



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA PARA INODORO
QUE PERMITA RECOLECTAR AGUAS GRISES DE DUCHAS O
LAVABOS”**

AUTOR: Jordan Steven Narvárez Guerra

DIRECTORA: PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio

Ibarra, 2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003170337		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Narváez Guerra Jordan Steven		
DIRECCIÓN:	Ibarra		
EMAIL:	jsnarvaezgj@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	26012426	TELÉFONO MÓVIL:	0990265607

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA PARA INODORO QUE PERMITA RECOLECTAR AGUAS GRISES DE DUCHAS O LAVABOS”
AUTOR (ES):	Narváez Guerra Jordan Steven
FECHA: DD/MM/AAAA	29/03/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	PhD. Brizeida Nohemí Gámez Aparicio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de marzo de 2022.

EL AUTOR:

Firma

Nombre: Narváez Guerra Jordan Steven

Cédula: 100317033-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

Certificación

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA PARA INODORO QUE PERMITA RECOLECTAR AGUAS GRISES DE DUCHAS O LAVABOS”, certifico, que el presente trabajo fue desarrollado por el egresado Narváez Guerra Jordan Steven, bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:
BRIZEIDA NOHEMI
GAMEZ APARICIO

Ing. Brizeida Gámez, PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida, salud y por guiar mi camino. Por acompañarme en cada etapa de mi existencia y llenarme de sabiduría para poder superar cada problema y acontecimiento que fueron aconteciendo en mi vida estudiantil.

A mi madre Clara Guerra quien supo apoyarme, brindarme amor y confianza incondicional. Por brindarme su ayuda la cual me permitió cumplir con cada una de mis metas y a mis hermanos quienes me alentaron y apoyaron a terminar con mis estudios.

Quiero agradecer también, a mi pareja Digna Ichau quien supo brindarme su apoyo incondicional y por motivarme a cumplir cada una de mis metas y a proponerme nuevos objetivos en mi vida.

A mis docentes, quienes supieron nutrir el conocimiento que fui adquiriendo en toda la travesía de mi vida estudiantil. A mi tutora quien me brindó todo su apoyo, sus consejos y comprensión que pudieron ayudarme a cumplir con los requisitos del proyecto y lograr culminarlo correctamente.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi madre Clara Guerra y a mi pareja Digna Ichau quienes me apoyaron en cada etapa, quienes me brindaron ánimos y consejos los cuales permitieron cumplir mis metas e impulsar mis objetivos a nuevos niveles. A mi hijo Liam Narváez quien fue la motivación más grande para cumplir la culminación del proyecto. Estoy sumamente agradecido con todos por apoyarme y ser la motivación para cumplir mis metas.

Jordan Steven Narváez Guerra

RESUMEN

Se presenta el diseño y construcción de un sistema de reutilización de aguas grises para inodoro, con la finalidad de ayudar a disminuir el consumo de agua y reutilizando el líquido para otros objetivos, específicamente para descargar el inodoro. Adicionalmente, con la implementación de este sistema se pretende solucionar la falta de agua en ciertas épocas del año en sectores en zonas donde no existe un constante abastecimiento de líquido que es muy necesario para el uso diario. En el desarrollo de la solución se analizan criterios y limitaciones de diseño. Se plantearon varias alternativas de solución y se utilizaron diferentes métodos para seleccionar la mejor opción. Para el inodoro se obtuvo un modelo que no afecta la funcionalidad de sistema original el cual ofrece como ventajas que requiere poco mantenimiento es seguro para el usuario. Este sistema cuenta con sensores sencillos de manipular e instalar. Posee un microcontrolador fácil de optimizar en caso de mejorar la funcionalidad del sistema. Los dispositivos que se implementaron en el sistema son fáciles de adquirir y su costo es sumamente accesible, en comparación con otros dispositivos en el mercado; además, su implementación y mantenimiento es muy sencillo.

ABSTRACT

The design and construction of a gray water reuse system for a toilet is presented in order to help reduce water consumption and reuse the liquid for other purposes, specifically to flush the toilet. In addition, with the implementation of this system it is intended to solve the lack of water at certain times of the year in sectors in areas where there is no constant supply of liquid that is very necessary for daily use. In the development of the solution, design criteria and limitations will be analyzed. Several alternative solutions were proposed, and different methods were used to select the best option. For the toilet, a model was obtained that does not affect the functionality of the original system, which offers the advantages that it requires little maintenance and is safe for the user. This system has sensors that are easy to handle and install. It has a microcontroller that is easy to optimize in case of improving the functionality of the system. The devices that are implemented in the system are easy to acquire and their cost is extremely affordable, compared to other devices on the market; In addition, its implementation and maintenance is very simple.

.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	IX
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo general	4
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcance.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO REFERENCIAL	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Marco Teórico	7
2.2.1 Métodos de recolección de agua para reutilizar	7
2.2.2 Métodos de desinfección de agua residual	10
2.2.3 Aguas grises	11
2.2.4 Método de reutilización de aguas	13
CAPÍTULO III	17
MARCO METODOLÓGICO	17
3.1 Modelo de la investigación	17
3.1.1 Diseño de la investigación.....	17
CAPÍTULO IV	21
RESULTADOS Y ANÁLISIS	21
4.1 Especificaciones del sistema a diseñar.....	21
4.1.1 Criterios del sistema a diseñar.....	21
4.1.2 Restricciones del sistema a diseñar.	22
4.1.3 Planteamiento de alternativas de solución.....	22
4.1.4 Selección de la mejor solución.....	27
4.3 Especificaciones del sistema diseñado	36
4.3.1 Sistema hidráulico	37
4.3.2 Sistema eléctrico	44
4.3.3 Diseño del circuito del sistema.....	49
4.3.4 Fabricación y ensamble	50
4.3.5 Pruebas del funcionamiento	52
Conclusiones	57
Recomendaciones	59

REFERENCIAS	60
ANEXOS.....	65
ANEXO 1: FLUJOGRAMA	65
1 Secuencia.....	65
4.4 Código de programación en Arduino	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa geográfico sobre los niveles de agua en el mundo [3]	1
Figura 2.1 Método de recolección de aguas grises de uso doméstico [7].	8
Figura 2.2 Método de recolección de agua por captación de lluvias [8].	9
Figura 2.3 Métodos de recolección de aguas por captación de nieblas [9]	9
Figura 2.4 Aplicación de luz ultravioleta para eliminar virus en superficies [10]	11
Figura 2.5: Fuentes de aguas grises en viviendas [12]	12
Figura 4.1 Alternativa de solución N°1, (a) vista frontal, (b) vista isométrica	23
Figura 4.2 Alternativa de solución N°2, (a) vista frontal,(b) vista dimétrica	25
Figura 4.3 Alternativa de solución N°3, (a) vista superior ,(b) vista dimétrica	26
Figura 4.4 Matriz QFD de los criterios y restricciones del sistema a diseñar	331
Figura 4.5 Alternativa de solución N°3, (a) vista dimétrica ,(b) vista frontal	337
Figura 4.6 Codo de PVC 1/2" para agua	40
Figura 4.7 Unión universal de tubos PVC de agua	41
Figura 4.8 Recipiente de 20 litros.....	41
Figura 4.9 Electroválvula de 12v de agua.	46
Figura 4.11 Catálogo comercial de tuberías [24]	339
Figura 4.12 Tubería de PVC para agua 1/2"	40
Figura 4.13 Válvula de retención de 1" [19]	43
Figura 4.14 Adaptador para tanque de 1/2 PVC.....	42
Figura 4. 15 Representación del microcontrolador Arduino Uno [25].....	45
Figura 4. 16 Relé (5VD/110VDC) [26].....	46
Figura 4.17 Sensor flotador [27]	47
Figura 4.18 Fuente de alimentación de 5 VDC [28].....	48
Figura 4. 19 Diseño de la caja de protección.....	49
Figura 4.20 Diagrama de conexión de los elementos del sistema.....	5060

Figura 4.21 Construcción del sistema de almacenamiento.....	51
Figura 4.22 Diseño del enrutado para la placa PCB.....	51
Figura 4.23 Impresión 3D de la caja de protección de los circuitos.....	52
Figura 4.24 Instalación del dispositivo en el inodoro. (a) instalación sistema de abastecimiento, (b) sistema de reutilización de agua.	53
Figura 4.25 Bomba de agua de 110 v	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Niveles de extracción de agua en Latinoamérica [6].....	2
Tabla 2.1 Características de las aguas grises [12]	12
Tabla 2.2 Proporciones de disolución del cloro. [17].....	14
Tabla 4.1 Lista de elementos que conforman la alternativa de solución N°1	24
Tabla 4.2 Lista de elementos que conforman la alternativa de solución N°2	25
Tabla 4.3 Lista de elementos que conforman la alternativa de solución N°3	27
Tabla 4.4 Tabla de ventajas y desventajas de las alternativas planteadas.	27
Tabla 4.5 Asignación de nomenclatura a criterios.	30
Tabla 4.6 Comparación de criterios y ponderación.....	332
Tabla 4.7 Comparación de alternativas con el criterio 1	332
Tabla 4.8 Comparación de alternativas con el criterio 2.	333
Tabla 4.9 Comparación de alternativas con el criterio 3.	333
Tabla 4.10 Comparación de alternativas con el criterio 4.	333
Tabla 4.11 Comparación de alternativas con el criterio 5.	334
Tabla 4.12 Comparación de alternativas con el criterio 6.	334
Tabla 4.13 Comparación de alternativas con el criterio 7.	334
Tabla 4.14 Comparación de alternativas con el criterio 8.	335
Tabla 4.15 Comparación de alternativas con el criterio 9.	335
Tabla 4.16 Ponderación final de cada alternativa.....	336
Tabla 4.17 Lista de elementos que conforman la alternativa de solución N°3	337
Tabla 4.18 Propiedades de la bomba de 110 v	44
Tabla 4.19 Especificaciones del microcontrolador arduino uno	45
Tabla 4.20 Especificaciones del relé (5VDC/110VDC).....	47
Tabla 4.21 Especificaciones del sensor de nivel ZP5210.....	48
Tabla 4.22 Tiempos de respuesta del sistema al cambio de estado de los sensores	55

Tabla 4.23 Resultados de las pruebas realizadas al sistema..... 55

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

En el presente capítulo se da a conocer el problema en estudio y sus posibles causas. Además, se indican los elementos que definen la investigación específicamente los objetivos, alcance y aspectos que justifican la investigación

1.1 Planteamiento del problema

El agua es un recurso muy valioso que antes era considerado infinito, pero que hoy en día su existencia es limitada ya que es cierto que existe en grandes cantidades en el planeta, pero solo una parte es apta para el consumo debido a causas como: solo una pequeña porción no es salada, existe una alta contaminación de agua dulce, así como sobreexplotación de recursos, uso inadecuado, entre otros [1].

Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos el consumo del agua ha ido aumentando 1% anualmente, y su aumento se estima que será constante hasta el 2050, es decir, aumentará hasta un 30% debido en parte al aumento de la población, uso del agua en sectores industriales y domésticos [2]. Esta estimación establece que para los próximos años la situación se complicará para muchas personas si no se establece una conciencia masiva sobre el uso del agua y su aprovechamiento [5]. En la figura 1.1 se muestran los niveles de agua potable en el mundo.

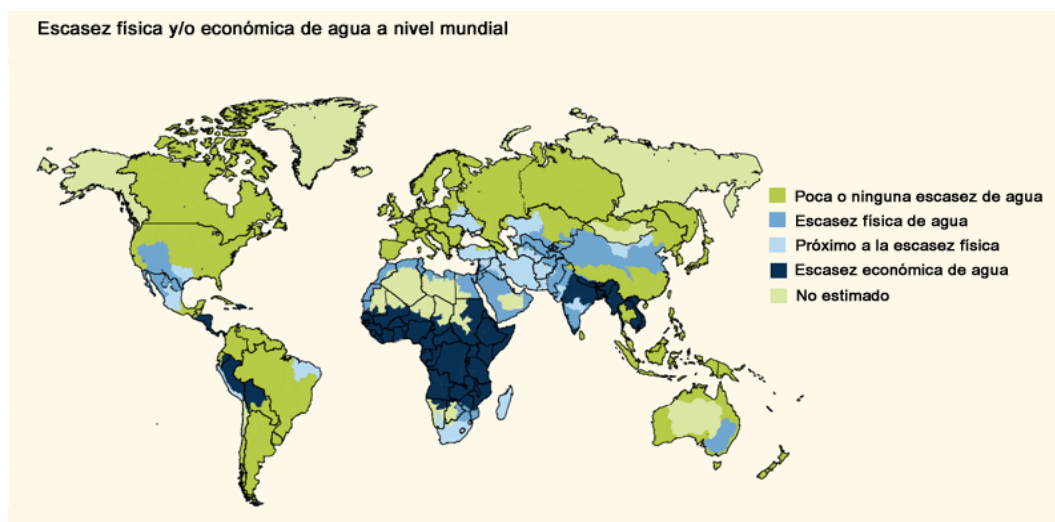


Figura 1.1 Mapa geográfico sobre los niveles de agua en el mundo [3]

Existen muchos países en los cuales hay una fuerte escasez de agua, en donde muchas personas padecen enfermedades causadas por la falta del líquido vital y en muchas ocasiones es causa de muerte. Cerca de 1200 millones de personas en el mundo sufren de escasez física del agua mientras que 500 millones se acercan a esta situación, y de forma similar 1600 millones de personas sufren de escasez económica de agua en donde los países no tienen infraestructura para transportar el agua de ríos o acuíferos [3]. La falta de agua provoca que 340 000 niños menores de cinco años mueran anualmente por enfermedades diarreicas que son causadas por falta de agua potable, es decir, aproximadamente 1000 niños al día mueren por la ausencia de líquido vital [4].

En América Latina y el Caribe la mayoría de la población tiene acceso a alguna fuente de agua, pero no existe una equidad en cuando al abastecimiento se refiere ya que existe una gran diferencia entre las zonas urbanas y rurales. Según [6], 37 millones de habitantes urbanos y 66 millones de habitantes rurales en América Latina carecen de algún servicio básico relacionado con el agua. En Argentina la mayor disponibilidad de recursos se encuentra en las regiones pampeana y mesopotámica, en cambio en el resto del país la mayor parte es árida [6]. En la tabla 1.1 se muestran los niveles de agua dulce en Latinoamérica.

Tabla 1.1 Niveles de extracción de agua en Latinoamérica [6]

Países	Agua dulce	Extracción anual	
	Metros cúbicos per capita 1.998	Miles de millones de metros cúbicos	% del total de los recursos
Argentina	27.865	29	2,8
Bolivia	38.625	1	0,4
Brasil	42.459	55	0,5
Chile	32.007	21	3,6
Colombia	26.722	9	0,5
Costa Rica	27.425	6	1,4
Cuba	3.120	5	23,5
Ecuador	26.305	17	1,8
El Salvador	3.197	1	5,3
Guatemala	11.030	1	0,6
Honduras	9.258	2	2,7
México	4.779	78	17
Nicaragua	37.467	1	0,5
Panamá	52.961	2	0,9
Paraguay	61.750	0	0,1
Perú	1.641	19	15,3
Rep. Dominicana	2.467	8	14,9
Uruguay	37.971	4	0,5
Venezuela	57.821	4	0,3

En el Ecuador los niveles de agua son bastante altos gracias a los ríos, lagunas o manantiales; pero igual que en otros países existen lugares en donde el agua no puede llegar de forma accesible [7]. Los organismos encargados de abastecer de agua se centran

en proveer cantidad en vez de calidad, por lo cual en varias zonas del país el agua no es recomendable para el consumo.

La conservación de los recursos hídricos es un tema muy importante debido al aumento de la población y a la disminución del agua potable debido a la contaminación, considerando que el agua no aumenta ni disminuye, pero es posible disminuir el agua por la contaminación por ella la conservación y la reutilización es un aspecto relevante que debe considerarse para garantizar el recurso a las futuras generaciones.

El consumo de agua en las zonas rurales es más selectivo debido a que los habitantes de las zonas rurales necesitan de grandes fuentes de agua para cultivos y para animales tanto como para el ganado como para los animales de granja. Los requerimientos de agua se ajustan forzosamente debido a la demanda, en promedio una persona, en esta zona, consume de 60 a 80 litros de agua al día de forma favorable si cuenta con el servicio de distribución de agua en su domicilio [8].

Los métodos que llevan a cabo los campesinos para obtener agua de otras fuentes son por lo general pequeñas letrinas que recolectan agua de lluvia lo que conlleva ciertos riesgos sanitarios permitiendo de esta forma la proliferación de enfermedades catastróficas para el ser humano [8].

En total una persona consume 200 litros de agua al día [9], cantidad que puede disminuir si se realiza un consumo consciente y se reutiliza el agua para usos que no requieren de una fuente de agua potable. Una persona consume grandes cantidades de agua que luego se desperdicia al mezclarlas con otro tipo mucho más contaminadas, por ello la alternativa de reutilización permite reducir el impacto ambiental que el consumo despreocupado provoca, se calcula que un césped convencional, en un suelo permeable, en la época de más calor y en ausencia de lluvia, necesita 10 litros de agua por m^2 por día para mantenerlo verde, cantidad de agua que puede ser satisfecha con el agua desperdiciada al lavar la ropa [9].

La reutilización del agua que ha sido utilizada para lavar ropa puede ser beneficiosa para las plantas si se utiliza con cuidado ya que funciona como un insecticida debido a que el detergente penetra las capas de los insectos provocando deshidratación ayudando a controlar las plagas y permitiendo ayudar al cuidado de las plantas. De forma similar, utilizar agua que ha sido utilizada para lavar ropa es beneficioso ya que las plantas utilizan los minerales que se encuentran en los detergentes y permiten su buen crecimiento.

El reúso del agua permite generar beneficios para las personas como: conservación de recursos ambientales tales como cuerpos de agua que ayudan a mejorar la actividad agrícola, también, refuerza la economía gracias a la disminución del consumo y a la reducción del uso de fertilizantes en el campo agrícola [11].

Dado lo anterior, en el presente trabajo de investigación se pretende plantear una propuesta de solución, desde el ámbito de la ingeniería mecatrónica, a través de la cual se pueda reutilizar el agua para ser aprovechada en diversas áreas donde no se necesite que el líquido se suministre en su forma potable.

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Implementar un sistema de recolección de aguas grises de duchas y lavabos para reutilizar en inodoros

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos del sistema de recolección de agua.
- Diseñar el sistema de recolección de agua.
- Construir el sistema de recolección de agua doméstica.
- Realizar pruebas al sistema de recolección de aguas grises.

1.3 Justificación

Debido al incremento del consumo de agua en los últimos años basados en los informes de la Organización de las Naciones Unidas es importante el estudio, el diseño y la implementación de sistemas que permitan la disminución en el consumo del agua, así como la concientización de la población para realizar un consumo sensato de los recursos hídricos del planeta.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende proporcionar una alternativa de manejo del agua que ya está usada y que en muchos casos se consideraba inservible y se vertía en los sistemas de alcantarillado. El manejo adecuado del agua permite ayudar al ecosistema y conservar un recurso muy importante para las futuras generaciones.

En el aspecto económico se espera proveer una elección que disminuya el consumo de agua en los hogares permitiendo disminuir los niveles de contaminación además de redistribuir los recursos hídricos de las viviendas que lo necesita.

Finalmente, este tipo de proyectos cumple con la misión de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica valiéndose de la aplicación de conocimientos científicos, tecnológicos, innovación y de control complementando los métodos de diseño y construcción adquiridos en la academia que puedan ayudar a la sociedad y contribuir con la conservación del planeta.

1.4 Alcance

La investigación se basa en el diseño del sistema de recolección de agua para un inodoro valiéndose de aguas grises, como el lavabo o la ducha, para sistemas de agua de uso doméstico en casas ya construidas. Este proceso se realizará fundamentado en normas que contengan especificaciones estándares y métodos de prueba de sistema. Se llevará a cabo el proceso de simulación obteniendo el dimensionamiento del sistema apropiado. Posteriormente, se construirá el sistema y se realizarán pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

A continuación, se describen los aspectos teóricos que serán útiles para el diseño del sistema de recolección de aguas grises. Se trata de los conocimientos mínimos necesarios para lograr una adecuada perspectiva de las condiciones y consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de cumplir con el objetivo general.

2.1 Antecedentes

Las aguas grises son aquellas utilizadas en la ducha, bañeras, lavabos o cualquier otra utilizada en el hogar, por ello se denomina el tratamiento de las aguas grises al proceso que permite utilizar de nuevo este tipo de aguas, sin necesidad que sea potable; como es el caso de inodoros, riego de patios o limpieza de suelo y vehículos.

Roy Marcel y Rojas Hinostraza [1] desarrollaron un sistema de recolección de aguas grises para un edificio. En su trabajo diseñaron un sistema de tuberías independientes que permiten desembocar el agua utilizada en un depósito donde, tras un proceso de tratamiento, son almacenadas en un tanque de aguas de servicio. Desde allí, son bombeadas a una segunda red de canalización y distribuidas a los lugares de consumo. Este tipo de sistemas tienen la capacidad para instalarse en edificios antes de la culminación de la construcción del edificio. Además, pueden generar un ahorro y permiten conservar los recursos naturales ya que el agua se utiliza de forma eficiente.

Luis Alberto Tobar Sánchez [2], realizó el análisis de la viabilidad de un sistema de tratamiento de aguas grises. Para ello se llevó a cabo el análisis de la funcionalidad de los filtros de biodiscos y de sistemas de membranas además del análisis económico de este sistema. El sistema analizado tiene la capacidad que economiza el consumo de agua en un 21%. Además, permite el análisis de la implementación de este tipo de sistemas mediante campañas de ahorro de agua para la sostenibilidad del recurso hídrico.

Azabache et al [3], realizaron la propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares. En su trabajo, se realizaron análisis fisicoquímicos de las muestras de aguas grises para poder

determinar la eficiencia del sistema. El sistema tiene efecto en la reutilización de aguas grises en vivienda familiar, por lo cual puede ser aplicable en otras regiones. Además, el sistema demostró que puede ahorrar hasta 10 litros de agua al día en viviendas familiares.

Cruz et al [4], desarrollaron una aplicación electrónica para el ahorro de agua en una vivienda familiar. En su trabajo, realizaron la implementación de varios equipos como son el sensor de nivel, el sistema de control de potencia y el circuito de procesamiento para el sistema combinado con esquemas de control. El sistema es una herramienta adaptable para el hogar que permite la disminución del consumo de agua potable en tareas que no lo requieren. Además, el sistema tiene la capacidad de proteger el recurso hídrico y así ayudar al medio ambiente, en este caso a través del ahorro de agua.

Carlos Díaz Delgado [5], analizó la implementación de un sistema de cosecha de agua pluvial y reutilización de aguas grises de regadera en vivienda unifamiliar. El sistema consiste en un proceso de filtración gruesa con grava, seguida por una filtración lenta con arena y finalmente una adsorción sobre carbón activado granular, con lo que se obtuvieron eficiencias de remoción del $88\pm 4\%$. El sistema demostró que el agua de lluvia colectada en una superficie de captación de lámina galvanizada cuenta con una calidad aceptable para su utilización en usos domésticos no potables. Además, los consumos de agua potable dentro una vivienda unifamiliar tipo de nivel medio, es posible obtener ahorros del 2 al 49% anual de agua potable al implementar sistemas de cosecha de AP.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Métodos de recolección de agua para reutilizar

El agua residual que se genera en las ciudades puede ser sometida a la depuración secundaria, y a su vez pasa a convertirse en un preciado recurso en regiones de escasez. La utilización de este tipo de aguas ofrece ventajas e inconvenientes en cuanto a su aplicación. La primera se refiere a que permiten el incremento de la disponibilidad total de agua, además, proporciona la variación de aplicación de agua de buena calidad para el regadío, con el beneficio económico notable [6].

Existen algunos métodos de recolección de agua de los cuales se enuncian algunos a continuación.

2.2.1.1 Aguas residuales urbanas

La aplicación del agua residual urbana en el suelo permite una mejora de las condiciones del crecimiento de la vegetación en los campos de cultivos, gracias al aporte de los nutrientes y pequeños elementos; sin embargo, la aplicación continua y en grandes cantidades de este tipo de agua puede contribuir a la saturación del suelo [6]. En cualquier caso, se favorece a la salinización del suelo y proporciona un fenómeno de oxidación incompleta y producción de sustancias que pueden ser tóxicas para las personas. En la figura 2.1 se muestra un método de reutilización de las aguas grises.

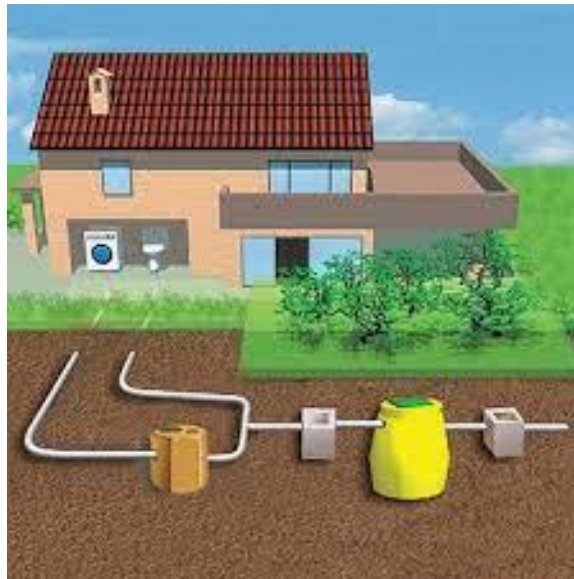


Figura 2.1. Método de recolección de aguas grises de uso doméstico [7]

2.2.1.2 Captación de aguas de lluvias

Consiste en la aplicación de una variedad de tecnologías para recolectar el agua de lluvia. Es un método bastante aplicado en áreas semiáridas, con precipitaciones entre 300 y 600 mm [6], donde la escasez es notable y predominante, además, la aplicación del agua tiene un valor estratégico. Por lo general este tipo de método suele ser aplicados en áreas de baja extensión ya que la cantidad de agua que se puede recoger es pequeña. En la figura 2.2 se muestra un ejemplo del método de captación de agua de lluvias.



Figura 2.1 Método de recolección de agua por captación de lluvias [8]

2.2.1.3 Captación de nieblas

Este tipo de método es bastante curioso ya que se basa en la forma con la que la vegetación aprovecha la humedad de la niebla. Consiste en proporcionar una retención de la humedad presente en el ambiente a través de líneas con inclinación hacia un receptor que almacena el agua. Esta técnica se aplica en regiones donde la escasez de agua es elevada y donde las condiciones climáticas son apropiadas para la formación de niebla baja y densa. En la figura 2.3 se muestra en ejemplo del método de recolección de agua por captación de nieblas.



Figura 2.3 Métodos de recolección de agua por captación de nieblas [9]

2.2.1.4 Captación de avenidas

En regiones donde la escasez es sumamente notoria, ocurren aleatoria y estacionalmente fuertes aguaceros que dan lugar a escorrentías con cierta importancia, que, utilizando un sistema apropiado, permitiría la captación del líquido.

Este tipo de estaciones de retención de agua son costosas, por lo que en su mayor parte la construcción de estos sistemas sirve para la recarga artificial de los acuíferos [6].

2.2.1.5 Aguas salinizadas.

Una práctica que está logrando avances significativos consiste en la identificación de plantas residentes a determinadas dosis de salinidad, lo que permite aumentar la

disponibilidad de agua o expandir la superficie regada. Se ha demostrado que su aplicación es útil para la creación de biomasa para forraje y producción de aceites vegetales [6].

2.2.2 Métodos de desinfección de agua residual

2.2.2.1 Cloración

La utilización del cloro como desinfectante es el método de desinfección más común, la cloración juega un papel muy importante en todo el mundo para evitar infecciones. Se están utilizando numerosos derivados en todo el mundo para evitar infecciones. El cloro y sus derivados son sustancias de tipo oxidante, las cuales actuarán por mecanismos de oxidación, destruyendo la célula, tras provocar la rotura de la pared celular.

La principal desventaja de la cloración es la generación de subproductos tóxicos, como los trihalometanos, ácidos halocéticos y halógenos orgánicos disueltos, que han sido identificados como potencialmente cancerígenos en concentraciones menores de 0,1 mg/l.

2.2.2.2 Ozonización

La aplicación de la ozonización es un método de desinfección de aguas potables. La aplicación de la ozonización no es solamente aplicable a aguas potables, además, puede aplicarse como técnica de desinfección de aguas residuales. Se ha demostrado que el ozono es un gran agente desinfectante ampliamente utilizado en Europa para eliminar patógenos en aguas de consumo doméstico.

2.2.2.3 Ultravioleta

La desinfección con ultravioleta es uno de los métodos de desinfección de aguas residuales más prácticos debido a que es capaz de inactivar bacterias, virus, esporas y quistes de protozoo.

La desinfección con radiación ultravioleta es aplicada en aguas industriales y para la purificación de aguas residuales tratadas; evidentemente para que el agua de consumo. Este tipo de sistemas es mucho más eficaz que cuando se aplica agua residual ya que la turbidez de esta última es mayor y la transmisión de la UV disminuye. En la figura 2.4 se muestra un ejemplo de aplicación de luz UV en una superficie contaminada.

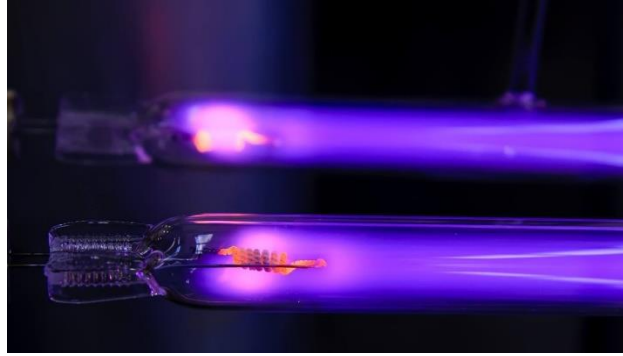


Figura 2.2 Aplicación de luz ultravioleta para eliminar virus en superficies [10]

2.2.2.4 Ácido peracético

En general los compuestos más frecuentes empleados para la desinfección de aguas residuales son los derivados del cloro, incluso aunque durante el proceso se generen subproductos, tales como los trihalometanos, que son potencialmente cancerígenos, El ácido peracético se encuentra disponible en el mercado en forma de una mezcla cuaternaria en equilibrio que contiene ácido acético, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y agua.

Un aspecto muy importante para considerar en el caso del ácido peracético es la disminución de su presencia con el tiempo. Así, se puede decir que la reducción del elemento presente en el medio sigue un modelo cinético de primer orden modificado por un término que hace referencia al consumo oxidativo. [7]

2.2.3 Aguas grises

Las aguas grises son aquellas que han sido utilizadas para fines de limpieza como en lavadoras, duchas, tinas y lavabos; que tuvieron uso ligero y que pueden contener elementos como jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que sus propiedades son lo suficientemente aceptables para usarlas en plantas o para limpiar superficies como patios.

Las aguas grises conforman la mayor fuente potencial de ahorro en los hogares, representan entre el 50 y 80 % del uso total de agua [8]. En la figura 2.5 se muestra un ejemplo de la recolección de las aguas grises.



Figura 2.5 Fuentes de aguas grises en viviendas [12]

Las aguas grises domésticas son una fuente importante de recursos hídricos en la producción de alimentos a pequeña escala. Debido al incremento y la concentración de la población, además de la variación climática, es cada vez más importante la gestión adecuada. Las aguas grises domésticas se caracterizan por su bajo contenido de materia orgánica y menor concentración de materiales que pueden generar un impacto negativo en el medio ambiente tales como: sales, productos químicos, aceites y contaminantes microbianos [9]. En la tabla 2.1 se muestra las características de las aguas grises dependiendo de su naturaleza.

Tabla 2.1 Características de las aguas grises [12]

ORIGEN	CARACTERÍSTICAS
LAVAVAJILLAS	Altamente contaminada con partículas de agua y aceite
	Cantidad variable de coliformes
	Generalmente presenta mayor calidad de SST
	Crecimiento de microorganismos
	Contiene detergente, blanqueadores, espuma
DUCHA, TINA Y LAVAMANOS	Alta demanda de oxígeno
	Agua menos contaminada
	Presentan coliformes
LAVADORA	Puede contener orina
	Contiene pelos y productos de limpieza como jabón, champú y pasta de dientes
	Contiene coliformes
	Contiene detergente
	Alto pH
	Alta cantidad de sólidos
	Alta salinidad

Las aguas grises de lavabos o duchas tienen menor cantidad de patógenos que las aguas grises de los inodoros, pero aún podría conformar un riesgo para la salud, ya que es susceptible a contener varios virus como patógenos o bacterias. El agua gris tiene mayor probabilidad de concentración de patógenos si hay bebés y niños pequeños en un hogar. Lavar la carne y vegetales crudos también puede contaminar el agua con agentes patógenos [8].

2.2.3.1 Características químicas

Los elementos químicos presentes en las aguas grises son: Aluminio, Arsénico, Plomo, Bario, Hierro, Calcio, Fosforo, Cadmio, Sulfatos, Cromo, Cloruros, Plata, Molibdeno, Nitrógeno, Cobre, Níquel, Manganeso, Sodio, Grasas y aceites, Alcalinidad, Potasio, Manganesito y Zinc [10].

2.2.3.2 Características microbianas

Las características microbiológicas están relacionadas con los Coliformes fecales, o los *Escherichia coli*, entre otros, los cuales se deben fundamentalmente a los desechos de humanos y animales, ya que los agentes patógenos bacterias y virus- se encuentran en las heces, orina y sangre, y son el origen de muchas enfermedades y epidemias. Desde el punto de vista histórico constituyó la razón fundamental del control de la contaminación [8].

2.2.4 Método de reutilización de aguas

El proceso de convertir un flujo de residuos en el agua que se puede reutilizar para otros fines. En general, los clarificadores, biorreactores de membrana (MBR), microfiltración (MF) o ultrafiltración (UF), ósmosis (RO) y la manipulación de lodos inversos sistemas están típicamente integrados para obtener los resultados deseados en el proceso de tratamiento [11].

2.2.4.1 Tratamiento Físico Químico

Tratamiento fisicoquímico de aguas residuales cubre la gama de procesos de tratamiento que eliminan una variedad de impurezas de influente o de aguas residuales. Generalmente, esta unidad de operación consiste en el ajuste del pH, coagulación, floculación y procesos de sedimentación o flotación [11].

El objetivo de este tratamiento es modificar las propiedades físicas de las partículas contaminantes mediante la adición de productos químicos (coagulantes y floculantes) para facilitar la formación de flóculos y su posterior separación o eliminación del agua.

2.2.4.2 Tratamiento mediante cloro

El cloro es un método de desinfección muy útil ya que tiene propiedades que pueden matar patógenos como los virus o las bacterias, mediante la destrucción de las uniones químicas moleculares. Cuando las enzimas entran en contacto con la solución de cloro, los átomos de hidrogeno de las moléculas son sustituidos por el cloro lo que permite la descomposición de las moléculas. Las propiedades de desinfección del cloro en agua se basan en el poder de oxidación de los átomos de oxígeno libre y reacciones de sustitución del cloro. Si la encima no se adecua correctamente causa la muerte de las células o de las bacterias [12].

En la tabla 2.2 se muestra una proporción para diluir el cloro en el agua para su desinfección.

Tabla 2.1 Proporciones de disolucion del cloro [17]

SI LA CONCENTRACIÓN ES DE 5 % DE CLORO

VOLUMEN DE AGUA A DESINFECTAR	Cantidad de cloro líquido a agregar en tiempo normal	Cantidad de cloro líquido a agregar en emergencia
1 LITRO	½ gota	1 gota
2 LITROS	1 gota	1 ½ gotas
1 GALÓN	1 ½ gotas	3 gotas
5 LITROS	2 gotas	4 gotas
10 LITROS	4 gotas	8 gotas
20 LITROS	8 gotas	16 gotas
100 LITROS	40 gotas	4 mililitros
200 LITROS	4 mililitros	8 mililitros
1000 LITROS	20 mililitros	40 mililitros

2.2.4.3 Filtración

La filtración es cualquiera de las diversas operaciones mecánicas, físicas o biológicas que separar sólidos de líquidos (líquidos o gases) mediante la interposición de un medio a través del cual puede pasar únicamente el líquido [13].

Se denomina filtración al proceso unitario de separación de sólidos en una suspensión. Filtración es un proceso en el cual partículas sólidas que se encuentran en un fluido se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido a su través, pero retiene las partículas sólidas. Unas veces interesa recoger el fluido; otras, las partículas sólidas y, en algunos casos, ambas cosas [14].

En tratamiento de agua, la filtración busca la reducción de partículas en suspensión, como residuos de arena, tierra, metales pesados, entre otros; que actúan produciendo malos olores, turbidez, problemas en la salud.

Para cada tipo de problema existe un medio filtrante a utilizar (Ejemplos: carbón activado, arena verde, grava de cuarzo).

2.2.4.4 Microfiltración

Generalmente se llama microfiltración al proceso de filtración con membranas cuyos tamaños de poro varían entre 0,1 y 10 micrones. Con estas membranas se retienen partículas en suspensión con tamaños dentro del rango de los poros o mayores, dejando pasar las partículas de dimensiones menores [15].

2.2.4.5 Ultrafiltración

Generalmente se considera ultrafiltración la que se obtiene utilizando membranas cuyos poros permiten separar moléculas con un peso molecular superior a los 10^3 Daltón/gmol. Con estas membranas se logra separar y concentrar proteínas, desinfectar el agua reteniendo bacterias y virus, entre otros [15].

2.2.4.6 Nanofiltración

Las membranas utilizadas en la nanofiltración son capaces de retener moléculas sin carga eléctrica con peso molecular superior a los 200 dalton/gmol. Este tipo de filtración es usado para concentrar compuestos orgánicos y para desmineralizar parcialmente el solvente [15].

2.2.4.7 Osmosis Inversa

El tratamiento de las aguas residuales por filtración con ósmosis inversa produce una calidad extremadamente alta de permeado de agua que tiene muchos usos valiosos. El sistema de RO, se puede configurar en una serie de diferentes disposiciones para lograr la calidad de agua de permeado deseada y el concentrado se puede tratar adicionalmente para lograr la descarga de líquido cero si es necesario [16].

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla la metodología para realizar el desarrollo del trabajo de investigación, con el fin de mostrar de forma clara y precisa el orden de pasos considerados para llegar a cumplir el diseño y construcción del sistema de reutilización de aguas para inodoros utilizando agua de duchas o lavabos.

3.1 Modelo de la investigación

En el presente trabajo se desarrolla una investigación aplicada, este tipo de investigación tiene como objeto el estudio de un problema destinado a la acción. Mediante este método la nueva información puede ser útil y estimable para la teoría ya que la misma está orientada a resolver un problema particular [15]. En este caso específico, se trata de plantear una solución que permita reutilizar las aguas grises de uso doméstico y utilizarlas en inodoros.

Además, la investigación es documental ya que se basa en la búsqueda de una respuesta específica a partir de la indagación en documentos como: artículos, libros, catálogos comerciales, revistas científicas; en ella la observación está presente en el análisis de datos, su identificación, selección y articulación con el objeto de estudio [17] [18]. La búsqueda de información tiene como propósito extraer información que sirva de referencia para plantear una solución.

Así mismo, la investigación desarrollada es de campo, tiene como finalidad recoger y registrar ordenadamente los datos relativos al tema escogido como el objetivo de estudio. La observación y la interrogación son las principales técnicas en este tipo de investigación [15] [16]. El desarrollo del proyecto requiere el traslado del investigador para analizar el problema en sectores en donde se evidencia la escasez de agua y de igual forma, realizar encuestas a los habitantes para determinar las características primordiales del sistema.

3.1.1 Diseño de la investigación

A continuación, se presenta la descripción de las fases y actividades necesarias para llevar a cabo el diseño de un sistema de recolección de aguas grises para reutilizarlas en un

inodoro. Las fases y actividades están vinculadas a cada uno de los objetivos específicos de la investigación.

3.1.1.1 Fase 1: Determinar los requerimientos del sistema de recolección de agua

En esta fase se investiga las características de los sistemas de recolección de aguas, las propiedades de las aguas grises tanto físicas como químicas. Se toman en cuenta las partes que componen un sistema de recolección de aguas grises como los filtros, las fuentes de almacenamientos y los métodos de distribución. También se obtiene información clave sobre los métodos de filtrado de agua y métodos de purificación.

- *Actividad 1: “Investigación de las propiedades de las aguas grises”*
- *Actividad 2: “Recopilación de datos acerca de procesos de reutilización de agua en el mercado”*; en esta actividad se pretende investigar los métodos de reutilización de aguas existentes en el mercado y que pueden ser aplicados en el sistema a desarrollar.
- *Actividad 3: “Determinación de los requisitos físicos del sistema”*; se pretende determinar los parámetros recomendados para el sistema físico que cumplan con las necesidades del usuario.
- *Actividad 4: “Planteamiento de requisitos del sistema”*; se establecen los requisitos necesarios del sistema para que funcione de manera adecuado.

3.1.1.2 Fase 2: Diseñar el sistema de recolección de agua

En esta etapa se diseña el sistema de recolección de agua y los elementos que lo componen, se propone un modelo de acuerdo con una combinación de normas y catálogos que proporcione una solución óptima con elementos accesibles y que sea lo suficientemente robusta para soportar eventos inesperados.

- *Actividad 1:” Diseño inicial del sistema de reutilización de agua “*; planteamiento de una alternativa que solucione el problema tomando en cuenta una combinación de normas y estándares.
- *Actividad 2:” Diseño de los componentes estructurales que intervienen en el proceso “*; diseño de los componentes inmersos en el sistema que soporten la carga de operación considerando resistencias de materiales y la accesibilidad a los mismos.

- **Actividad 3: “Realización de cálculos hidráulicos y eléctricos”;** cálculo de los parámetros necesarios para la combinación de equipos hidráulicos y eléctricos como presiones, pérdidas, tensiones y resistencias de equipos.
- **Actividad 4:” Diseño de la estructura física del sistema “**
- **Actividad 5: “Selección de los elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos”;** de acuerdo con los parámetros antes establecidos se seleccionan los elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos en catálogos de productos de distribución nacional.

3.1.1.3 Fase 3: Construcción del sistema de recolección de agua doméstica

En esta fase se plantea realizar la construcción del sistema para lo cual se procede a la adquisición de los componentes necesarios, y el ensamble de los componentes de importancia como filtros o sistemas de flujo de agua.

- **Actividad 1: “Análisis de la alternativa desarrollada y planteamiento de alternativas factibles”;** una vez analizada la alternativa planteada inicialmente se determina si es la idónea para las necesidades del usuario, de no ser así, se plantea nuevas alternativas y se procede a analizarlas.
- **Actividad 2 “Simulación del sistema”;** se realiza la simulación de los elementos de importancia del sistema como elementos hidráulicos o eléctricos.
- **Actividad 3 “Adquisición de los materiales necesarios”;** se procede a realizar la adquisición de los componentes como tubos de agua, aislantes, codos de agua, etc.
- **Actividad 4 “Adquisición de herramientas para el mecanizado”**
- **Actividad 5 “Planteamiento de criterios de sujeción del dispositivo”** el sistema necesita ser adaptable en cualquier baño para lo cual se establecen los parámetros de mayor importancia para la instalación.
- **Actividad 6 “Construcción”**

3.1.1.4 Fase 4: Realización de pruebas al sistema de recolección de aguas grises

En la presente fase se desarrollan las pruebas que permitan determinar la funcionalidad del sistema, además de la redacción del informe técnico de los resultados obtenidos para su observación y análisis. De manera complementaria se corrigen los errores que puedan presentarse y así garantizar la eficiencia del sistema.

- **Actividad 1: “Realización de pruebas”**; al finalizar la construcción del sistema se realizan pruebas de su funcionalidad en diferentes ambientes.
- **Actividad 2: “Análisis de las pruebas realizadas”**; se analizan los resultados obtenidos de las pruebas para comprobar si el dispositivo cumple con los parámetros establecidos.
- **Actividad 3: “Corrección de errores de funcionamiento”**; de presentarse errores en la funcionalidad del sistema se procede a corregirlos.
- **Actividad 4: “Redacción del documento”**; se procede a redactar el informe final correspondiente al trabajo de grado con los detalles de todo el proceso conformación del sistema de recolección de aguas grises.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el desarrollo del siguiente capítulo se especifican las características esperadas, limitaciones y alternativas que permitan generar la solución para el sistema de recolección y reutilización de aguas grises de duchas y lavabos para un inodoro. Luego se selecciona, de acuerdo con las especificaciones establecidas, la solución más apropiada. Finalmente, se describen cada uno de los elementos necesarios para el sistema diseñado, se analizan los esfuerzos, las resistencias, flujos de fluidos, entre otros; mediante el uso de software de simulación y cálculo analítico.

4.1 Especificaciones del sistema a diseñar

A continuación, se establecen los criterios y restricciones de diseño, los cuales son fundamentales en la selección de elementos y equipos que conformen el sistema, con la finalidad de obtener un prototipo que funcione correctamente y cumpla con los estándares y normas internacionales. Para una mayor comprensión del planteamiento de las especificaciones se procede a separar los criterios y las limitaciones del sistema.

4.1.1 Criterios del sistema a diseñar

Versatilidad. El sistema debe adaptarse a los diferentes espacios en los cuales pueda instalarse.

Simplicidad. El sistema debe ser lo más simple posible, de manera que el usuario no tenga complicaciones en su manipulación.

Calidad de los materiales. Debe ser un sistema elaborado con materiales lo suficientemente eficientes para realizar su propósito.

Estética. Es necesarios que el sistema no afecte la estética del ambiente en el cual se va a instalar.

Facilidad de instalación. El sistema debe ser fácil de instalar para que no genere complicaciones ni altere su funcionalidad.

Facilidad de mantenimiento. Debe ser de fácil mantenimiento para evitar detener su funcionamiento.

Costo. Debe ser de bajo costo y accesible para el público.

Calidad del agua. Debe ser lo suficientemente buena como para evitar que se generen enfermedades.

Almacenaje. El sistema debe poder contener el agua que se recibe de la fuente de suministro

4.1.2 Restricciones del sistema a diseñar.

Resistencia. El sistema ensamblado debe garantizar su funcionamiento en el tiempo, basado en los factores de seguridad de los elementos esforzados.

Vida útil. Debe funcionar correctamente por un periodo de 10 años, con un adecuado mantenimiento.

Seguridad. El sistema debe ser seguro para el usuario durante su uso y mantenimiento.

Materiales. Debe ser construido con materiales que puedan adquirirse a nivel nacional.

Costo. El costo del sistema no debe superar los 500 USD.

Funcionalidad. Debe cumplir la función de filtrado del líquido para su posterior reutilización.

4.1.3 Planteamiento de alternativas de solución

Partiendo del análisis de la situación del problema planteado y tomando en cuenta las especificaciones del diseño, se proponen alternativas de solución que satisfagan las necesidades establecidas.

4.1.3.1 Primera alternativa de solución.

La estructura del sistema de recolección de aguas grises está compuesta por una variedad de elementos en el ensamble, en su gran parte son tuberías de agua.

Los elementos que conforman la primera alternativa de solución N°1 pueden apreciarse en la figura 4.1.

El sistema inicia su funcionamiento en la recolección en el tanque de almacenaje de aguas grises (5), el cual está acoplado al lavabo por medio de la unión universal (3), que a su vez está conectado a un acople de tubo de compresión (4). El tanque de almacenamiento de aguas grises tiene dos alternativas de salida del líquido: la primera salida (B) es un tubo de agua conectado a un acople de compresión, y a continuación a una electroválvula

(6) que permiten la eliminación de líquido en el caso de que exista una sobre alimentación del agua. La segunda alternativa (A) es la salida del líquido por la otra conexión de tubos con acoples conectados a los codos (2) que alimentan el filtro (1).

Cuando el líquido haya pasado la fase de filtración se conecta a una electroválvula en el sentido del flujo (C), que, con la ayuda de un codo, alimentan al segundo tanque de almacenaje de agua purificada. En el tanque de almacenaje existe otra fuente de alimentación (E) que inicia con una electroválvula que permiten el llenado del tanque en caso de que no exista suficiente agua proveniente del tanque de almacenaje de aguas grises. Finalmente, el sistema tiene una salida del líquido mediante una electroválvula por el flujo del líquido (D) que alimentará al inodoro para reutilizar el agua y así reducir el consumo del líquido.

En caso de que sea necesario implementar una bomba de agua (1) debido a las condiciones del ambiente, la ubicación ideal es al finalizar la sección (D).

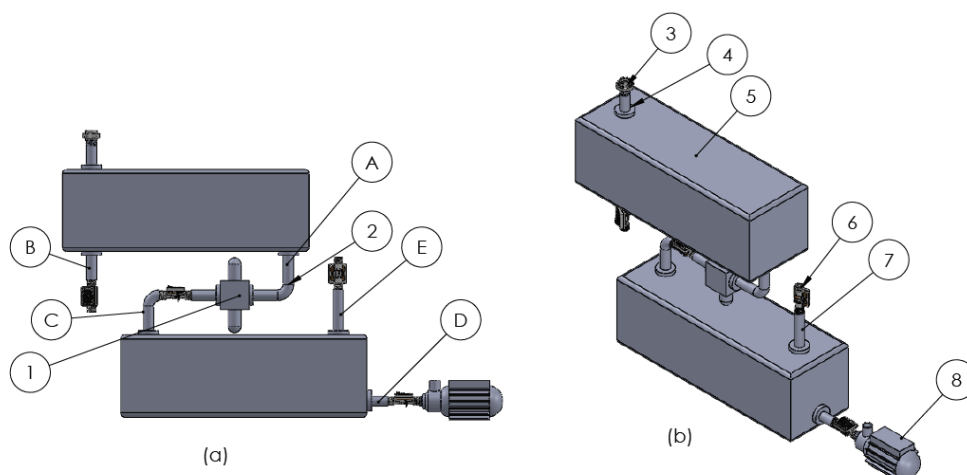


Figura 4.1 Alternativa de solución N°1, (a) Vista frontal, (b) Vista isométrica

En la tabla 4.1 se indican los elementos que constituyen la primera alternativa de solución al problema.

Tabla 4.1 Lista de elementos que conforman la alternativa de solución N°1

Número de elemento	Descripción	Cantidad
1	Filtro de agua para bacterias(selección)	1
2	codo para tubo D	2
3	Unión universal de tubo. D	1
4	Acople de compresión de tubo D	8
5	Tanque para agua de 10 litros (revisar 50 l)	2
6	Electroválvula 12v Válvula Solenoide ¼’’ Agua(selección)	4
7	Tubo de agua (especificar diámetro) D	8
8	Bomba de agua (selección)	1

4.1.3.2 Segunda alternativa de solución.

Los elementos que conforman la alternativa de solución N°2 pueden apreciarse en la figura 4.2.

El diseño de este sistema está basado en la confiabilidad del líquido para asegurar que no sea peligroso para su reutilización, mediante la implementación de dos tipos de filtros.

El sistema comienza su operación en la recepción del agua servida mediante la unión universal (1), la cual está conectada a un tubo de agua que alimenta el primer tanque de agua (A) mediante la conexión (2). Posteriormente, el agua pasa a un filtro de arena (3) que eliminará las bacterias y alimentará al tanque de reserva (B).

Mediante una bomba de agua (8) se impulsa el líquido por el tubo (4) hacia el codo de agua (7), que, a su vez está conectado al filtro de agua (6). Finalizado el segundo proceso de filtrado, el agua se almacena en un tanque (5) del cual se controla el flujo del líquido mediante una electroválvula (9).

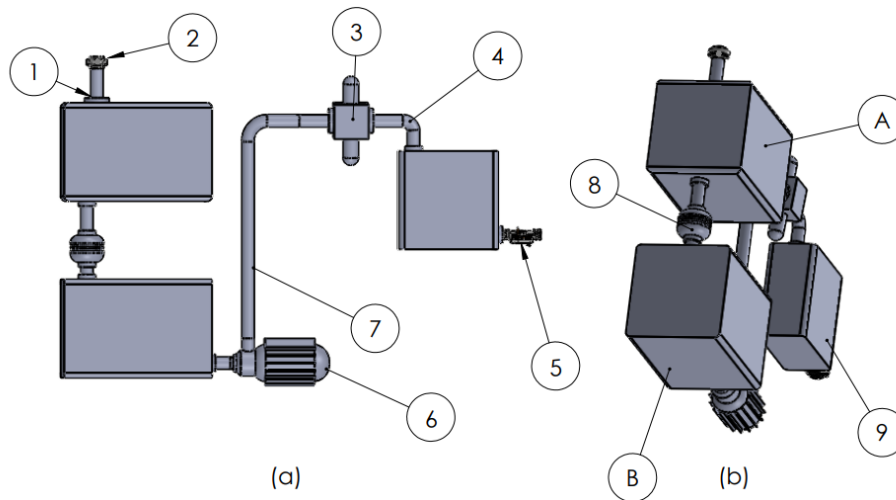


Figura 4.2 Alternativa de solución N°2, (a) vista frontal,(b) vista dimétrica

En la tabla 4.2 se indican los elementos que constituyen la segunda alternativa de solución al problema.

Tabla 4.2 Lista de elementos que conforman la alternativa de solución N°2

Número de elemento	Descripción	Cantidad
1	Unión universal de tubo.	1
2	Acople de compresión de tubo	8
3	Filtro de agua para bacterias	1
4	codo para tubo	2
5	Electroválvula 12v Válvula Solenoide ¼’’ Agua	1
6	Bomba de agua	1
7	Tubo de agua	8
8	Filtro de agua para bacterias	1
9	Tanque para agua de 10 litros	3

4.1.3.3 Tercera alternativa de solución.

Los elementos que conforman la tercera alternativa de solución N°3 pueden apreciarse en la figura 4.3.

El objetivo de este diseño es implementar un sistema que requiera un menor nivel de mantenimiento y sea seguro para su usuario.

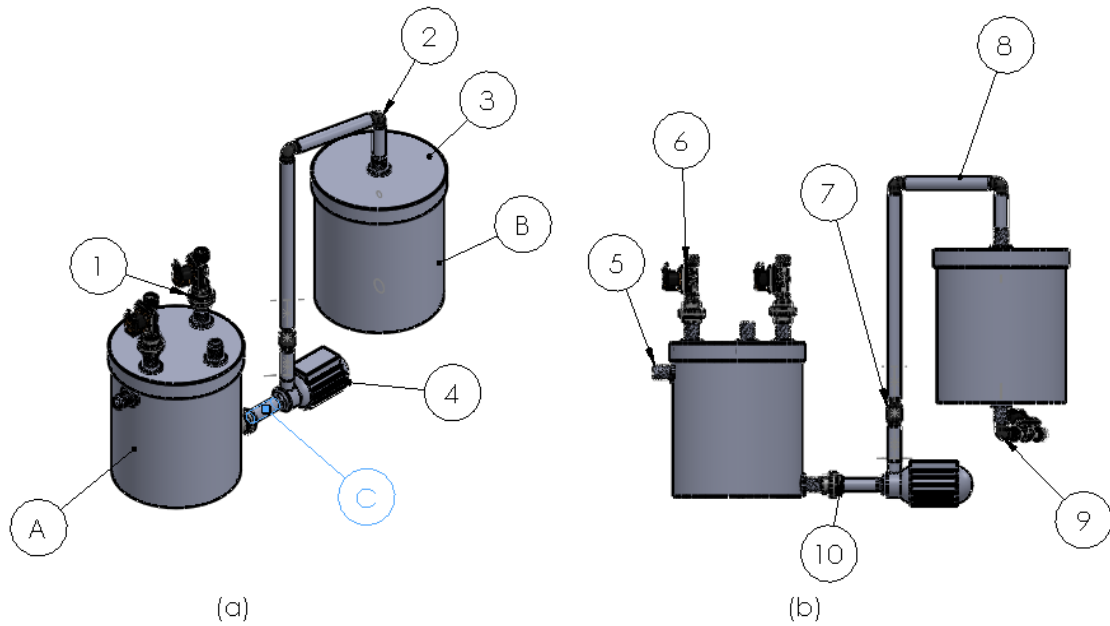


Figura 4.3 Alternativa de solución N°3, (a) Vista superior ,(b) Vista dimétrica

El sistema comienza con la recolección del líquido de la fuente de suministro (A), en el caso de diseño se plantea obtener el agua del lavabo mediante una conexión con un acople de compresión. El agua se almacena en un tanque que cuenta con varias entradas. La primera y segunda entrada permiten el abastecimiento del líquido, tomando en cuenta que la segunda entrada permite ingresar el líquido del sistema en caso de que no hubiese líquido suficiente para abastecer el inodoro.

Por consiguiente, el líquido procede a alimentar a la bomba (4), la cual guía el líquido al segundo tanque (B) por el conducto (8). En el segundo tanque se almacena el líquido para su posterior abastecimiento mediante la fuente de abastecimiento (3).

El sistema cuenta con un seguro para evitar el desbordamiento del canal (5) el cual controla el nivel del líquido en el tanque.

El sistema tiene una fuente de dosificación de cloro que cuenta con un recipiente de cloro, que va a cumplir la función de desinfección del líquido para evitar contaminación y prevenir enfermedades. Todas las conexiones de abasteciendo del sistema cuentan con una electroválvula para controlar el flujo del sistema.

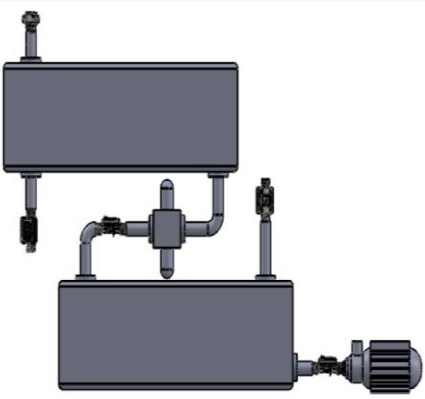
Tabla 4.3 Lista de elementos que conforman la alternativa de solución N° 3

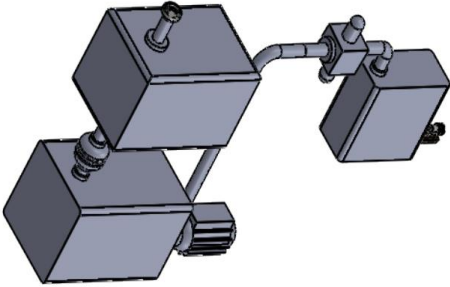
Número de elemento	Descripción	Cantidad
1	Unión universal de tubo de ½"	4
2	Codo de tubo PVC de 1"	2
3	Tanque plástico de 20 litros	2
4	Bomba de agua de 110 v ½ hp	1
5	Adaptador para tanque de ½"	5
6	Electroválvula de 110 v	3
7	Válvula de retención	1
8	Tubo de agua de ½" PVC	1
9	Codo de agua ½"	6
10	Unión universal de 1"	1

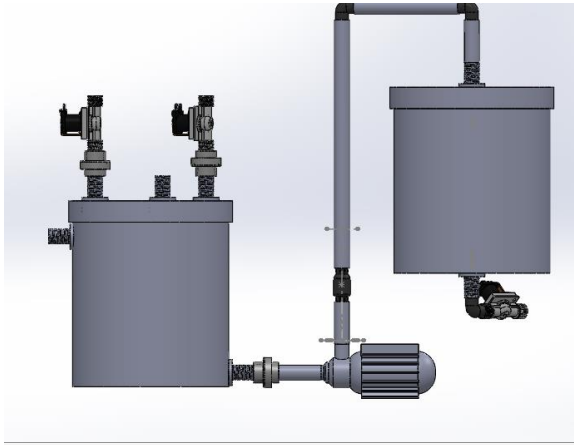
4.1.4 Selección de la mejor solución

En la tabla 4.4 se presenta una lista de ventajas y desventajas de las alternativas propuestas. De esta manera, es posible establecer un análisis comparativo de cada una de las opciones planteadas.

Tabla 4.4 Tabla de ventajas y desventajas de las alternativas planteadas

Alternativa de solución	Ventajas	Desventajas
<p>N°1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe un control preciso del flujo del líquido. • Permite controlar el abastecimiento del sistema. • El sistema no ocupa mucho espacio. • La implementación 	<ul style="list-style-type: none"> • El agua tiene el nivel de filtración básico para reutilizar. • Existen una gran cantidad de elementos para controlar.

	<p>de la bomba de agua es opcional.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema es más fácil de realizar su mantenimiento . 	
<p>N°2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una gran capacidad de almacenamiento de agua. • La filtración del agua tiene un alto nivel. • Menor cantidad de elementos a controlar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupa mucho espacio. • La implementación de la bomba de agua es indispensable. • El sistema requiere mayor mantenimiento debido a la cantidad de filtros. • Requiere una mayor estructura que sujete el sistema.

<p>N°3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Existen menor cantidad de variables a controlar • No es necesario implementar filtros en el sistema • Se evita la retención de sólidos en el sistema. • Ocupa muy poco espacio • La implementación de la bomba es opcional dependiendo de la ubicación. • El sistema es muy fácil de realizar el mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario adquirir el cloro de forma periódica • No se puede almacenar gran cantidad de líquido
---	---	---

Adicionalmente, se consideran el método de ponderación de criterios y la matriz QFD (Quality Function Deployment) para seleccionar apropiadamente la solución.

Para desarrollar la etapa de selección de la mejor solución, se lleva a cabo un proceso que inicia con la asignación de un código a cada criterio, como se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Asignación de nomenclatura a criterios

<i>Nomenclatura</i>	<i>Criterio</i>
C1	Versatilidad
C2	Simplicidad
C3	Calidad de los materiales
C4	Estética
C5	Facilidad de instalación
C6	Facilidad de mantenimiento
C7	Costo
C8	Calidad del agua
C9	Almacenaje

4.1.4.1 Ponderación de criterios

A continuación, se procede a implementar la matriz QFD (ver figura 4.4) la cual permite comparar entre criterios y así poder determinar cual tiene mayor importancia, además es posible considerar cual criterio se debe tomar mayor consideración.

4.2 Matriz QFD

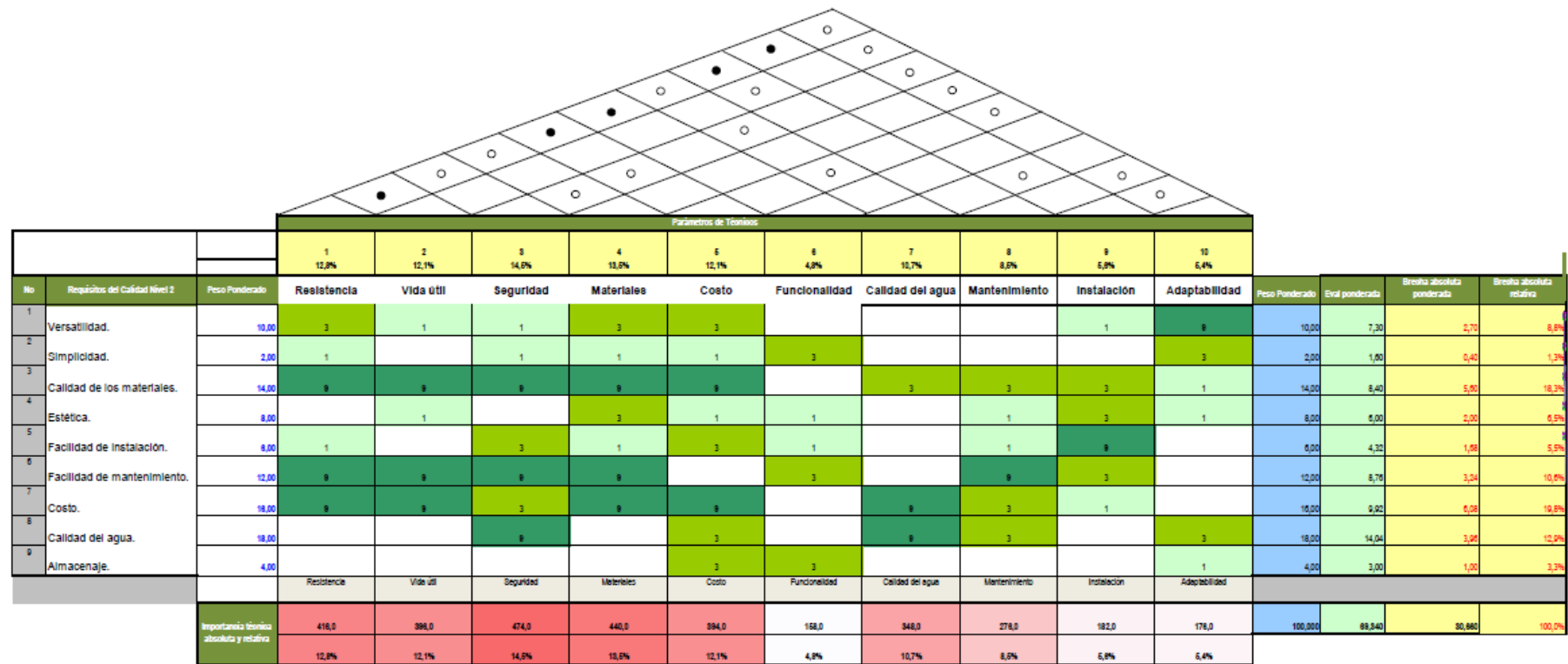


Figura 4.4 Matriz QFD de los criterios y restricciones del sistema a diseñar

Como se puede evidenciar en la figura 4.4 es posible determinar que el criterio con mayor importancia a considerar en el sistema es la seguridad, con una ponderación de 14.6% es necesario priorizar la seguridad en el diseño y la implementación del sistema.

El siguiente paso consiste en la comparación entre criterios con el propósito de determinar un orden específico de importancia en este caso particular (ver tabla 4.6).

Tabla 4.6 Comparación de criterios y ponderación

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	N° de veces	PCX
C1										4	5
C2	C1									0	1
C3	C3	C3								6	7
C4	C1	C4	C3							3	4
C5	C1	C5	C3	C4						2	3
C6	C6	C6	C3	C6	C6					5	6
C7	C7	C7	C7	C7	C7	C7				7	8
C8	C8	C8	C8	C8	C8	C8	C8			8	9
C9	C1	C9	C3	C4	C5	C6	C7	C8		1	2
Orden de importancia	5	9	3	6	7	4	2	1	8		

4.2.1.1 Ponderación de soluciones de acuerdo con cada criterio.

En las tablas 4.7 a 4. 15 se presenta la ponderación de las alternativas de solución propuestas con respecto a cada criterio de diseño planteado.

Tabla 4.7 Comparación de alternativas con el criterio 1

C1	S1	S2	S3	N° de veces	PX1=N
S1				1	2
S2	S1			0	1
S3	S3	S3		2	3
Orden de aceptación	2	3	1		

Tabla 4.8 Comparación de alternativas con el criterio 2

C2	S1	S2	S3	N° de veces	PX2=N
S1				1	2
S2	S1			0	1
S3	S3	S3		2	3
Orden de aceptación	2	3	1		

Tabla 4.9 Comparación de alternativas con el criterio 3

C3	S1	S2	S3	N° de veces	PX3=N
S1				0	1
S2	S2			1	2
S3	S3	S3		2	3
Orden de aceptación	3	2	1		

Tabla 4.10 Comparación de alternativas con el criterio 4

C4	S1	S2	S3S	N° de veces	PX4=N
S1				1	2
S2	S1			0	1
S3	S3	S3		2	3
Orden de aceptación	2	3	1		

Tabla 4.11 Comparación de alternativas con el criterio 5

C5	S1	S2	S3	N° de veces	PX5=N
S1				1	2
S2	S1			0	1
S3	S3	S3		2	3
Orden de aceptación	2	3	1		

Tabla 4.12 Comparación de alternativas con el criterio 6

C6	S1	S2	S3	N° de veces	PX6=N
S1				1	2
S2	S1			0	1
S3	S3	S3		2	3
Orden de aceptación	2	3	1		

Tabla 4.13 Comparación de alternativas con el criterio 7

C7	S1	S2	S3	N° de veces	PX7=N
S1				1	2
S2	S1			0	1
S3	S3	S3		2	3
Orden de aceptación	2	3	1		

Tabla 4.14 Comparación de alternativas con el criterio 8

C8	S1	S2	S3	N° de veces	PX8=N
S1				1	2
S2	S2			2	3
S3	S1	S2		0	1
Orden de aceptación	2	1	3		

Tabla 4.15 Comparación de alternativas con el criterio 9

C9	S1	S2	S3	N° de veces	PX9=N
S1				1	2
S2	S2			2	3
S3	S1	S2		0	1
Orden de aceptación	2	1	3		

4.2.1.2 Ponderación final

En la tabla 4.16 se presenta la ponderación final. En la última columna se observa que la sumatoria de la alternativa de solución Nro. 3, resulta superior a las restantes. De acuerdo con el método se debe seleccionar como mejor solución a esta opción.

Tabla 4.16 Ponderación final de cada alternativa

PCX	P1X	PCX*P1X	P2X	PCX*P2X	P3X	PCX*P3X
5	2	10	1	5	3	15
1	2	2	1	1	3	3
7	1	7	2	14	3	21
4	2	8	1	4	3	12
3	2	6	1	3	3	9
6	2	12	1	6	3	18
8	2	16	1	8	3	24
9	2	18	3	27	1	9
2	2	4	3	6	1	2
Sumatoria		83		74		113

4.3 Especificaciones del sistema diseñado

Para la recolección del agua del inodoro se utilizan tanques de reserva, en el caso del sistema se implementa contenedores de 20 litros que abastecerán al inodoro. Posteriormente, para controlar el flujo del líquido se utilizan electroválvulas de 110V que disponen del agua en los contenedores. Para el control del nivel del líquido se utilizan sensores de nivel ZP5210 que funcionan como controladores del líquido para el tanque que abastece al inodoro.

El control de las electroválvulas se realiza mediante relés que a su vez están conectados a un microcontrolador Arduino que se encarga de generar las órdenes a cada uno de los elementos del sistema.

En la figura 4.5 se muestran las vistas correspondientes a la solución seleccionada, en la que se enumeran cada uno de los componentes, los cuales son descritos, de forma general, en la tabla 4.17. Posteriormente, para cada pieza mostrada se detallan la forma, el tamaño y la función que desempeña en el dispositivo.

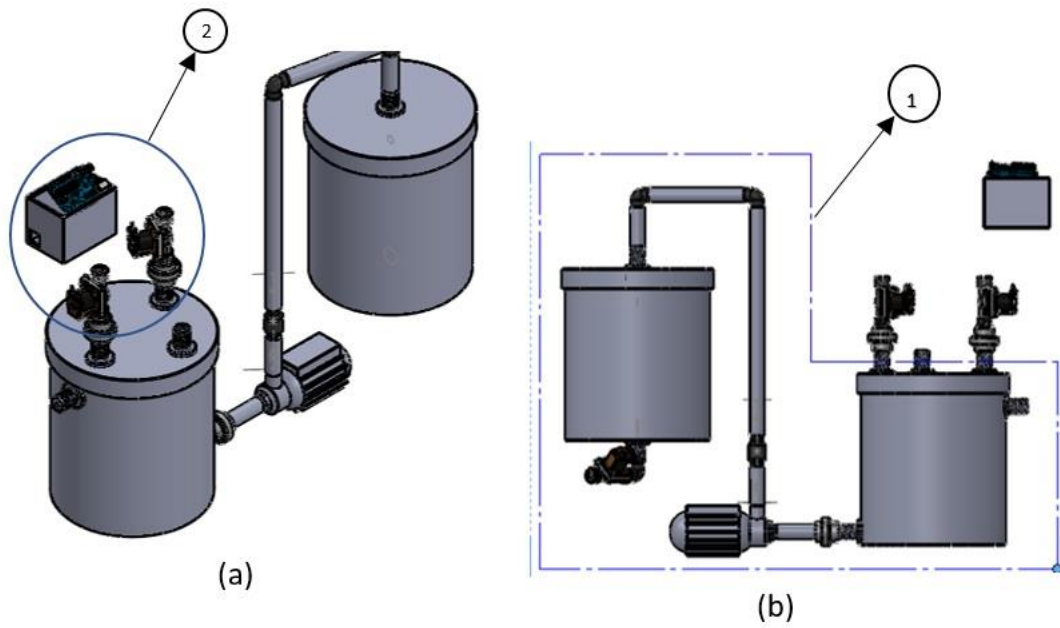


Figura 4.5 Alternativa de solución N°3, (a) Vista isométrica, (b) Vista frontal

Tabla 4.17 Lista de sistemas que conforman la alternativa de solución N°3

Número de elemento	Descripción	Cantidad
1	Sistema hidráulico	1
2	Sistema eléctrico	1

4.3.1 Sistema hidráulico

A continuación, se procede a describir los elementos que componen el sistema hidráulico como se muestra en la figura 4.6 y se enumeran en la tabla 4.18.

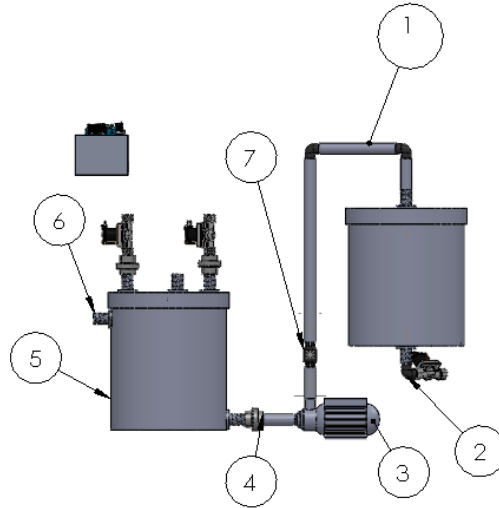


Figura 4.6 Alternativa de solución N°3 (b) Vista frontal

Tabla 4.18 Lista de elementos que conforman el sistema hidráulico.

Número de elemento	Descripción	Cantidad
1	Tubería de agua de ½”	1
2	Codo de PVC de ½”	8
3	Bomba de agua de ½ hp a 110 v	1
4	Unión universal de ½”	4
5	Tanque para agua	2
6	Adaptador para tanque de ½”	6
7	Válvula de retención de PVC	1

4.3.1.1 Tubería de agua

Para la selección del tubo de agua se parte del cálculo de las dimensiones, diámetro de tubería, espesor de tubería y longitud. Para ello se debe determinar el caudal que circula por la red de agua el cual se puede hallar mediante la ecuación 4.1

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

Q: Es el caudal [l/s]

V: Es el volumen ocupado por el líquido [l]

t: Es el tiempo transcurrido mientras circula el fluido [s]

Con la ayuda de un cronómetro y un recipiente de un litro se determinan los datos necesarios para el obtener el caudal.

$$Q = 1 \text{ l} / 16,14 \text{ s}$$

$$Q=0,06 \text{ l/s}$$

Con el caudal determinado es posible conocer las dimensiones del tubo requerido para el sistema. Para ello mediante un cálculo de dimensiones se determinó que el diámetro interno requerido de la tubería es de 8,41 mm por lo cual, se obtiene una sección de 55,56 mm². En la figura 4.11 se muestra un catálogo comercial de tuberías para agua. Debido a la disponibilidad se selecciona un tubo para agua de 1/2 pulgada que es superior a la sección calculada.

Mediante catálogos se selecciona el tubo comercial que puede ser utilizado en el sistema, como se indica en la figura 4.7 es posible seleccionar el tubo de 1/2" ya que su diámetro interior es superior al diámetro interno calculado, lo cual, es beneficioso ya que permite aumentar la seguridad de trabajo de los equipos. En la figura 4.8 se muestra un ejemplo de la tubería de agua de media pulgada que se puede implementar en el sistema.

Diámetro	CÓD.	Diám. exterior	Espesor	Diám. interior	Presión de trabajo		
					psi	MPa	kg/cm ²
1/2	926092	21.34	3.73	13.88	420	2.90	29.5
3/4	926094	26.67	3.91	18.85	340	2.34	23.9
1	926091	33.40	4.55	24.30	320	2.21	22.5
1 1/4	926090	42.16	4.85	32.46	260	1.79	18.3
1 1/2	926089	48.26	5.08	38.10	240	1.65	16.9
2	926093	60.32	5.54	49.24	200	1.38	14.1

Figura 4.7 Catálogo comercial de tuberías de agua [24]



Figura 4.8 Tubería de PCV para agua de diámetro 1/2”

4.3.1.2 Codo para tubo 1/2”

Los codos para agua son uno de los elementos esenciales para el sistema, permiten maniobrar el agua por la red y guiar el flujo. Para el sistema se seleccionó un codo de agua comercial de 1/2” debido a las necesidades de los demás elementos como las electroválvulas. En la figura 4.9 se muestra una representación del codo comercial para agua.

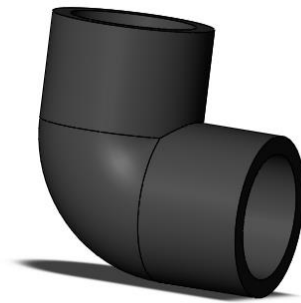


Figura 4.9 Codo de PVC 1/2” para agua

4.3.1.3 Unión universal de tubo

La unión universal de tubos para agua permite la conexión de la fuente de abastecimiento de agua con el sistema de reutilización. En este caso se implementa una unión universal para tubo PVC roscable de 1/2” la cual permite la fácil instalación

y remoción para realizar mantenimiento. En la figura 4.10 se muestra una representación de la unión universal de agua comercial que servirá en el proyecto.

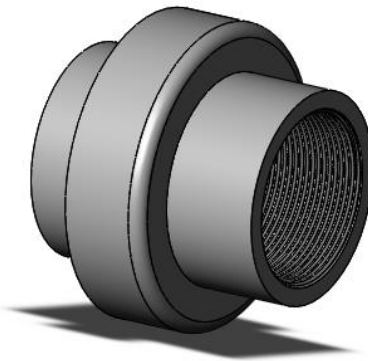


Figura 4.10 Unión universal de tubos PVC de agua

4.3.1.4 Tanque para agua

El tanque para agua funciona como una fuente de almacenaje que permite guardar el líquido de forma segura para su posterior reutilización. Este cuenta con varias perforaciones (ver figura 4.9), las cuales permiten el ingreso de las aguas grises (1), del cloro para la limpieza (2), de la fuente de alimentación de agua (5), el control del nivel del sobre llenado del tanque (4) y del paso al siguiente tanque (5). El segundo tanque solo cuenta con dos perforaciones, una en la parte superior de la tapa para recibir el agua, y la segunda en la parte inferior del tanque la cual permite el paso al tanque del inodoro. En la figura 4.7 se muestra un ejemplo del recipiente de 20 litros que se implementa en el sistema.



Figura 4.6 Recipiente de 20 litros

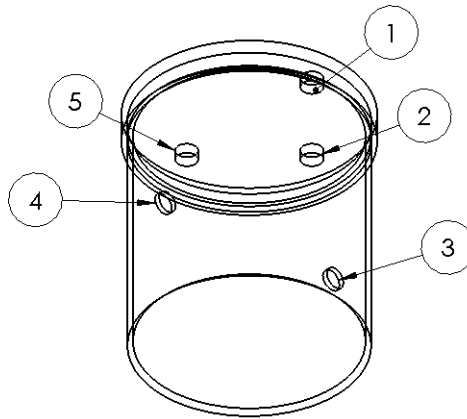


Figura 4.9 modelo del tanque con perforaciones

4.3.1.5 Adaptador para tanque

El adaptador para tanque es una herramienta que permite insertar conexiones de tubos a un tanque que puede ser utilizado para abastecer a un sistema. El adaptador solo requiere de un orificio en el tanque para ser colocado.



Figura 4.10 Adaptador para tanque de 1/2 elaborado en PVC

4.3.1.6 Tanque de cloro

Para el almacenaje del cloro se propone utilizar un galón de 5 litros el cual mediante el acople se enrosca en el sistema y se evita utilizar otros elementos externos, facilitando la manipulación y disminuyendo los costos de fabricación y de mantenimiento. En la figura 4.10 se muestra una representación del contenedor del líquido de 5 litros.

4.3.1.7 Válvula de retención

La válvula de retención o válvula anti-retorno permite la circulación del flujo del agua en un solo sentido. Su principal aplicación radica en sistemas que están conectados a sistemas de bombeo, lo cual ayuda a conservar la vida útil de los equipos.

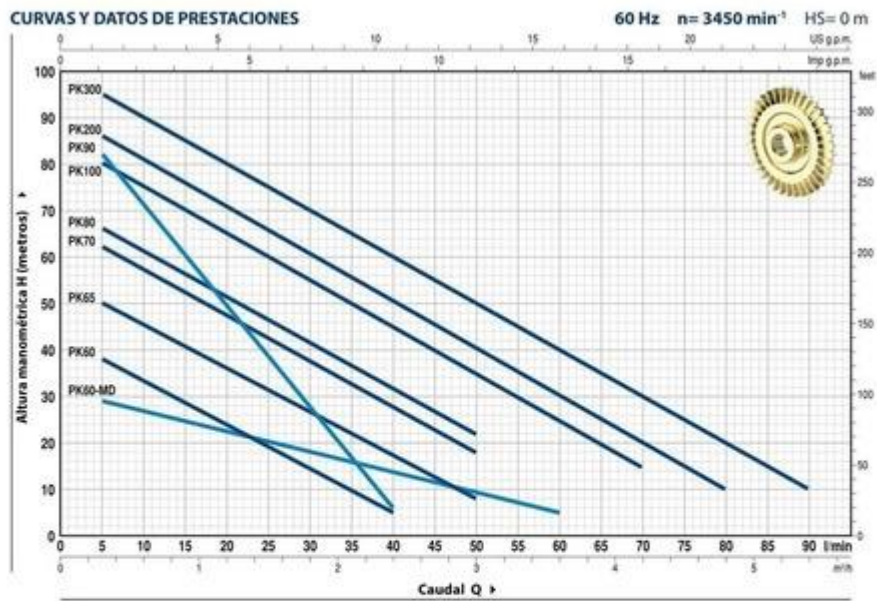


Figura 4.11 Válvula de retención de 1" [19]

4.3.1.8 Bomba de agua de 110v ½"

La bomba de agua es una herramienta que permite transportar el agua de un punto a otro de manera precisa. Mediante el movimiento del motor se genera una rotación que permite impulsar el agua con la ayuda de paletas. Debido a que se maneja un caudal de 0,06 l/s de la red de agua pública, con la ayuda de la figura 4.12 se puede evidenciar que la bomba de ½ hp es suficientemente buena para realizar el trabajo que se necesita.

En la tabla 4.19 se detallan las características de la bomba de agua de 110 v.



MODELO		POTENCIA (Pa)			Q	H															
Monofásica	Trifásica	kW	HP	▲		metros															
PKm 60*	PK 60*	0.37	0.50	IE2	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4			
PKm 100	PK 100	1.1	1.5		0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90			
PKm 200	PK 200	1.5	2	IE3	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5								
PKm 300	PK 300	2.2	3		85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15					
					90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10				
					100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10			

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración
 ▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)
 Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

Figura 4.12 curva de altura vs caudal de una bomba de agua de paletas [20].

Tabla 4.19 Propiedades de la bomba de 110 v

Características	Descripción
Voltaje	110 v
Potencia	½ hp
Altura máxima	35 m
Caudal máximo	35 l/min
Succión máxima	8 m

4.3.2 Sistema eléctrico

4.3.2.1 Microcontrolador.

Para el sistema se optó por implementar el microcontrolador Arduino uno para el control del sistema, ya que es fácil de controlar y programar. Además, de que tiene un costo accesible para los usuarios y es fácil de remplazar. En la tabla 4.20 se muestran las

características principales del microcontrolador Arduino. En la figura 4.13 se muestra un ejemplo del microcontrolador Arduino 1.

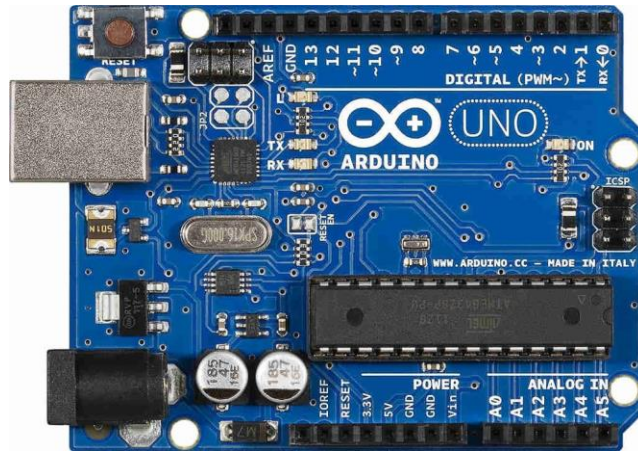


Figura 4. 13Representación del microcontrolador Arduino [25]

Tabla 4.20 Especificaciones del microcontrolador Arduino uno

Características	Descripción
Microcontrolador	<i>ATMMega328P</i>
<i>Velocidad</i>	<i>16 MHz</i>
<i>Voltaje de trabajo</i>	<i>5 V</i>
<i>Voltaje de entrada</i>	<i>7.5 a 12</i>
<i>Pines</i>	<i>14 digitales y 6 analógicos</i>
<i>Puerto hardware</i>	<i>1 puerto</i>
<i>Memoria</i>	<i>32 KB flash, 2 KB RAM, 1 KB Eeprom</i>

4.3.2.2 Electroválvula 12v

La electroválvula funciona como elemento de control del flujo del líquido. Este elemento se encuentra, inicialmente, en estado normalmente cerrado. Su activación es mediante una señal de 12 voltios, tiene una presión de trabajo de 0,2 MPa y su diámetro es de 1/4". Puede ser controlado con un controlador como Arduino o Raspberry. En la figura 4.14 se muestra una representación de la electroválvula que se implementa en el sistema.



Figura 4.14 Electroválvula de 12v de agua

4.3.2.3 Relé 5vdc

Para el control de las electroválvulas, además del Arduino se necesita un relé que controle la activación y desactivación las electroválvulas. Por ello se implementa el relé de 5 VDC de 10A para el control de las válvulas. En la tabla 4.21 se muestra algunas de las características principales del relé, y en la figura 4.15 se muestra un ejemplo del relé

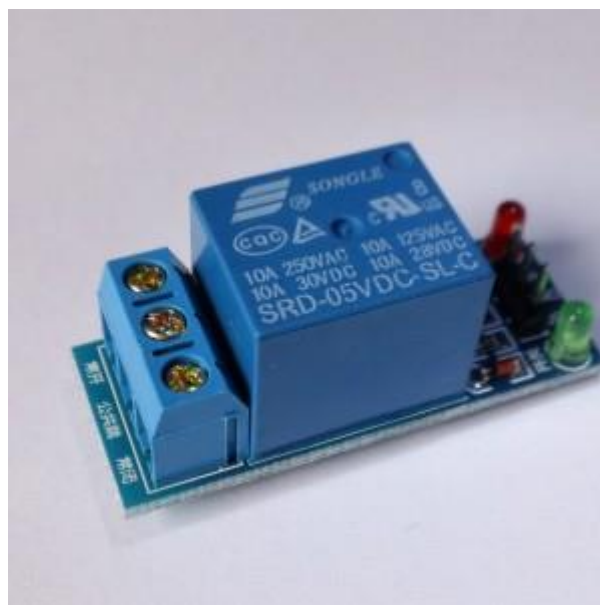


Figura 4. 15 Relé (5VD/110VDC) [26]

Tabla 4.21 Especificaciones del rele (5VDC/110VDC)

Características	Descripción
Canales	<i>1 protegido con optoacoplador</i>
<i>Tensión de alimentación</i>	<i>5v</i>
<i>Corriente de salida</i>	<i>10 A</i>
<i>Corriente de activación por relé</i>	<i>15mA-20Ma</i>
<i>Aislamiento</i>	<i>Si contiene</i>
<i>Dimensiones</i>	<i>30x54 mm</i>

4.3.2.4 Sensor de nivel de líquido

El dispositivo necesario para controlar el nivel del líquido, dentro del tanque, es el sensor ZP5210 (sensor de nivel de agua vertical). Este sensor funciona como un interruptor flotador, el cual está compuesto por una lámina magnética que está encapsulada dentro del dispositivo. Los imanes magnéticos atraen al interruptor con el fin de detectar la posición de nivel de líquido como un control de nivel.

El sensor de nivel se encuentra posicionado dentro de los dos tanques de almacenamiento y del tanque del inodoro. En la tabla 4.22 se muestra algunas de las características del sensor de nivel de líquido, y en la figura 4.16 se muestra un ejemplo del sensor que se va a implementar en el sistema.



Figura 4.16 Sensor flotador [27]

Tabla 4.21 Especificaciones del sensor de nivel ZP5210

Características	Descripción
Material	<i>Polímero</i>
<i>Represión de contacto</i>	<i>10 Watts</i>
<i>Voltaje del switch</i>	<i>50 VDC Max</i>
<i>Corriente del switch</i>	<i>0.5^a Max</i>

4.3.2.5 Fuente de alimentación de 5v

Para la alimentación del sistema es necesario conectar la placa Arduino de manera autónoma. Para ello se procede a seleccionar una fuente de alimentación de 5 VDC que permita autoabastecer al sistema. En la figura 4.17 se muestra la representación de la fuente de alimentación.



Figura 4.17 Fuente de alimentación de 5 VDC [28]

4.3.2.6 Carcasa de protección

Para proteger el circuito de agentes externos se propone utilizar una carcasa de protección que contenga el controlador y la placa del circuito que se encarga de recibir la información y procesar las acciones que se ejecutan. En la figura 4.18 se muestra la representación de la carcasa de protección.

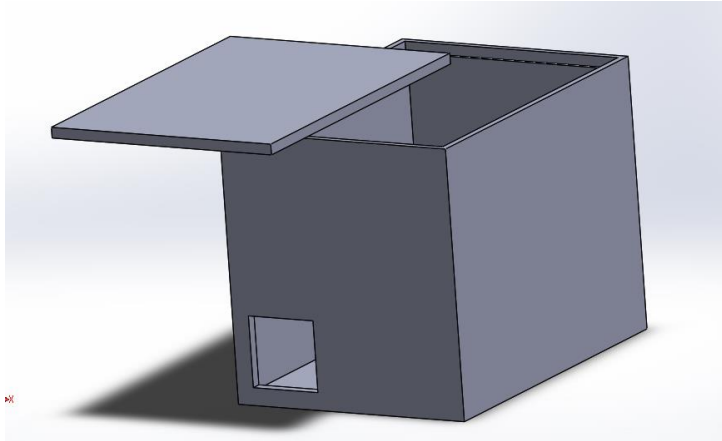


Figura 4. 18 Carcasa de protección

4.3.3 Diseño del circuito del sistema

Para la elaboración del circuito se implementan los materiales antes mencionados tomando en cuenta la eficiencia y la disponibilidad de los materiales. Se inicia el diseño con la ayuda de la lista de elementos electrónicos que intervienen en el sistema eléctrico y con un software se realiza la simulación del sistema.

Una vez que la simulación del sistema ha finalizado se procede a incorporar los elementos en el programa que ayudara a enrutar y conectar los pines de los componentes.

En la figura 4.19 se muestra el esquema necesario para la elaboración del control eléctrico del sistema.

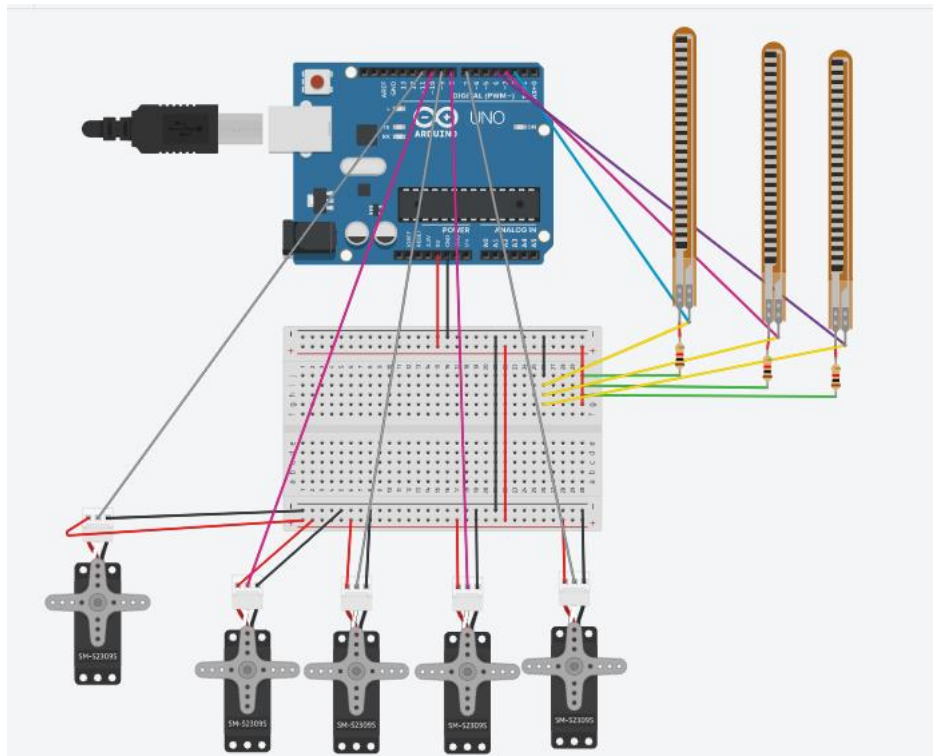


Figura 4.19 Diagrama de conexión de elementos del sistema

4.3.4 Fabricación y ensamble

El proceso de construcción del sistema inicia con el ensamble del sistema hidráulico, el cual comprende la instalación de los acoples para tanques y las tuberías de agua que permiten la circulación del flujo del líquido. Posteriormente, se instalan los circuitos y los componentes eléctricos

4.3.4.1 Fabricación del sistema hidráulico

En la fabricación del sistema hidráulico se conectaron cada uno de los componentes de manera correcta tomando en cuenta el aislamiento del sistema de forma que no se generen fugas. Tanto las tuberías como los acoples fueron conectados de manera consecuente y tomando en cuenta el sentido del flujo del agua. En la figura 4.20 se muestra el ensamble del circuito hidráulico.



Figura 4.20 Construcción del sistema de almacenamiento

4.3.4.2 Fabricación del sistema electrónico

Para la fabricación de los circuitos eléctricos se optó por utilizar un software de diseño abierto en placa PCB como se muestra en la figura 4.21. El sistema electrónico se coloca dentro de la carcasa de protección en conjunto con el microcontrolador para evitar que agentes externos alteren su funcionamiento.

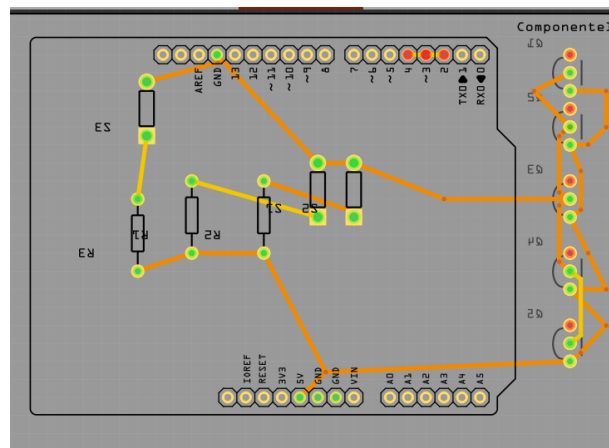


Figura 4.21 Diseño del enrutado para la placa PCB

A partir del diseño de la PCB se procede a realizar la fabricación de la placa y ensamble de los componentes del sistema electrónico.

4.3.4.3 Diseño e impresión 3D de la carcasa de protección de los circuitos

La estructura está diseñada para soportar los componentes eléctricos y electrónicos del sistema automático. La carcasa está diseñada con ABS, el material es adaptable al ambiente húmedo por lo cual el material es el adecuado para utilizar en el sistema.

Una vez finalizado el diseño de la carcasa se procede a imprimir mediante la impresora 3D la cual mediante material ABS se calienta y da forma a la pieza que anteriormente fue diseñada mediante el software Solid Works. En la figura 4.22 se muestra la carcasa de protección una vez finalizada su construcción. Al finalizar la impresión de la caja se realiza una comprobación de su funcionamiento para lo cual se ingresan los equipos dentro de la carcasa de protección y se verifica si es posible contener los componentes electrónicos dentro de la carcasa.



Figura 4.22 Impresión 3D de la caja de protección de los circuitos

4.3.5 Pruebas del funcionamiento

Una vez finalizado la construcción e instalación de los componentes en el área designada se procede a realizar las pruebas de funcionamiento. Tomando en cuenta las consideraciones necesarias de los equipos.

4.3.5.1 Instalación del sistema en el sanitario

Para la instalación del sistema se realizaron perforaciones (ver figura 4.23) en las paredes del baño para colocar los tubos que recolectan el agua del inodoro. Además, gracias a la remoción de la tapa del inodoro es posible evidenciar la colocación del sensor dentro del tanque del inodoro y las tuberías que abastecen al tanque. Adicionalmente, las perforaciones permiten el acceso del cableado del sensor que se encuentra instalado en el tanque el inodoro. En la figura 4.24 se muestra la instalación del sistema de tanques fuera del inodoro en la cual se puede evidenciar los tanques que comprenden el almacenamiento de agua, así como la bomba en conexión con los tanques antes de realizar pruebas al sistema.



Figura 4.23 Instalación del dispositivo en el inodoro



Figura 4.24 Instalación del sistema de taques.

4.3.5.2 Calibración de la bomba de agua.

Para conservar la vida útil de la bomba de agua se procede a calibrar su correcto funcionamiento, mediante la ayuda de un destornillador de cabeza plana se procede a ajustar el tornillo superior de la bomba, el cual, permite girar el rotor para eliminar las partículas de aire que se encuentran en la bomba. En la figura 4.25 se muestra la instalación de la bomba de agua en conjunto con el resto del sistema. La bomba de agua tiene una vida útil de 5 horas de trabajo seguido por 35 minutos de descanso, lo que permite funcionar al sistema más de lo necesario.



Figura 4.25 Bomba de agua de 110 v

4.3.5.3 Costo de implementación del sistema

Una vez finalizado la construcción del sistema se realiza un análisis del costo total de implementación del sistema para lo cual en la tabla 4.23 se realiza una recopilación de todos los elementos y el precio al que fueron adquiridos.

Tabla 4.18 Costos de adquisición de los componentes del sistema.

PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO (DÓLARES)	TOTAL
UNIÓN UNIVERSAL DE TUBO DE ½"	4 unidad	0.70	2.80
CODO DE TUBO PVC DE 1"	2 unidad	1.15	2.30
TANQUE PLÁSTICO DE 20 LITROS	2 unidad	4.00	8.00
BOMBA DE AGUA DE 110 V ½ HP	1 unidad	45.00	45.00
ADAPTADOR PARA TANQUE DE ½"	5 unidad	2.10	10.50
ELECTROVÁLVULA DE 110 V	3 unidad	7.00	21.00
VÁLVULA DE RETENCIÓN	1 unidad	6.00	6.00
TUBO DE AGUA DE ½" PVC	1 unidad	21.50	21.50
CODO DE AGUA ½"	6 unidad	0.45	2.70
UNIÓN UNIVERSAL DE 1"	1 unidad	4.35	4.35
ADUINO 1	1 unidad	15.00	15.00
RELÉ	4 unidad	2,30	9.20
SENSOR DE NIVEL	3 unidad	4.40	13.20
IMPRESIÓN DE CARCASA	Costo de impresión	10.00	10.00
TEFLÓN	6 rollo	0.30	1.80
CABLE MULTI-PAR	2 metro	0.50	1.00
ESTAÑO	1 metro	1.00	1.00
PCB	1 unidad	4.00	4.00
FUENTE DE 12 V	1 unidad	6.00	6.00
CABLE #12	3 metro	1.10	3.30
COLORO 5 LT	1	4.50	4.50
TOTAL			\$ 191.35

Al finalizar el proceso se puede determinar que el precio total de los materiales no es muy elevado toando en cuenta la cantidad de materiales y elementos que interviene en el sistema.

4.3.5.4 Pruebas realizadas al dispositivo

Para determinar el correcto funcionamiento del sistema se procede a analizar la respuesta de los actuadores conforme al cambio de estado de los sensores, para lo cual se analiza la respuesta de las electroválvulas y la bomba mediante el cambio manual de los estados del sensor en diferentes tiempos del día para comprobar que no existen alteraciones en el sistema. En el tabal 4.22 se muestra la recopilación de datos analizando la respuesta de las electroválvulas al accionamiento de los sensores.

Tabla 4.19 Tiempos de respuesta del sistema al cambio de estado de los sensores

<i>N° de prueba</i>	<i>Parámetros</i>		
	Velocidad de respuesta (s)	Etapas del día	Numero de repeticiones
1	< 1	Mañana	2
2	<1	Tarde	2
3	<1	Noche	2

Debido a la poca cantidad de componentes eléctricos y electrónicos la respuesta del sistema es inmediata, gracias a que no existen elementos que intervienen en el funcionamiento del sistema se evitan las fallas y los errores en su funcionamiento.

Tabla 4.20 Resultados de las pruebas realizadas al sistema

Parámetros	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Velocidad	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Funciona correctamente
Precisión	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Funciona correctamente
Calibración	Funciona correctamente	Funciona correctamente	Funciona correctamente

Una vez finalizado el proceso de construcción y realizadas las pruebas del sistema es posible resaltar la eficiencia, ya que no intervienen muchos elementos lo que permite que tanto la velocidad de reacción como la precisión con la que actúan funcionen correctamente y el dispositivo se desempeñe de manera correcta.

Conclusiones

Con base en los objetivos planteados se puede concluir lo siguiente:

- Se analizaron los métodos de reutilización de agua disponibles en el mercado, así mismo, se estudiaron los elementos necesarios que deben conformar un sistema que recolecta agua servida. Por consiguiente, se seleccionó el método de cloración y se analizaron aspectos como disponibilidad, mantenimiento y costos, por tanto, se ajustaron a los diseños de acuerdo con el ambiente en el que se implementa.
- Se diseñó la estructura del sistema de reutilización de agua considerando que el agua gris debía ser tratada para poder utilizarse en el sistema, de igual manera se consideró la implementación de elementos electrónicos de bajo coste y eficientes. Tomando en cuenta que sean de fácil replazo y de mínimo mantenimiento que no perjudiquen la funcionalidad original del sanitario.
- Se construyeron los elementos necesarios que permiten la conservación de los elementos eléctricos, de igual manera, se realizaron las modificaciones necesarias a los elementos como tanques y tuberías tomando en cuenta métodos de mecanizado y plomería adaptándolos con elementos comerciales.
- Se realizaron tres pruebas de funcionamiento tomando en cuenta diferentes ambientes y etapas de implementación, las cuales permitieron comprobar el funcionamiento del sistema en conjunto y de manera eficiente.
- Se analizó la inversión que conlleva la implementación del sistema y se concluyó que es muy poca tomando en cuenta que solo se realizará una vez y que el mantenimiento del sistema y los suministros como el cloro son accesibles y fácil de conseguir. En comparación a la cantidad de agua que se desperdicia y que en muchas localidades del país es difícil de conseguir.
- El abastecimiento del agua es similar al de la red pública ya que se proporciona una reserva de agua que, si se desea, se puede ampliar al replazar los tanques para conservar mucha más agua y así mejorar la eficiencia del sistema.
- Se concluyó que el sistema de reutilización de agua es muy beneficioso para el público en general, pero tiene mayor beneficio para las personas del sector rural ya que en épocas del año no cuentan con suministro de agua de forma permanente durante el día, y el sistema podría ayudarlos a optimizar la utilización del agua.

Recomendaciones

Para conservar la vida útil de los elementos es recomendable realizar mantenimiento en los equipos como bombas y tanques. De igual manera se recomienda evitar ingresar elementos sólidos de gran tamaño que obstruyan la circulación del líquido.

Para el mantenimiento y limpieza de los equipos se recomienda primero desconectar los elementos eléctricos y posteriormente desconectar las uniones universales. Los cuales gracias al diseño se pueden desconectar de manera sencilla sin afectar al resto de elementos.

Para mejorar el rendimiento del sistema es recomendable cambiar el tamaño del tanque de acuerdo a las necesidades del usuario, y de igual manera aumentar el número de ingresos de líquido que puedan ser utilizados para abastecer al sistema y que no afecten al funcionamiento como el agua utilizada en lavadoras.

El uso de la bomba de agua es opcional de acuerdo con la posición del segundo tanque. Si el primer tanque se encuentra en un nivel superior al segundo tanque no es necesario implementar la bomba de agua, tomando en cuenta la posición del tanque del inodoro.

REFERENCIAS

- [1] R. Hinostroza y R. Marcel, *Sistema de reutilización de aguas grises en una vivienda de la ciudad de Huancayo.*, Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014.
- [2] L. A. T. Sánchez, *Viabilidad de la reutilización de aguas grises en multifamiliares*, Bogotá: Universidad de los Andes , 2006.
- [3] Y. Azabache, K. Rojas, S. Irigoín, R. Rodríguez y B. Quispe, *Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las*, Tarapoto: Universidad Nacional San Martín- Tarapoto, 2020.
- [4] J. C. C. Ardila, D. F. G. Etayo, L. K. S. Mina y J. C. C. Ballesteros, *Aplicación electrónica para el ahorro de agua en una vivienda familiar*, Cali: Universidad de San Buenaventura, 2014.
- [5] C. Díaz Delgado, *Sistemas de cosecha de agua pluvial y reutilización de aguas grises de regadera en vivienda unifamiliar*, Mézico: Universidad Autónoma del Estado de México., 2015.
- [6] F. M. d. S. O. M. Fuster y P. López, *Agua y Agronomía*, Madrid: Mundi-Prensa, 2008.
- [7] F. O. Robles, *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes: aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2012.
- [8] L. P. G. ROMERO, *METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES*, Bogotá: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, 2019.
- [9] M. Murcia, ó. Calderón y J. Díaz, *Impacto de las aguas grises en propiedades físicas del suelo*, Cali: Tecno Lógicas, 2013.
- [10] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DEL SECTOR DEL AGUA, *AGUAS GRISES: ORIGEN, COMPOSICIÓN Y TECNOLOGIAS PARA SU RECICLAJE*, MADRID: ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DEL SECTOR DEL AGUA, 2018.
- [11] J. C. T. R. M. S. B. Francisco Osorio Robles, *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes.: Aplicación de procesos*

- industriales a la reutilización de aguas residuales, México: Ediciones Díaz de Santos, 2011.
- [12] lenthech, «WATER TREATMENT,» lenthech, [En línea]. Available: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-cloro.htm>. [Último acceso: 2021 JULIO 23].
- [13] W. J. Weber, Control De La Calidad Del Agua/ Water Quality Control: Procesos Fisicoquimicos, México: Reverte, 1979.
- [14] A. Sirolli, H. Sanzi y G. Elvira, «Análisis de un Sistema de Implante para Osteosíntesis de Huesos Largos, Mediante Simulación Computacional,» *International Journal of Morphology*, vol. 33, pp. 594-599, 2015.
- [15] A. Hernández, Microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa, EDITUM, 1990.
- [16] P. M. G. Olabarria, Desalación mediante Osmosis Inversa. Ingeniería Constructiva, Lulu.com, 2012.
- [17] G. M. E. B. Paz, Metodología de la investigación, México: Grupo Editorial Patria, 2014.
- [18] G. G. Dávila, Metodología de la investigación, México: Grupo editorial Pátria, 2015.
- [19] poolaria, «poolaria,» poolaria, [En línea]. Available: <https://www.poolaria.com/valvulas-de-pvc/1158-valvula-antirretorno-uniblock-pvc-epdm-encolar.html>. [Último acceso: 21 Enero 2022].
- [20] P. D. W. D. Belangero, «Estudio Multicéntrico Latinoamericano de las Fracturas Abiertas de la Tibia,» AO TRAUMA LATIN AMERICA, 2019.
- [21] Asociación de Osteosíntesis(AO) y Asociación de Traumatología Ortopédica (OTA), *JOURNAL OF ORTHOPAEDIC TRAUMA (JOT)*, vol. 32, Wolters Kluwer, 2018.
- [22] S. Hoppenfeld y V. L. Murthy, FRACTURAS Tratamiento y Rehabilitación, Madrid: MARBÁN, 2004.
- [23] C. R. Colmenares, Interviewee, *Información sobre la fracturas tibiales, metodos de corrección y LC-DCP*. [Entrevista]. 16 Noviembre 2019.
- [24] S. Endara, Interviewee, *Información sobre la fracturas tibiales, metodos de corrección y LC-DCP*. [Entrevista]. 16 Noviembre 2019.
- [25] P. Hernigou y J. Pariat, «History of internal fixation (part 1): early developments with wires and plates before World War II,» *International Orthopaedics (SICOT)*, 2016.

- [26] J. M. Concha Sandoval, «Experiencia con el sistema de placas bloqueadas (LCP) en el Hospital Susana López de Valencia – Popayán, Colombia,» *MEDIGRAPHIC*, 2007.
- [27] Hospital San Vicente De Paul, *Estadísticas sobre las fracturas de tibia*, Ibarra, 2019.
- [28] P. Hernigou y J. Pariat, «History of internal fixation with plates (part 2): new developments,» *International Orthopaedics (SICOT)*, 2016.
- [29] M. S. G. Rey, La escasez de Agua en el mundo y la importancia del Acuífero Guaraní para Sudamérica: Relación abundancia- escasez, Centro Argentino de Estudios Internacionales Programa Recursos Naturales y Desarrollo, 2010.
- [30] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, «Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019,» Place de Fontenoy, París , 2019.
- [31] N. Nieto, «La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas,» *Política y cultura*, nº 36, pp. 157-176, 2011.
- [32] ONU-Agua, «Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua.,» PNUD, París, 2006.
- [33] Organización Mundial de la Salud , «Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento: datos esenciales,» UNICEF/OMS, 2015.
- [34] A. F. C. y. C. d. Mortier, Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica, Buenos Aires: academia.edu, 2005.
- [35] E. Terneus-Jácome, «PRINCIPIOS FUNDAMENTALES EN TORNO A LA CALIDAD DEL AGUA, EL USO DE BIOINDICADORES ACUÁTICOS Y LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA FLUVIAL EN ECUADOR,» *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 27, nº 1, 2018.
- [36] Alheritiere, D., Guía de Protección Ambiental Tomo I: Introducción, Planificación Suprasectorial, Infraestructura, Roma: FAO Environment Paper, 1996.
- [37] Agencia andina , «Debemos consumir 100 litros de agua al día por persona, pero consumimos hasta 250 litros,» *Actualidad ambiental*, p. 3, 2017.
- [38] E. M. Calleja, «LEROYMERLIN,» Comunidad Leroy Merlin, 7 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?q=cuantos+metros+cubicos+de+agua+se+necesita+p>

ara+regar+un+metro+de+cesped&rlz=1C1CAFA_enEC783EC783&oq=cuantos+metros+cubicos+de+agua+se+necesita+para+regar+un+metro+de+cesped&aqs=chrome..69i57.24014j1j4&sourceid=chrome&ie=UT. [Último acceso: 18 Enero 2021].

- [39] iagua, «Los beneficios del reúso del agua,» *iagua*, p. 3, 2017.
- [40] E. Luna y F. Blanco, *Diseño y Construcción de una Placa LC - DCP para Fracturas de Antebrazo*, Naguanagua, Carabobo: UNIVERSIDAD DE CARABOBO, 2010.
- [41] J. F. Gelve Gamboa y D. A. Ávila Guerra, *Modelado y Análisis de distribución de esfuerzos y deformaciones unitarias en un tratamiento quirúrgico con placa de osteosíntesis en una fractura diafisaria de tibia mediante el software de elementos finitos ANSYS*, Bucaramanga: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, 2017.
- [42] L. Cardona R, M. Brousse, M. Mieres, S. Arias y É. Gutiérrez, *Evaluación de la resistencia de un prototipo de placa de compresión dinámica (PCD) fabricada de polimetilmetacrilato (PMMA) probada en fémur canino osteotomizado*, Bogotá, 2011.
- [43] J. Betancor Bosch, *Estudio computacional de los sistemas de fijación interna aplicados a la recuperación de fracturas diafisarias del húmero*, Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2014.
- [44] Imagen Agropecuaria, «Captación de lluvia opción viable para abasto de agua potable,» Imagen Agropecuaria, 9 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://imagenagropecuaria.com/2016/33415/>. [Último acceso: 23 Marzo 2021].
- [45] P. Garcidueñas, «expoknews,» Cinépolis, 16 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.expoknews.com/que-es-un-atrapanieblas/>. [Último acceso: 23 Marzo 2021].
- [46] National Geographic, «National Geographic,» National Geographic, 27 Abril 2020. [En línea]. Available: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/bombillascontra-virus_14403. [Último acceso: 23 Marzo 2021].
- [47] Guillermo, «Tratamiento de aguas residuales domésticas,» 3 Mayo 2006. [En línea]. Available: <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>. [Último acceso: 31 Marzo 2021].
- [48] MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL, «TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

POR MEDIO DE CLORO,» rganización Mundial de la Salud (OPS/OMS), Guatemala, 2006.

- [49] INFRA, *catálogo de productos*, Quito: INFRA, 2014.
- [50] made-in-china, «made-in-china,» made-in-china, [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_sunhokey/product_Arduino-Uno-R3-Development-Board-Microcontroller-for-DIY-Project_rogunohrg.html. [Último acceso: 1 FEBRERO 2022].
- [51] INASTÍA TECNOLÓGICA, «INASTÍA TECNOLÓGICA,» INASTÍA TECNOLÓGICA, [En línea]. Available: <https://dinastiatecnologica.com/producto/modulo-rele-5v-110-220vac-10a-para-arduino/>. [Último acceso: 20 ENERO 2022].
- [52] ELECTROCREA , «ELECTROCREA,» ELECTROCREA , [En línea]. Available: <https://electrocrea.com/products/sensor-de-nivel-de-agua>. [Último acceso: 9 ENERO 2022].
- [53] NATLAMP, «NATLAMP,» NATLAMP, [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/fuentes-switching-ac-dc/830-fuente-de-alimentacion-dc-5v-1a.html>. [Último acceso: 21 ENERO 2022].

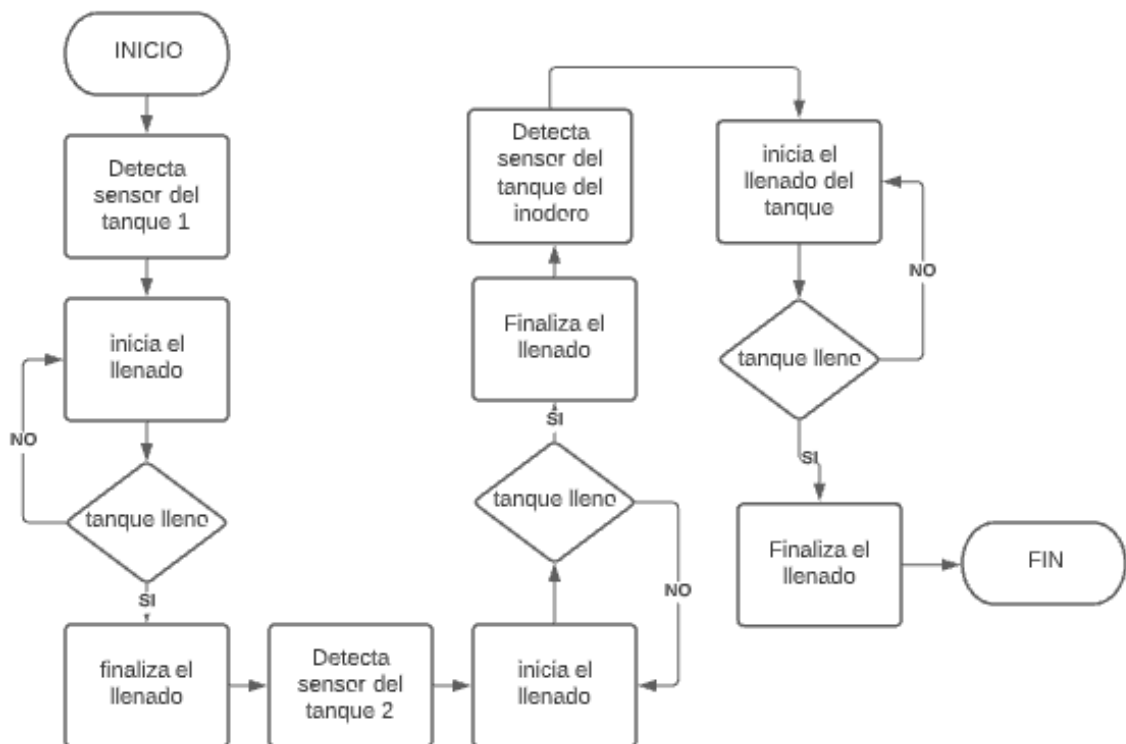
ANEXOS

ANEXO 1: FLUJOGRAMA

1 Secuencia

Mediante el flujograma se detalla los pasos que el sistema debe efectuar con la ayuda del microcontrolador arduino.

El primer paso que se debe efectuar es el abastecimiento del primer tanque sea con agua del lavamanos o de la fuente externa al sistema. Posteriormente abastecer al segundo tanque por medio de la bomba. Y finalmente se abastece al tercer tanque en caso de que sea necesario.



4.4 Código de programación en Arduino

```
int sensor1 = 2; // tanque 1
```

```
int sensor2 = 3; // TANQUE 2
```

```
int sensor3 = 4; // TANQUE BAÑO
```

```

int rele1 = 5;// AGUA EXTERIOR

int rele2 = 6;// AGUA TANQUE

int rele3 = 7;// TANQUE CLORO

int rele4 = 8; //BOMBA DE AGUA

void setup() {

  Serial.begin(9600); // iniciamos la comunicación serial

  pinMode(sensor1, INPUT_PULLUP);// colocamos en pin en modo alto

  pinMode(sensor2, INPUT_PULLUP);

  pinMode(sensor3, INPUT_PULLUP);

  pinMode(rele1, OUTPUT);

  pinMode(rele2, OUTPUT);

  pinMode(rele3, OUTPUT);

  pinMode(rele4, OUTPUT);

}

void loop() {

  Serial.print("Estado del sensor 1: ");

  if (digitalRead(sensor1) == HIGH) {

    Serial.print("ON");

    digitalWrite(rele1, LOW);

  }

  else {

    Serial.print("OFF");

    digitalWrite(rele1, HIGH);

  }

  Serial.print("Estado del sensor 2: ");

  if (digitalRead(sensor2) == HIGH) {

```

```
Serial.print("ON");

digitalWrite(rele4, LOW);

}

else {

Serial.print("OFF");

digitalWrite(rele4, HIGH);

}

Serial.print("Estado del sensor 3: \n ");

if (digitalRead(sensor3) == HIGH) {

Serial.print("ON");

digitalWrite(rele2, LOW);

}

else {

Serial.print("OFF");

digitalWrite(rele2, HIGH);

}

if (digitalRead(sensor2) == LOW) {

digitalWrite(rele3, HIGH);

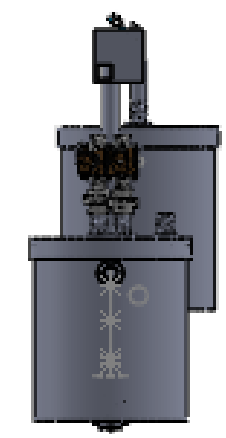
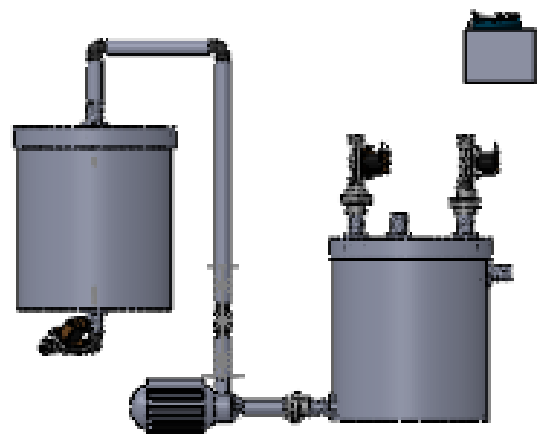
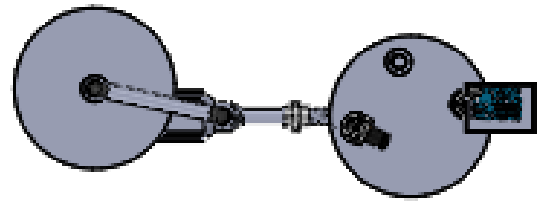
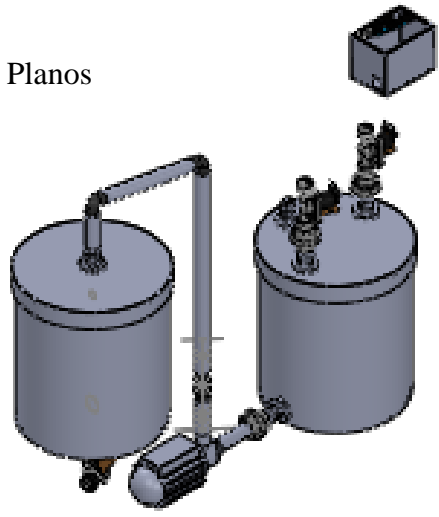
delay(500);

digitalWrite(rele3, LOW);

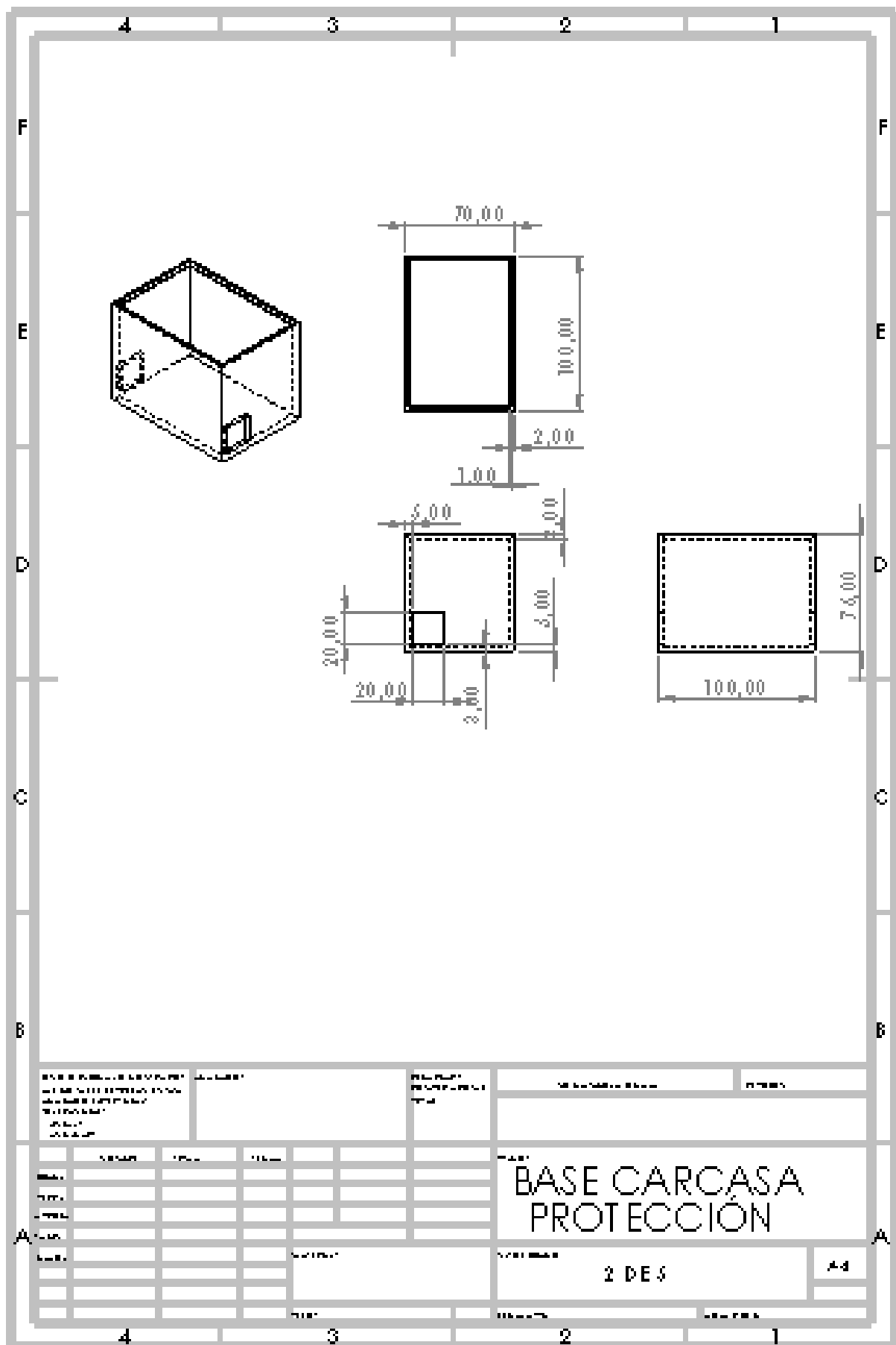
}

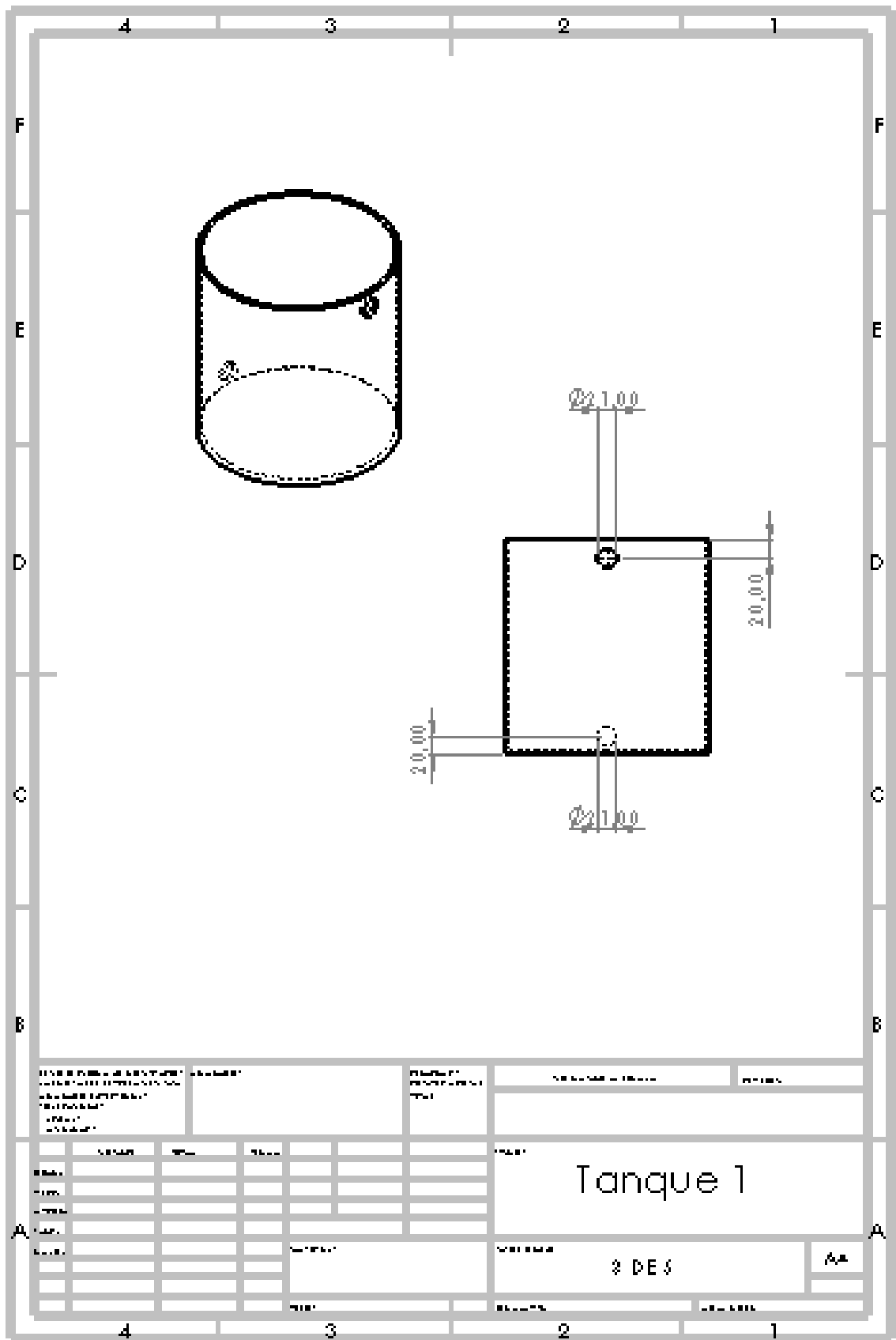
}
```

Anexo 2: Planos

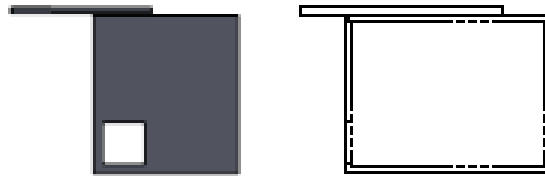
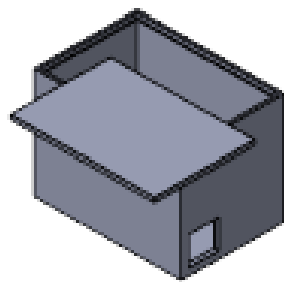


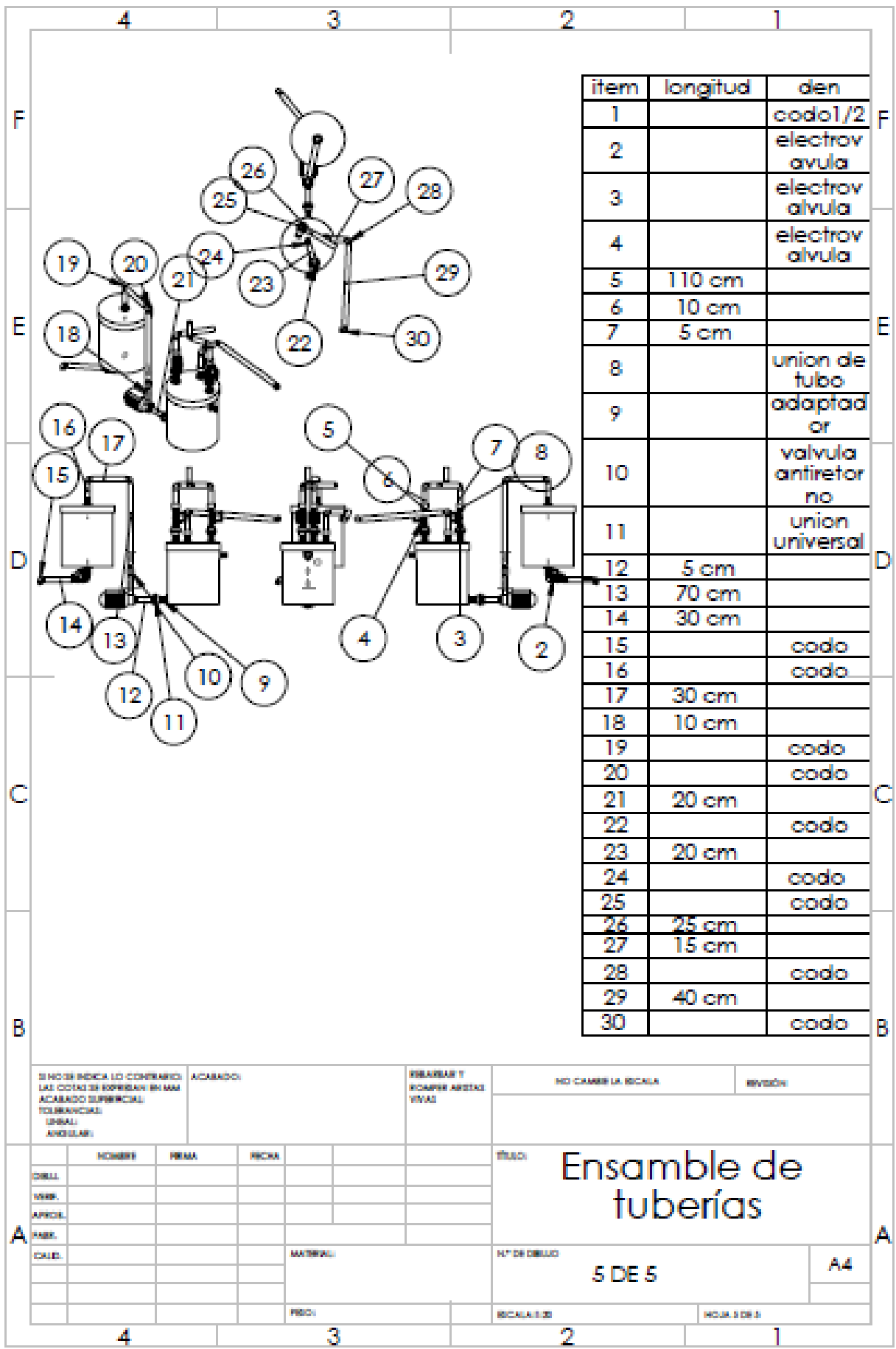
PROJETO	REVISÃO
C ONJUNTO SISTEMA	
1 de 3	
AS	





4	3	2	1	
F			F	
E			E	
D			D	
C			C	
B			B	
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: (ANGULOS)		ACABADO:	REBARBOS Y ESCOPES ABASTA VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA REVISIÓN
DISEÑO VERB. APROB. FABR. CALIF.	NOMBRE PRIMA FECHA		TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Ensamblaje CAJA</h2>	
A		MATERIAL:	N° DE DIBUJO A4	
		FECH:	ESCALA 1:1 HOJA 1 DE 1	
4	3	2	1	





item	longitud	den
1		codo 1/2
2		electrov. av. 1/2
3		electrov. av. 1/2
4		electrov. av. 1/2
5	110 cm	
6	10 cm	
7	5 cm	
8		union de tubo
9		adaptador
10		valvula antiretorno
11		union universal
12	5 cm	
13	70 cm	
14	30 cm	
15		codo
16		codo
17	30 cm	
18	10 cm	
19		codo
20		codo
21	20 cm	
22		codo
23	20 cm	
24		codo
25		codo
26	25 cm	
27	15 cm	
28		codo
29	40 cm	
30		codo

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOBRANCIAL (UNDA), ANDESAL.

ACABADO:

ESBARBAR Y BOMPEAR ARESTAS VIVAS

NO CAMBIA LA ESCALA

REVISION:

<table border="1"> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	NOMBRE	FIRMA	FECHA													<p>TÍTULO:</p> <h2 style="text-align: center;">Ensamble de tuberías</h2>
NOMBRE	FIRMA	FECHA														

<table border="1"> <tr> <th>CALE.</th> <th>MATERIAL</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	CALE.	MATERIAL									<p>N° DE DIBUJO:</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">5 DE 5</p>	<p>A4</p>
CALE.	MATERIAL											