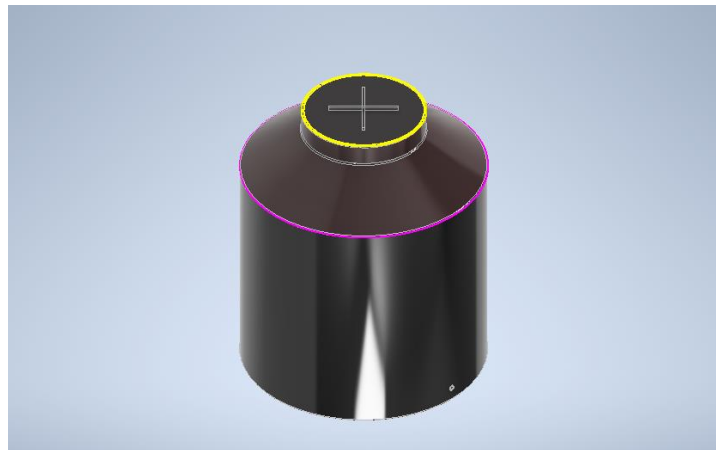
Nota. Filtraje por carbón para la primera etapa de filtrado. Elaboración propia.

3.1.4 Dimensionamiento del tanque de Pre-recolección y recolección de aguas grises.

Primero se buscó la elección del tanque adecuado para el almacenamiento de aguas residuales, por ello teniendo en cuenta el mercado actual, concluimos que se trabajará con este, ya que son muy viables para operar en viviendas u otros ambientes.

Figura 11

Tanque de pre-recolección y recolección de aguas grises.



Nota. Tanque para el proceso de tratamiento de aguas grises que aplicaremos en nuestro trabajo. Elaboración propia.

3.1.4. Dimensionamiento de Filtro de membrana

En este caso se investigó distintos tipos de filtros para su segunda etapa, el cual se optó por uno de los más recomendados en la industria cumpliendo correctamente con la etapa final, concluyendo que su pre filtrado es muy fino, éste eliminará productos como moléculas de diversos tamaños y sustancias químicas, obteniendo un producto de calidad.

- Peso: 3.5 Kg.
- Productividad: 350L/hora.
- Presión máx.: 600 psi.
- Temperatura de trabajo: 6° - 40° c.
- Mantenimiento: 3-6 meses dependiendo los tipos de aguas.

Figura 12

Filtro de membrana



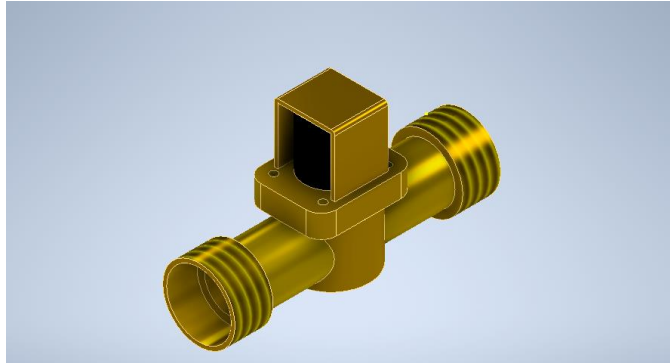
Nota. Filtro de membrana el cual nos afianza su procesado tecnológico de vanguardia. Elaboración propia.

3.1.5 Dimensionamiento de electroválvula.

Para esta parte de la implementación del diseño se propuso emplear electroválvulas, puesto que resulta el óptimo para nuestro sistema de simulación, el cual nos brinda un mejor control automático correcto.

- Dimensión de rosca: 3/4”
- Voltaje nominal: 24 v
- Temperatura de trabajo: 0° - 55°c

Electroválvula para agua.



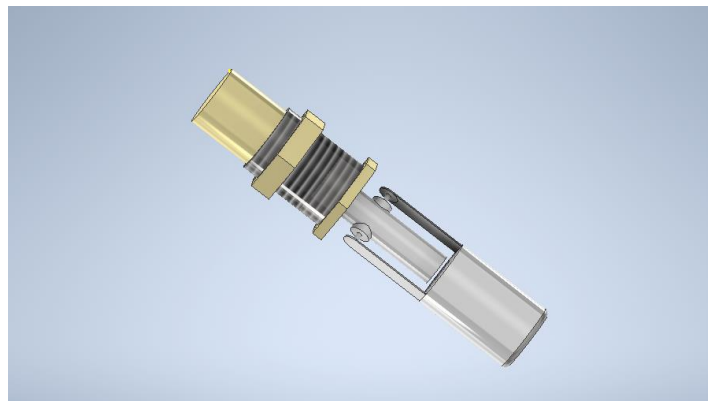
Nota. Electroválvula con función de paso y cierre del fluido de las aguas grises de la vivienda. Elaboración propia.

3.1.6 Dimensionamiento del sensor de nivel de agua.

Existen una variedad de sensores para el control de llenado del tanque en el mercado, de tal manera que para este trabajo se consideró un modelo el cual nos ayudara a aplicar la automatización de nuestro sistema ON/OFF de manera excelente.

- Voltaje nominal: 24 v
- Temperatura de trabajo: -10° - 85°c.

Figura 14
Sensor de nivel.



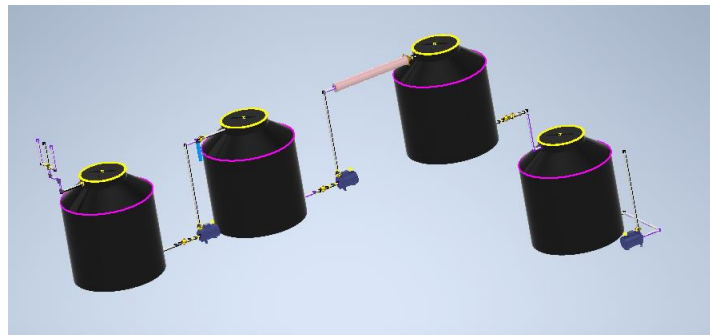
Nota. Sensor de nivel que receptiona y emite señales para el proceso de llenado y vaciado de tanques. Elaboración propia.

3.1.7 Dimensionamiento completo del sistema de aguas residuales

Se realizó distintas visualizaciones de los elementos empleados en nuestro sistema, de tal manera que aplicándole una infraestructura hidráulica se llegó a un montaje completo para la reutilización de las aguas grises de una vivienda unifamiliar.

Figura 15

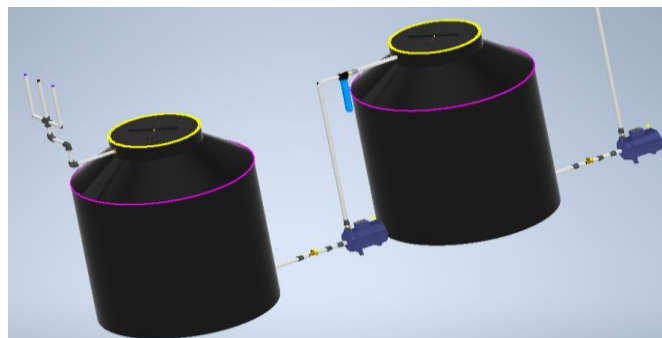
Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 1.



Nota. Elaboración propia.

Figura 16

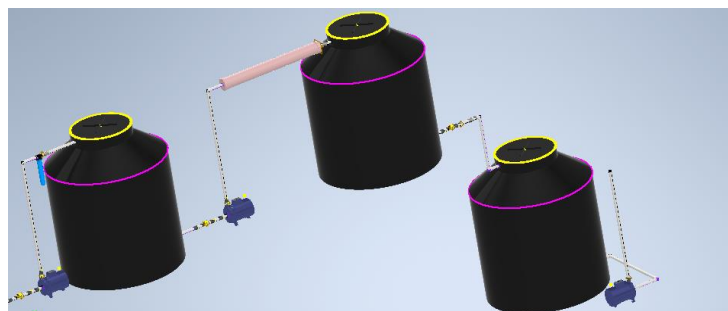
Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 2.



Nota. Elaboración propia.

Figura 17

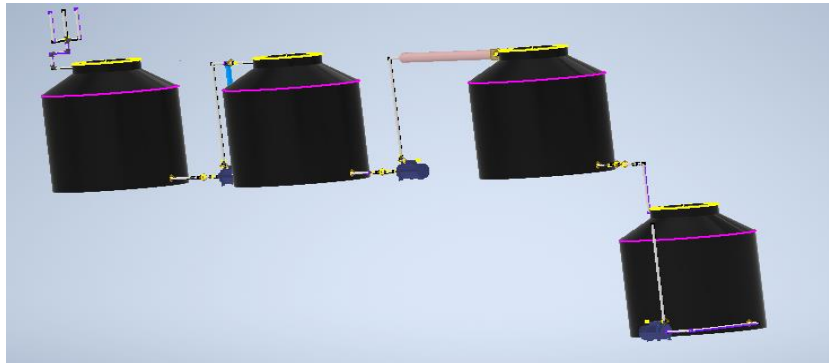
Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 3.



Nota. Elaboración propia.

Figura 18

Diseño completo del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises, vista 4.



Nota. Elaboración propia.

3.2 Programación del sistema en Tia Portal - PLC

Para nuestra simulación se decidió trabajar con diferentes softwares, uno de ellos es el PLC, el cual nos facilitó el proceso de acuerdo a lo programado. En la figura 19 se visualiza la programación de nuestra interfaz la cual se inicia con tabla de variables, de tal manera distinguimos dos tipos de datos usados en nuestro trabajo.

Figura 19

Variables del sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises.

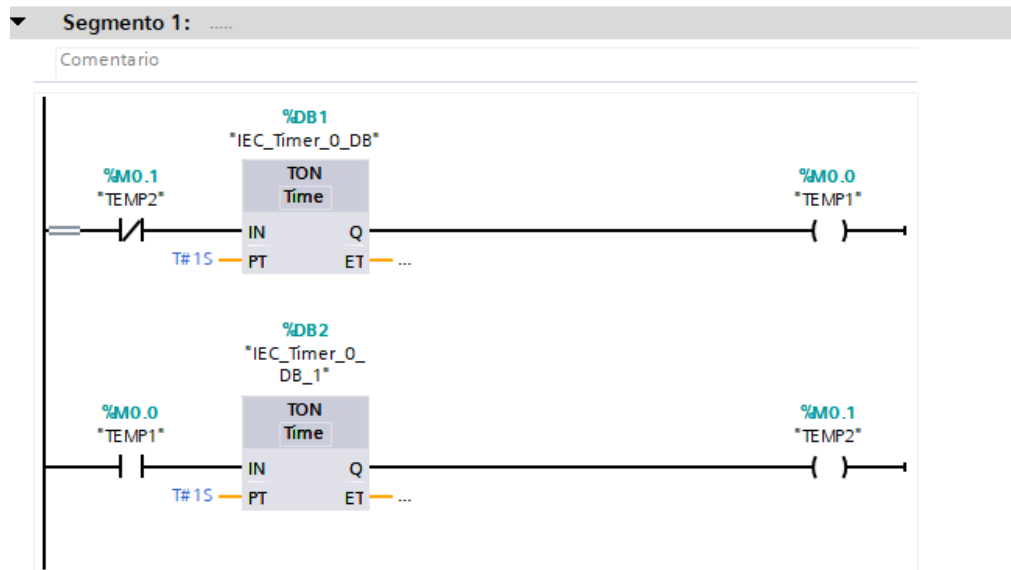
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	TEMP1	Bool	%AO.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	TEMP2	Bool	%AO.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	START	Bool	%AO.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	STOP	Bool	%AO.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	T1_HIGH	Bool	%AO.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	T1_LOW	Bool	%AO.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	NIVEL_T1	Word	%AW10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	CHANGE1	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	CHANGE2	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	START_R	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	T2_HIGH	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	T2_LOW	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	CHANGE3	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	CHANGE4	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	CHANGE5	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	T3_HIGH	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	T4_HIGH	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	T3_LOW	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	T4_LOW	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	CHANGE6	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	CHANGE7	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	CHANGE8	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	NIVEL_T2	Word	%MW20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	NIVEL_T3	Word	%MW30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	NIVEL_T4	Word	%MW40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	RESET	Bool	%MO.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	RESET_R	Bool	%MO.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Nota. Elaboración propia.

La figura 19 se visualiza datos de tipo Word, es decir una palabra (16bits) que comprende valores de 0 A 65535 y el tipo bool que comprende un solo Bit y puede tener valores de 0 a 1.

Figura 20

Segmento 1 de trabajo.

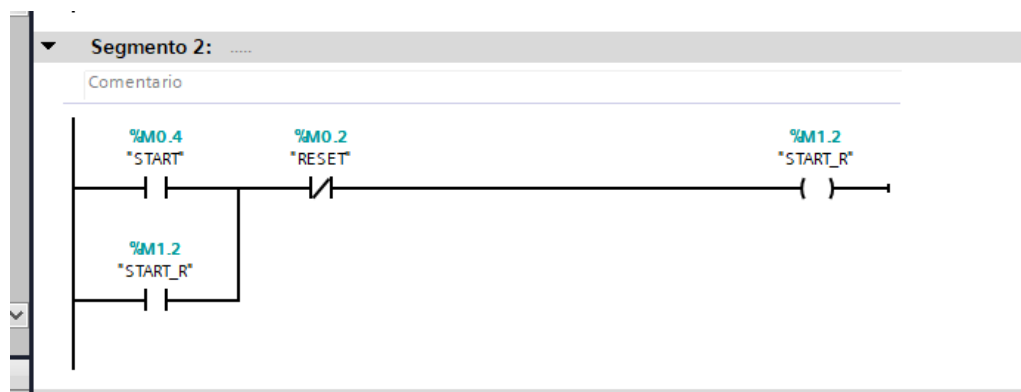


Nota. Elaboración propia.

La figura 20 ,muestra que mediante contadores realizamos un pequeño programa que nos simule el paso de tiempo algo similar al clock de los microcontroladores, lo cual permitira que TEMP1 adquiera el valor de 1 cada 1segundo, siendo el reloj en otras palabras.

Figura 21

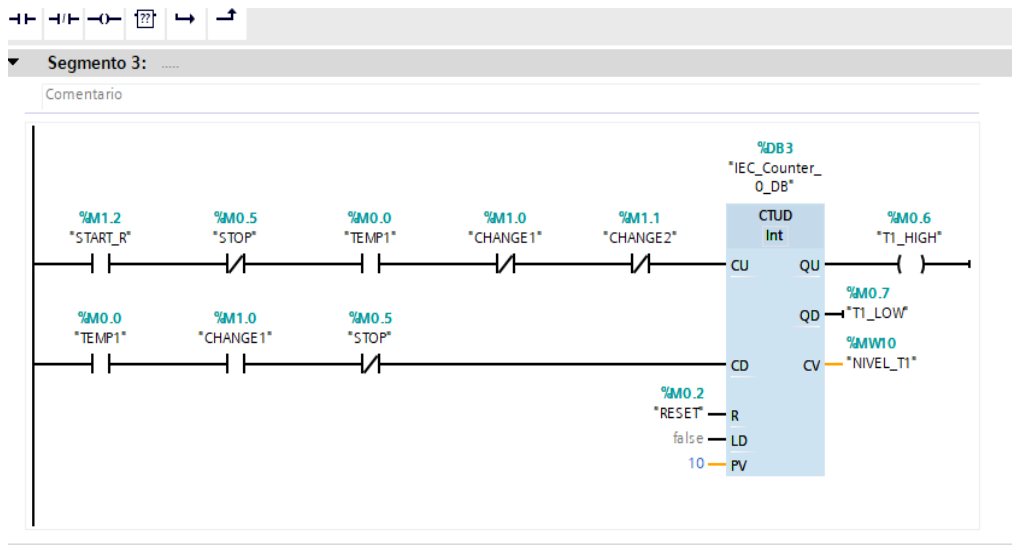
Segmento 2 de trabajo.



Nota. Elaboración propia.

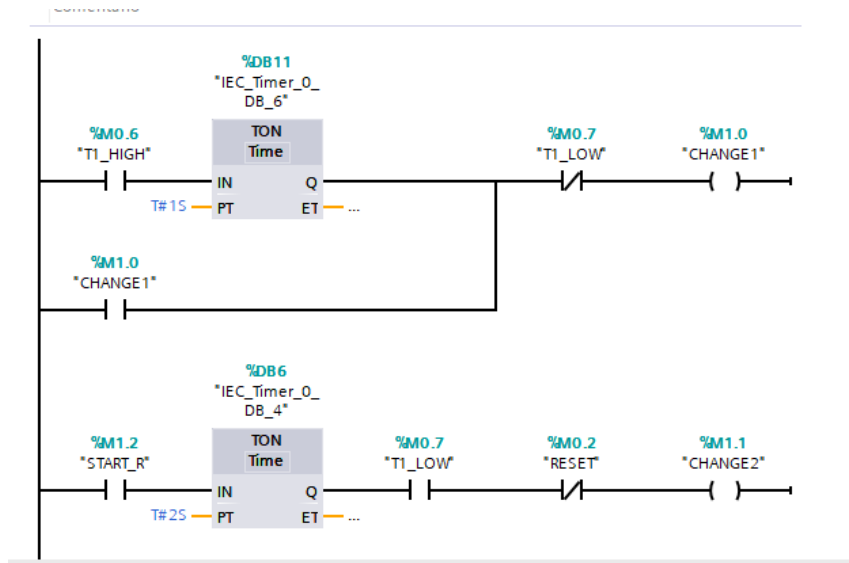
La figura 21 nos muestra el inicio del programa, la variable STAR es accionada desde el programa Labview, el cual usamos para escribir sobre la variable interna que hemos creado (START_R) dando inicio al proceso.

Figura 22
Segmento 3 de trabajo



Nota. Elaboración propia.

En la figura 22 utilizamos un contador de tipo ascendente y descendente de tal manera que aquí el tanque empiece a llenar se requiere que se inicie el programa por lo que a su entrada ascendente se coloca la variable START_R, a su continuación la variable STOP aquella esta negada y su accionar apagaria el proceso y por ultimo CHANGE 1 y CHANGE 2, son variables que detendran el proceso una vez sea llenado el tanque, e impediran que se llene de manera continua si es que no se lo hemos pedido. En la parte posterior se observa otra vez la señal TEMP1 de reloj y CHANGE 1 el cual se accionara una vez se llegue al nivel alto del tanque, permitiendo que se de inicio al vaciado de este mismo y por consecuencia inicie el llenado del siguiente tanque. Para agregar, el valor de PV es el nivel de tanque maximo.



Nota. Elaboración propia.

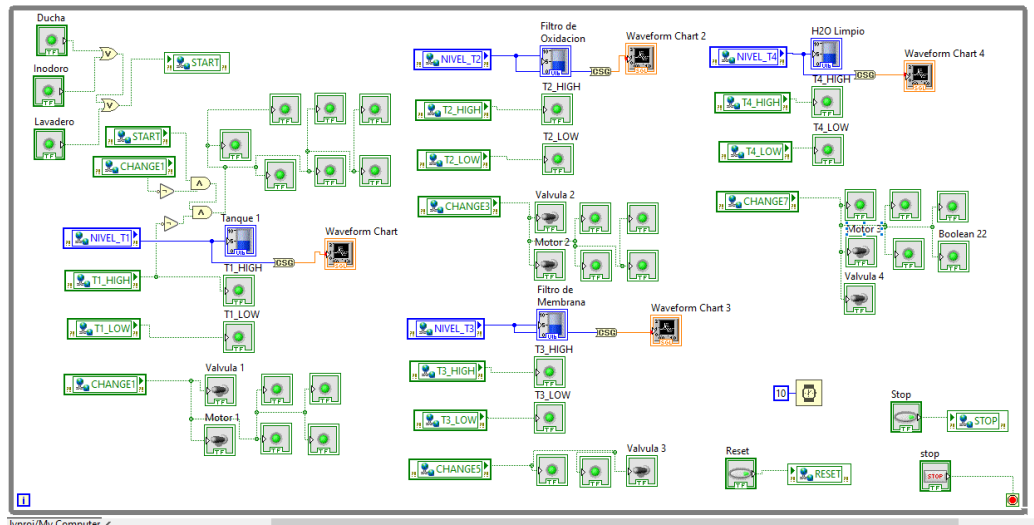
En la figura 23 visualizamos el cambio de proceso realizando el paso de llenado a vaciado del tanque 1, el valor T1_HIGH sera activado en cuanto el tanque se llene, le asignamos un pequeño retardo que permita al programa proseguir, y se acciona CHANGE 1, permitiendo que se inicie la etapa de vaciado y a su vez interrumpe el llenado. Cabe mencionar que el vaciado se realizara hasta que el valor de T1_LOW cambie, es decir cuando el tanque quede vacio. En la siguiente linea vemos que el accionar de START_R y T1_LOW, acciona la variable CHANGE2, esta parte comprende una vez termine de realizarse el llenado y vaciado, la variable CHANGE 2 impide que se realice un nuevo llenado, este procedimiento se repite para los posteriores 3 tanques.

3.3 Programacion con LabVIEW.

Para nuestro entorno de trabajo de desarrollo grafico se decidio operar con el software LabVIEW, ya que este nos da la alta garantia al momento de trabajar junto con PLC, en la figura 24 se muestra la programacion completa de nuestra simulacion.

Figura 24

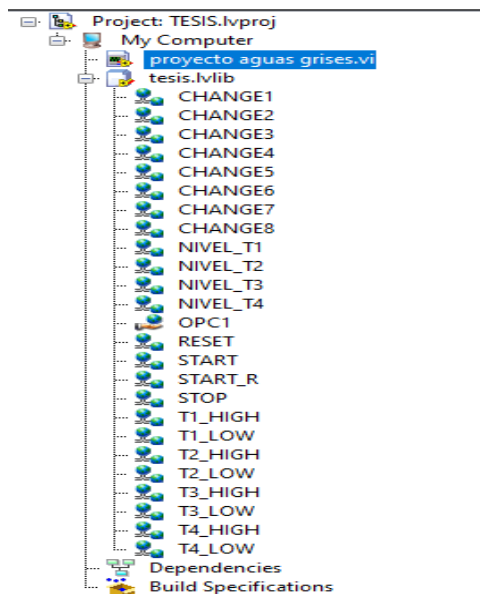
Programación en LabVIEW del diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises.



Nota. Se muestra la programación donde utiliza un While Loop para que nuestro programa se ejecute y empiece la simulación. Elaboración propia.

Figura 25

Indicación de variables y lenguaje que se aplica.



Nota. Elaboración propia.

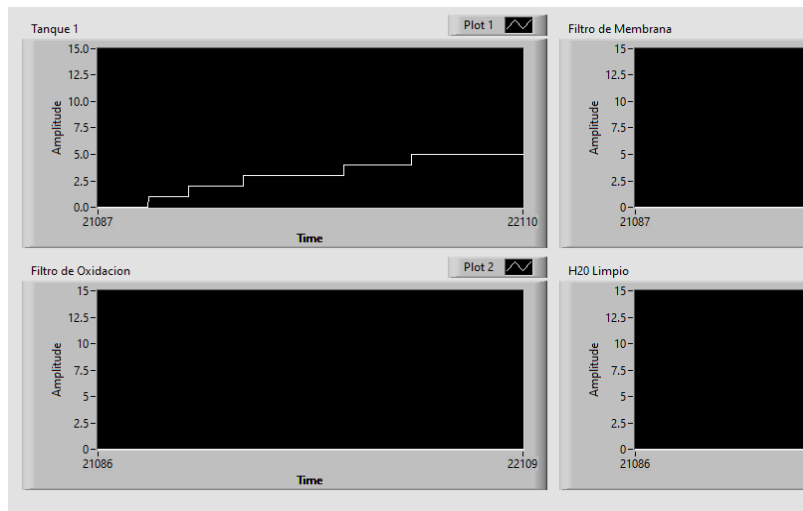
En la figura 25 se visualiza el tipo de comunicación que se está utilizando (OPC server), de tal manera que se crearon las siguientes variables, las cuales son las mismas a las que contiene el programa TIA PORTAL, en pocas palabras si una de ellas cambia de estado en TIA PORTAL también lo hará en LabVIEW (escritura/lectura).

3.3.1 Comportamiento del llenado y vaciado de tanques

Para tener una verificación de que los tanques de pre-recolección y recolección de aguas residuales estén realizando el llenado y vaciado correctamente, en la siguiente figura 26 observamos el comportamiento gráfico del llenado del tanque de pre-recolección.

Figura 26

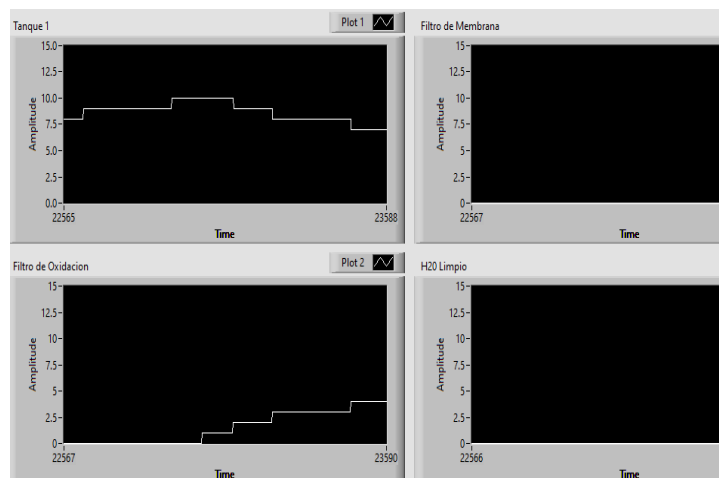
Comportamiento del llenado de tanque Pre-recolección.



Nota. En la figura 26 se muestra el comportamiento de llenado en el primer recuadro, iniciando la subida de la amplitud, es decir el tanque empieza a llenarse. Elaboración propia.

Figura 27

Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.



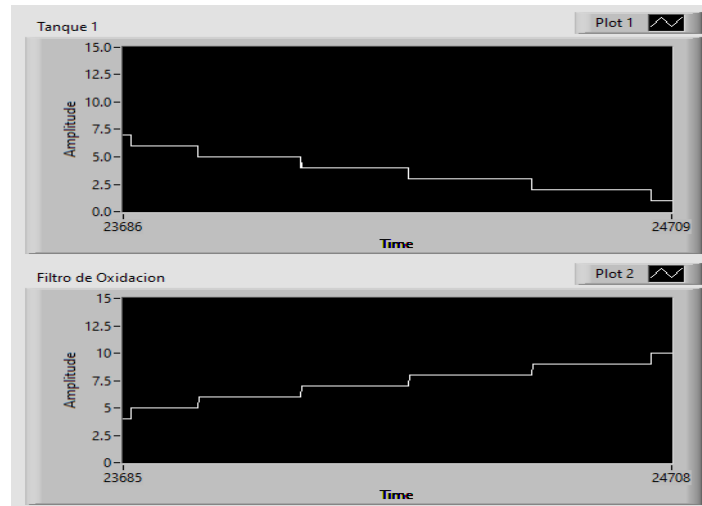
Nota. Elaboración propia.

La figura 27 nos indica que, una vez llegado al nivel máximo de 10, empieza a

vaciarse el primer tanque (primer recuadro) y por consecuencia se llena el tanque 2 (segundo recuadro) de esta manera se observa el comportamiento que se presenta.

Figura 28

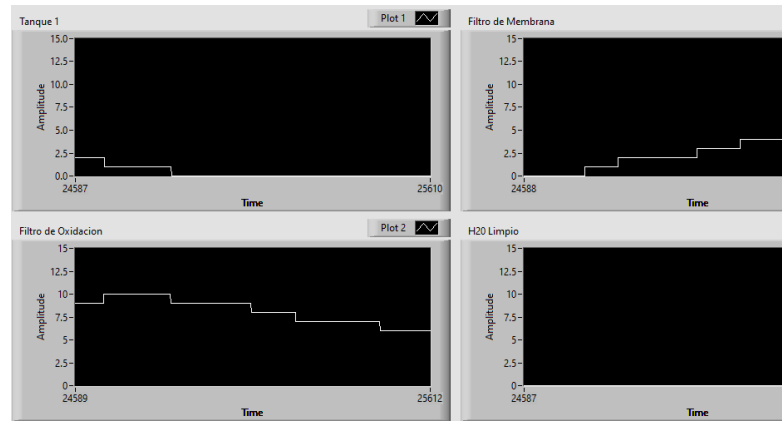
Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.



Nota. Comportamiento del vaciado del tanque 1 y llenado del tanque 2 (filtrado numero 1).Elaboración propia.

Figura 29

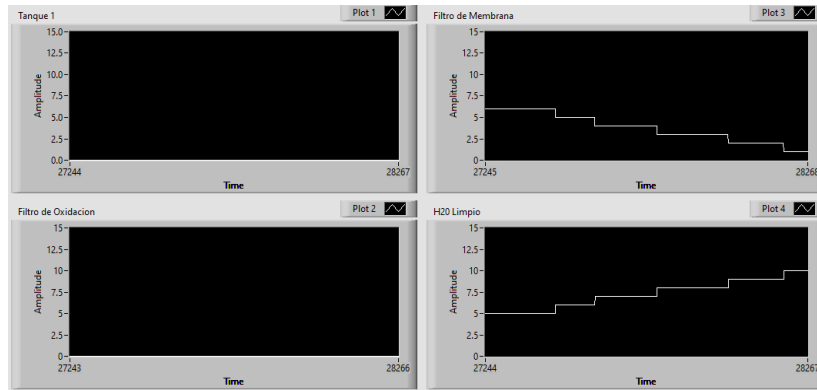
Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.



Nota. Se aplica el vaciado del tanque 2 y llenado del tanque 3 (filtrado 2). Elaboración propia.

Figura 30

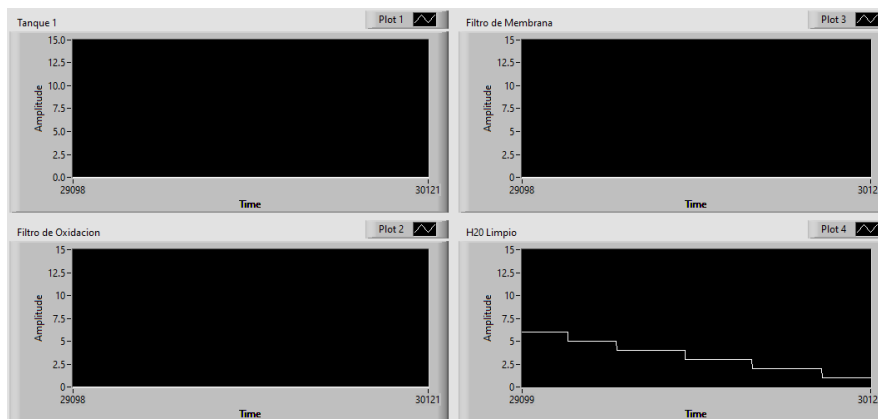
Comportamiento del vaciado y llenado de tanques.



Nota. En la siguiente figura 30 se aplica el vaciado del tanque 3 y llenado del tanque 4 (H2O purificada). Elaboración propia.

Figura 31

Comportamiento del vaciado final.

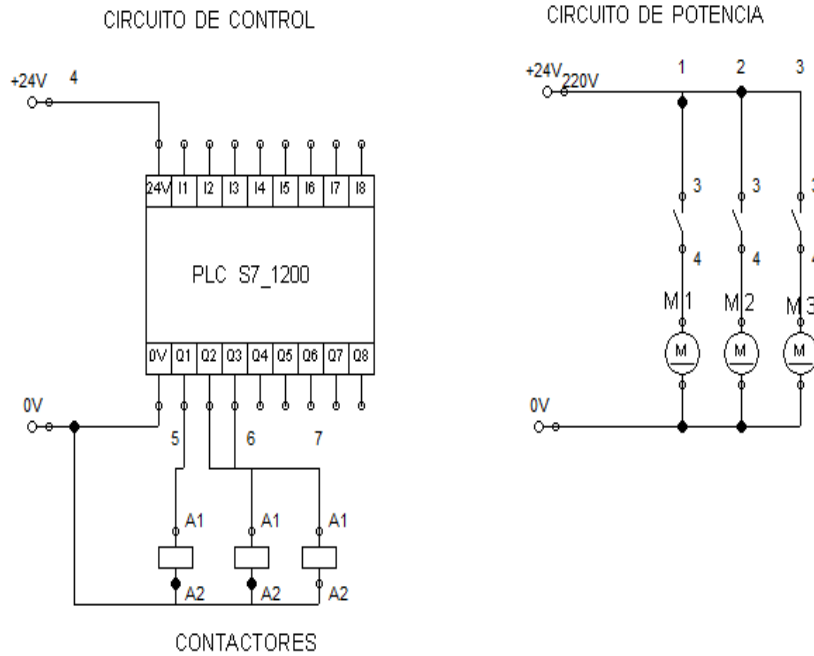


Nota. Finalmente, en la figura 31 aplicamos el vaciado del tanque 4 para el riego por goteo en los campos de cultivo. Elaboración propia.

3.4 Diagramas electricos.

En este caso así como tenemos nuestras etapas de programación en diferentes puntos también es adecuado señalar la parte eléctrica, ya que es una herramienta positiva para la explicación de la instalación de equipos a un circuito. En la figura 32 mostramos el circuito de control para las electrobombas con las que se trabajará.

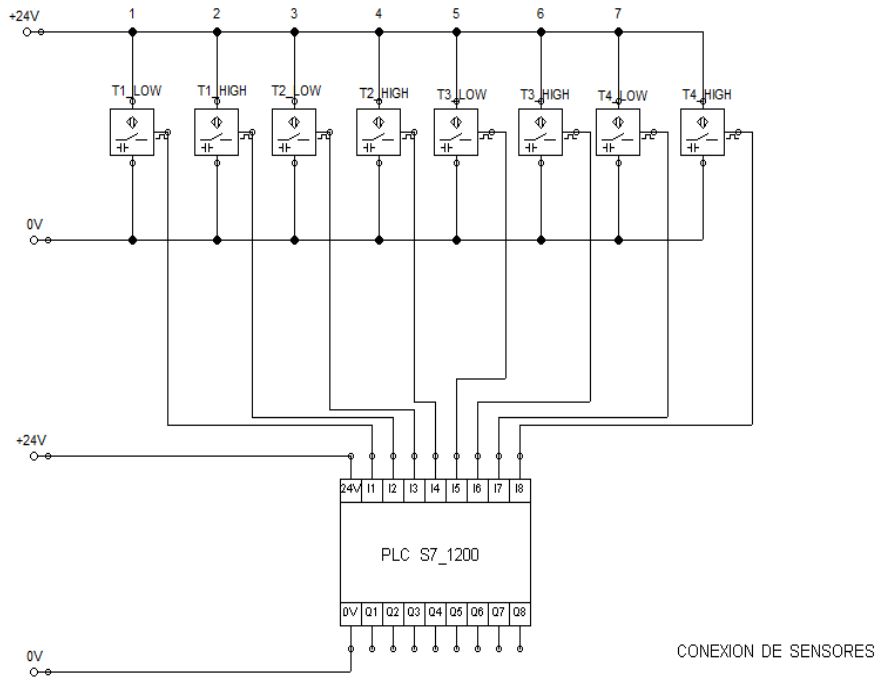
CONEXION DE ELECTROBOMBAS



Nota. Elaboración propia.

La figura 32 nos muestra nuestro PLC, el cual mediante las salidas O1, O2 y O3 accionara los motores M1, M2 y M3, para ello se requiere de contactores los cuales mediante relays separan la etapa de control y de potencia; además en la parte derecha se ve el circuito de potencia, como se observa depende del accionar de los contactores.

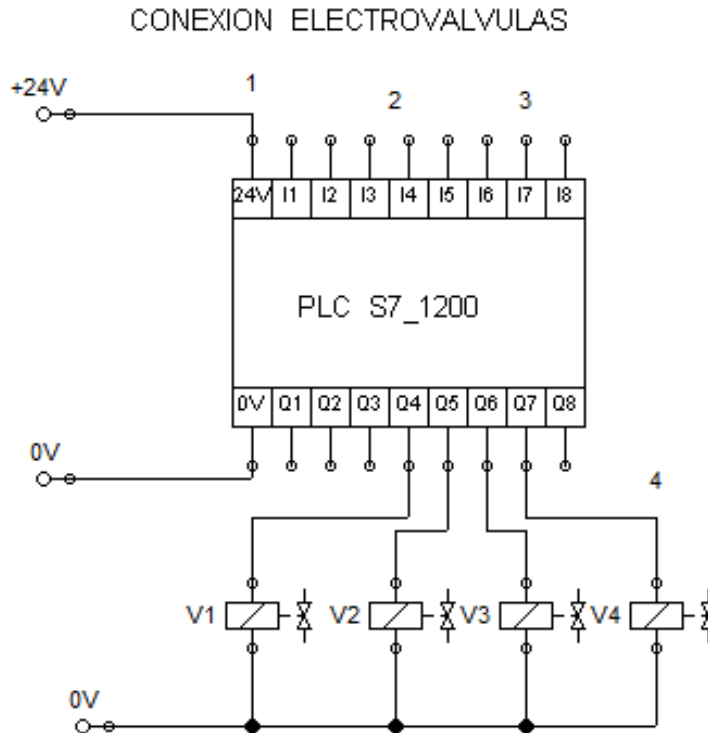
Circuito de sensores de nivel.



Nota. Las entradas digitales de nuestro PLC s7_1200 para conectar cada uno de los sensores de nivel de nuestro proceso. Elaboración propia.

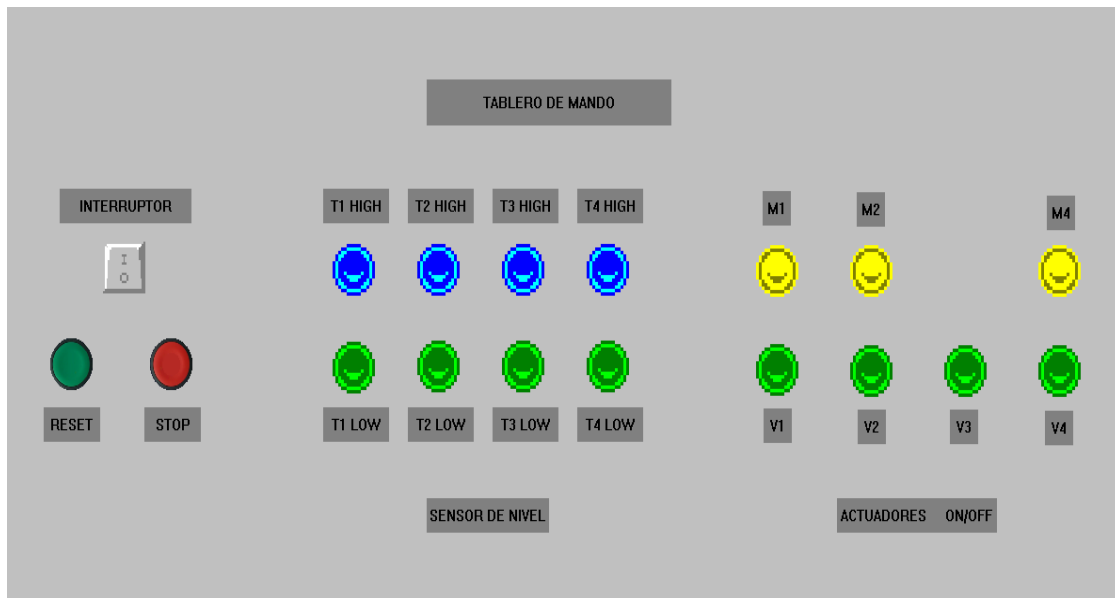
Figura 34

Circuito de electroválvulas.



Nota. Las salidas digitales O4, O5, O6 y O7 y las conectamos directamente a cada una de las electroválvulas. Elaboración propia.

Figura 35
Tablero de mando del usuario



Nota. Elaboración propia.

Este tablero consta de un interruptor principal que es el encargado de encender nuestro tablero de mando de usuario, además está conformado por un botón de RESET y STOP; el cual determina el reseteo del sistema. Por otro lado, visualizamos las lámparas piloto de los sensores de nivel que identifican el nivel bajo y alto del llenado de los tanques; por último, las lámparas piloto de las válvulas y bombas que nos indican el estado on/off del proceso de tratamiento.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A partir de nuestro diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar, se logró un funcionamiento de mayor productividad con el propósito de aplicarlo en el riego de zonas ecológicas y agrícolas.

El dimensionamiento de los elementos como actuadores, sensores y filtros de tratamiento ayudó a conocer el diseño de una forma más específica, ya que en el caso de las electrobombas tuvimos que tener en cuenta los detalles de trabajo, de manera que se cumplió el rol operativo del vaciado y llenado en las diferentes etapas de control.

En función a los sensores de nivel se tomó en cuenta el diseño y las especificaciones, evitando una mala elección para nuestro sistema de señal de mando. También, para el control del paso de fluido en las tuberías se emplearon electroválvulas siendo estas fundamentales para el desarrollo del sistema de simulación electromecánico. Por último, optamos por dos tipos de filtros para las etapas de tratamiento de las aguas residuales, de manera que el filtro de carbón nos facilitó la eliminación de productos sintéticos, orgánicos e inorgánicos y el filtro de membrana eliminó moléculas de diversos tamaños y sustancias químicas, obteniendo como resultado el agua tratada.

Además, para el control y manejo del sistema de simulación se utilizó el lenguaje de programación adecuado, pues las variables de entradas y salidas introducidas en el Tia Portal funcionaron correctamente y para el entorno de comportamiento y representación gráfica, se empleó ciclos While Loop en la plataforma Labview de manera que este nos dio la alta garantía al momento que se trabajó junto con el PLC.

Respecto al estudio presentado por (Alesis et al., 2015), donde él propone un sistema de tratamiento de aguas grises provenientes de la lavadora y aguas pluviales como

solución para el ahorro de agua potable en el uso de la descarga del sanitario. Por ello, en el presente estudio se presentó un sistema óptimo con el fin de reutilizarlo en los campos de cultivos mediante un riego por goteo.

Por otro lado, en el presente estudio se seleccionaron electrobombas de capacidad de 220 voltios y 1HP para el llenado y vaciado de los tanques, también electroválvulas que a diferencia de otros estudios (Grisés et al., 2017) optaron por utilizar bombas normales que son de mayor consumo eléctrico; así como también el caso de (Hipólito Carbajal Morán, Javier Francisco Márquez Camarena, Marco Aurelio Rosario Villarreal, 2021) que emplearon válvulas manuales.

4.2 Conclusiones

De acuerdo a lo desarrollado en el presente trabajo se implementó un sistema de reutilización de aguas grises utilizando los softwares Autodesk Inventor, LabVIEW y Tia Portal, concluyendo lo siguiente:

- ✓ Conclusión 1, se diseñó un sistema reutilizable para el tratamiento de las aguas grises en una vivienda unifamiliar de Huaral.
- ✓ Conclusión 2, se simuló el diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar.
- ✓ Conclusión 3, se dimensionó la electromecánica del diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar.
- ✓ Conclusión 4 Se localizó los puntos de captación que permitieron el diseño de un sistema reutilizable para el tratamiento de aguas grises en una vivienda unifamiliar.
- ✓ Conclusión 5, se reutilizó y filtró el agua, logrando el objetivo de acuerdo al diseño y simulación.
- ✓ Conclusión 6, de acuerdo a la representación gráfica en Grafcet se cumplió el proceso autómata del PLC.

REFERENCIAS

- Adfer Dazne. (2017). Reciclado de Aguas Grises domésticas | Tanque Sistema Brac. 2
Mayo, 2017, 1–6.
- Agudelo, G., Aignerren, M., & Restrepo, J. R. (2008). EXPERIMENTAL Y NO-
EXPERIMENTAL. *La Sociología En Sus Escenarios*, 18.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/ceo/article/view/6545>
- Alesis, D., Mira, O., Elkin, A. :, & Henao Bravo, E. (2001). *IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA
Y EL AGUA RESIDUAL DE LA LAVADORA*.
- Almomani, F., Bhosale, R., Kumar, A., & Khraisheh, M. (2018). Potential use of solar
photocatalytic oxidation in removing emerging pharmaceuticals from wastewater: A
pilot plant study. *Solar Energy*, 172, 128–140.
<https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2018.07.041>
- Candiotti Lima, E. (2014). *Sistema de Tratamiento de Aguas Grises para Fomentar el
Ahorro Hídrico en el Edificio Multifamiliar*. 1–63.
- Cegarra, S. (2012). *Sistema electrónico de recuperación de aguas grises por fotocátalisis
solar para riego de cultivos | Revista Científica*. 2012.
<https://revistacientifica.edu.pe/index.php/revistacientifica/article/view/11>
- Espinal Velásquez, C. M. O. A. (2013). Diseño y simulación de un sistema para el
reciclaje de aguas grises en el hogar. *2013*, 1–76.
- Flotender, R. (2015, May). *Sistema de aguas grises para riego por goteo*.
- GreyWater. (2011, February). *Sistemas de tratamiento de aguas*. 2011.
- Grises, A., El, E. N., Cristian, H., Espinal, M., David, V., Acosta, O., David, J., Garcia,
R., Tecnológica, U., Pereira, D. E., & De, F. (2014). *CONSTRUCCIÓN DE UN*

Hipólito Carbajal Morán, Javier Francisco Márquez Camarena, Marco Aurelio Rosario

Villarreal, C. A. G. M. (2021). *Vista de Sistema electrónico de recuperación de aguas grises por fotocátalisis solar para riego de cultivos*.
<https://revistacientifica.edu.pe/index.php/revistacientifica/article/view/11/32>

Juan Carlos Cruz-Ardila, Diego Fernando Gómez-Etayo, Luz Karime Sánchez-Mina, & Juan Carlos Cuervo-Ballesteros. (2014). Aplicación electrónica para el ahorro de agua en una vivienda familiar. *Scielo*, 1–9.

Navarro, E. (2005). *Mecánica de Fluidos - 6ta Edición - Robert L. Mott.pdf*.
https://www.academia.edu/31396567/Mecánica_de_Fluidos_6ta_Edición_Robert_L_Mott_pdf

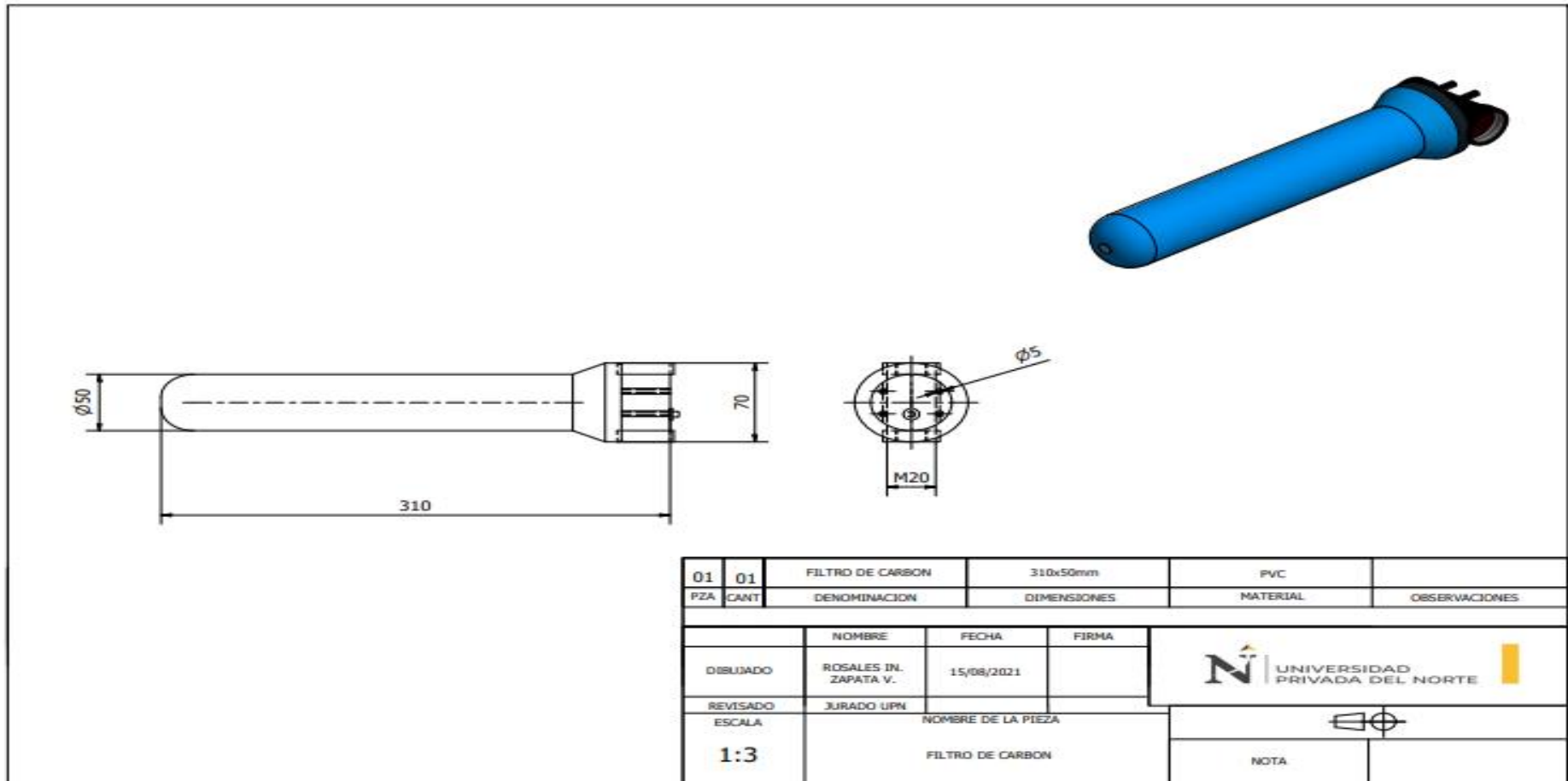
Rivadavia Huarmaní, E. (2018, September). *Metadatos: Evaluación de recirculación de agua gris a nivel domiciliario para abastecimiento de descarga de inodoros en una construcción a escala real, ubicada en la ciudad de Juliaca - 2017*Autor: Alicia.

Sanz, A., Tutora, A., Consuelo, :, Román, A., & Aula, _ . (2016). *EDIFICIOS ECOAGUA SISTEMAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES APLICADOS A EDIFICIOS EXISTENTES*.

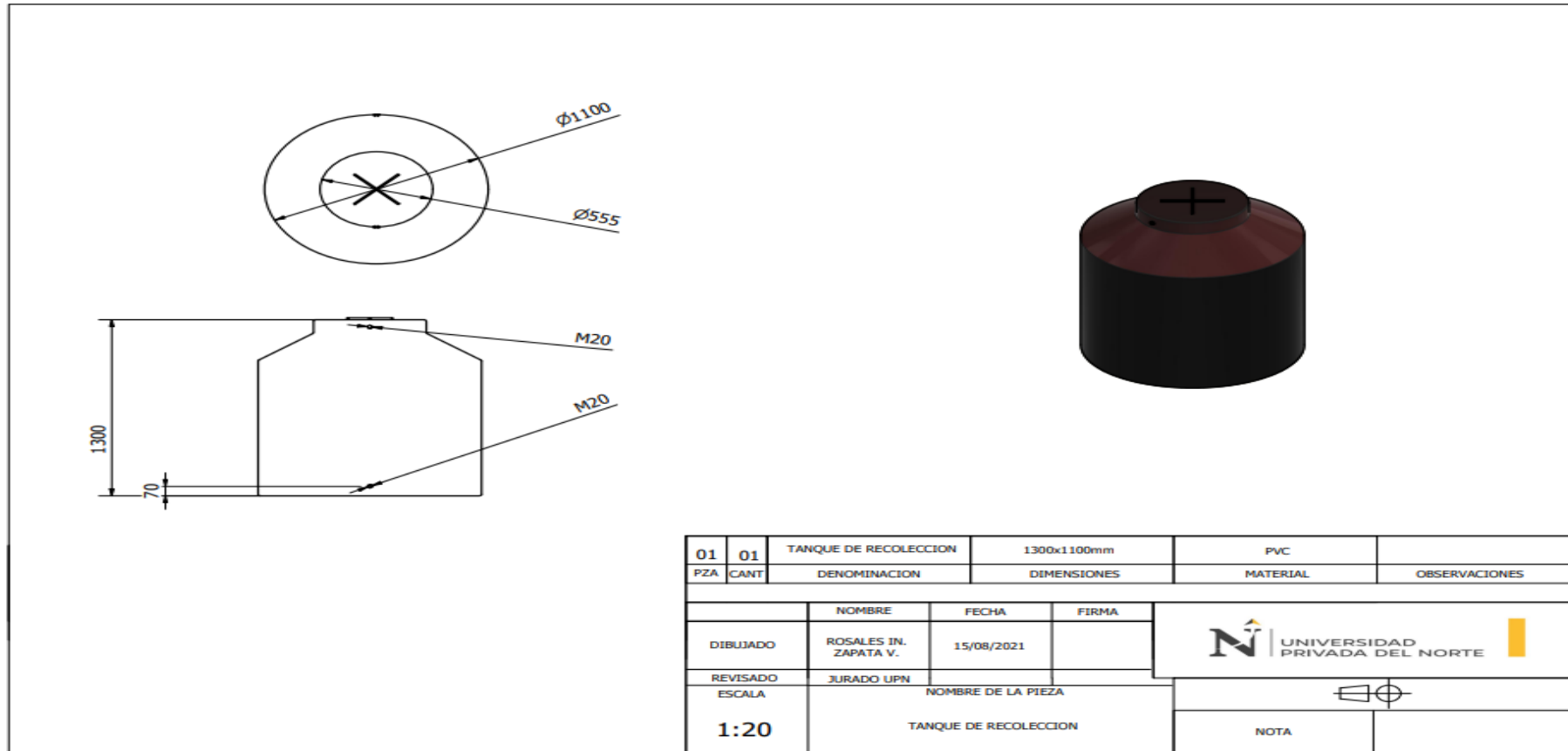
Soliclima. (2013, August). *Reciclaje de aguas grises y pluviales*. 2013.

ANEXOS

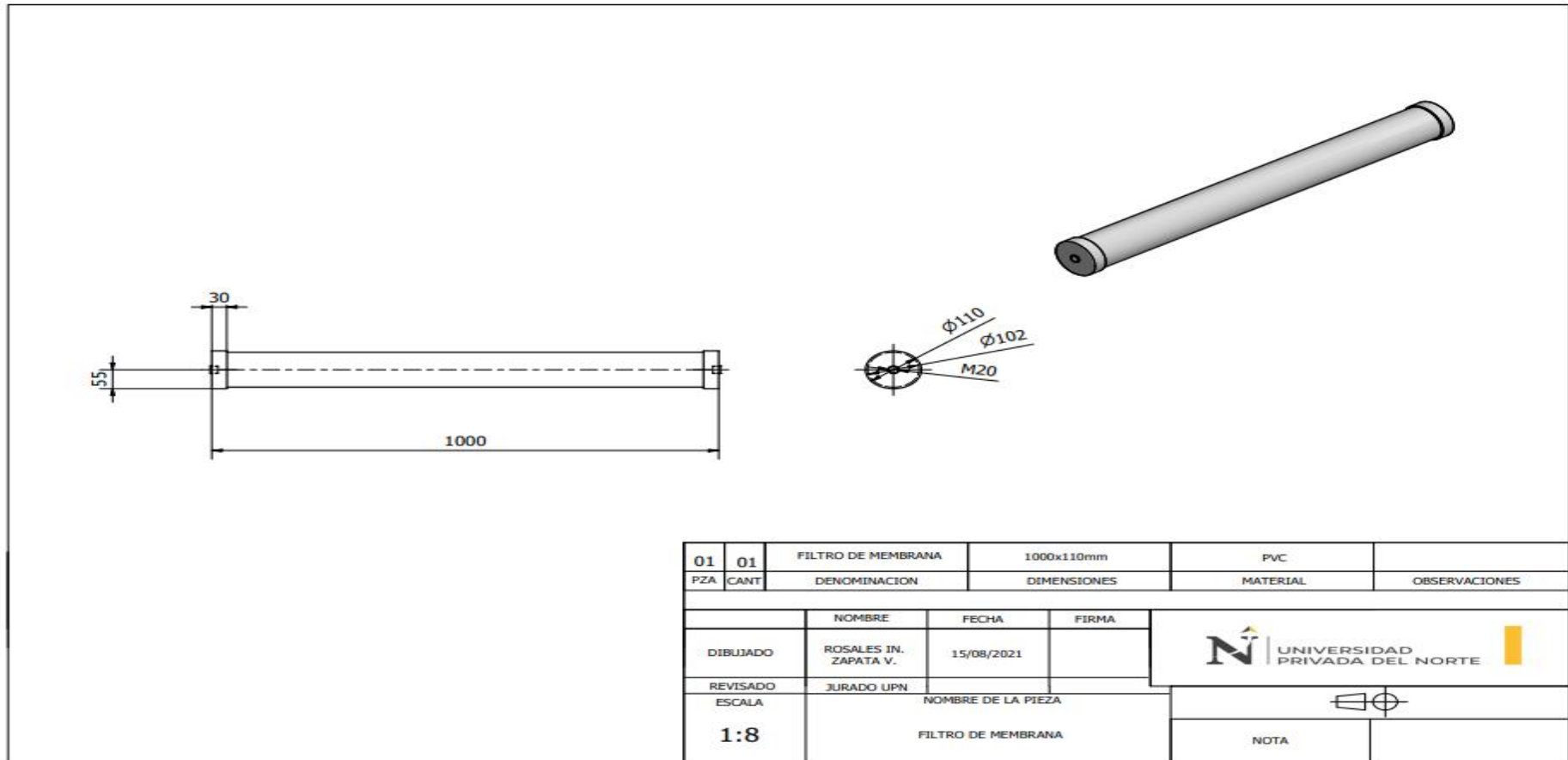
Anexo N°1: Plano del Filtro de Carbón activo.





Anexo N°2: Plano del Tanque de pre-recolección.



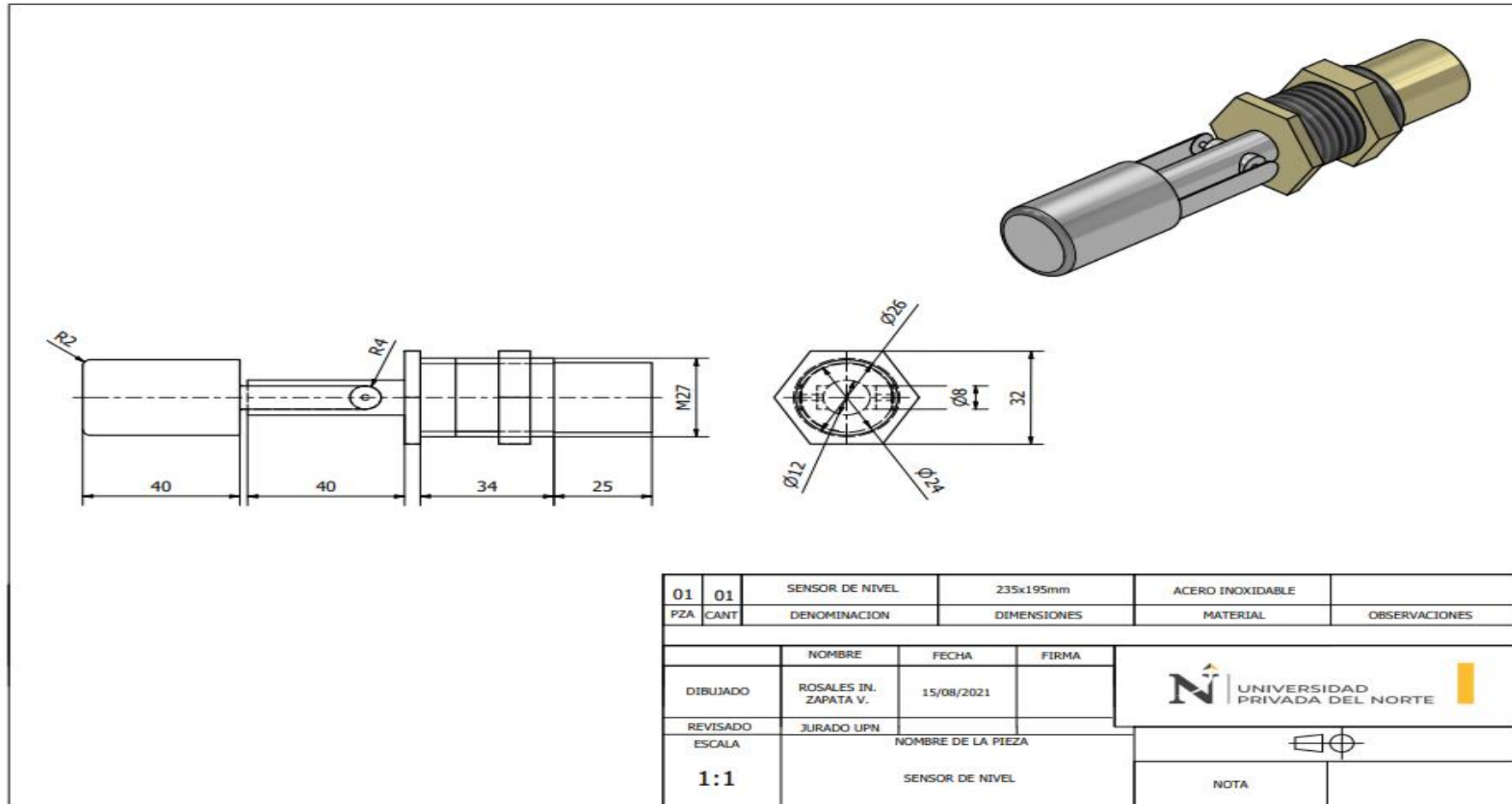
Anexo N°3: Plano del filtro de membrana.



Anexo N°4: Plano de la Electroválvula.

01	01	ELECTROVALVULA	70x20mm	ACERO INOXIDABLE	
PZA	CANT	DENOMINACION	DIMENSIONES	MATERIA	OBSERVACIONES
		NOMBRE	FECHA	FIRMA	
DIBUJADO		ROSALES IN. ZAPATA V.	15/08/2021		
REVISADO		JURADO UPN			
ESCALA		NOMBRE DE LA PIEZA			
1:1		ELECTROVALVULA			
				NOTA	

Anexo N°5: Plano del sensor de nivel.



Anexo N°6: Plano de explosión del sistema de reutilización

