



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores
Aragón



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
LA RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y RECICLAJE
DE AGUA EMPLEANDO DISPOSITIVOS
ELECTROMECÁNICOS**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Eléctrico Electrónico

PRESENTA

Galvez Garrido Cristian Emmanuel

ASESOR DE TESIS

Dr. Ismael Díaz Rangel

Estado de México, 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS:

Dedico y agradezco a mis padres: Emilia Garrido Martínez, por el gran esfuerzo y dedicación que ha hecho por mi hermano y por mí en nuestra etapa adolescente. A José Luis Galvez Martínez, a ti “Pepochas”, por quien desde pequeño he aprendido que las cosas buenas cuestan mucho conseguirse y que con esfuerzo y dedicación logramos cumplir, por todo aquello que hoy en día haces para no caer, gracias Papá.

Katy: Gracias por estar siempre ahí, por tener las palabras precisas para darme ánimos y no dejarme abortar esta misión. Estuviste ahí para apoyarme con consejos y conocimientos para este proyecto y no olvides que pronto viene el tuyo, confío en tu dedicación, pasión y entrega para terminar pronto. ¡No desistas!

Un agradecimiento muy especial a mí asesor de tesis, el Doctor Ismael Díaz Rangel quien, al parecer, dedica más tiempo a sus pupilos que a él mismo. Gracias Prof. por no abandonarme y confiar en que tarde o temprano terminaríamos este proyecto.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Aragón y muy especialmente al Mtro. Juan Gastaldi Pérez, el Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez, el M. en I. Fidel Gutiérrez Flores y el Ing. Joel García Zárraga, por el tiempo y apoyo que me brindaron para que este proyecto se pudiera llevar a cabo. En general a todas las personas que conforman la carrera de Ingeniería Eléctrica Electrónica quien día a día realizan una gran labor para ayudarnos a crecer como profesionistas.

A mis amigos, Ing. Cristian Serrano e Ing. Manuel Palapa, porque aguantaron hasta el final a mi lado, apoyándonos en todo momento, gracias “Bros”. Nadie mejor que nosotros sabe lo que costó terminar y saben lo que hace falta por concluir, no lo olviden.

A TODOS... GRACIAS.



Contenido

AGRADECIMIENTOS:	2
Índice de imágenes.....	5
Índice de tablas	7
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.3 MOTIVACIÓN.....	9
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	10
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 EL AGUA EN EL PLANETA.....	11
2.2 OBTENCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	13
2.3 ESTADÍSTICAS SOBRE EL USO DE AGUA EN EL HOGAR.....	15
2.4 FORMAS DE REUSO, RECICLAJE Y AHORRO DE AGUA POTABLE.....	17
2.5 EL AGUA DE LLUVIA.....	18
2.5.1: <i>Recolección de agua pluvial.</i>	19
2.5.2 <i>Conceptos básicos para la recolección de agua pluvial.</i>	19
2.5.3 <i>¿Por qué implementar un sistema de recolección de agua pluvial?</i>	20
2.5.4 <i>¿El agua de lluvia puede ser potable?</i>	21
2.5.5 <i>Pluviometría en México.</i>	22
2.6 DEPOSITOS DE ALMACENAMIENTO.....	23
2.7 SISTEMAS DE CONTROL.....	24
2.7.1 <i>Conceptos básicos.</i>	24
2.7.2 <i>Elementos básicos que forman un sistema de control.</i>	25
2.7.3 <i>Clasificación de los sistemas de control según su comportamiento.</i>	25
2.7.4 <i>Tipos de sistemas de control.</i>	26
2.8 MICROCONTROLADOR.....	27
2.8.1 <i>Partes esenciales de un microcontrolador.</i>	27
2.8.2 <i>Arquitectura de un microcontrolador.</i>	28
2.9 ARDUINO UNO.....	32
2.9.1 <i>Ventajas y desventajas al usar ARDUINO.</i>	32



2.9.2 Partes de la placa ARDUINO UNO.....	33
2.9.3 Características de la tarjeta de ARDUINO UNO.	35
2.9.4: Instalación del compilador para ARDUINO UNO.	35
2.10 SENSORES Y TRANSDUCTORES.	40
2.10.1 Transductores.	40
2.10.2 Sensores.	41
2.11 SENSOR DE NIVEL DE AGUA.	41
2.11.1 Funcionamiento.	41
2.11.2 Características del sensor.	42
2.12 SENSOR DE LLUVIA.	42
2.12.1 Funcionamiento.	43
2.13 SENSOR DE TEMPERATURA.	44
2.13.1 Funcionamiento.	45
2.13.2 Características.	46
2.14 ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS.	46
2.14.1 Funcionamiento.	46
2.14.2 Características.	47
2.15 MÓDULO DE RELEVADOR.	48
2.15.1 Electrónica de potencia, etapas de potencia o circuitos de fuerza.	48
2.15.2 Funcionamiento del módulo de relevador.	49
2.16 ACTUADORES.	50
2.17 FUENTES DE ALIMENTACIÓN.	52
2.17.1 Fuentes lineales.	52
2.17.2 Fuentes conmutadas.	53
2.18 TEMPERATURA IDEAL DEL AGUA EN UNA DUCHA.	54
2.19 TUBERIA.	54
CAPÍTULO 3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	57
3.1 ANÁLISIS DE PLANOS ORIGINALES.	57
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS EN CASA-HABITACIÓN.	61
3.3 PRECAUCIONES EN LA RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PLUVIAL.	64
3.4 SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA UTILIZADA.	65



3.5 MODIFICACIONES Y ANEXOS A LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA.	66
3.5.1 Módulo 1.	66
3.5.2 Módulo 2.	72
3.5.3 Módulo 3.	77
3.5.4 Módulo 4.	83
CAPÍTULO 4 PRUEBAS Y RESULTADOS.....	88
4.1 Pruebas y resultados del circuito de control del módulo 1.	88
4.2 Pruebas y resultados del circuito de control del módulo 2.	90
4.3 Pruebas y resultados del circuito de control en conjunto entre módulos 1 y 2.	93
4.4 Pruebas y resultados del circuito de control del módulo 3.	95
4.5 Pruebas al circuito del módulo 4.	99
4.6 Pruebas y resultados para la etapa de potencia.	102
Conclusiones.	104
Trabajos futuros.	106
Referencias.....	107

Índice de imágenes

Imagen 2. 1 Ciclo del agua.....	11
Imagen 2. 2 Distribución de agua en el planeta.....	12
Imagen 2. 3 Captación del agua cruda para potabilización.	13
Imagen 2. 4 Etapa de agrupación y hundimiento de partículas.....	14
Imagen 2. 5 Filtración y eliminación de partículas pequeñas.	14
Imagen 2. 6 Etapa para neutralizar los químicos en el agua.....	15
Imagen 2. 7 Niveles de pH del agua de lluvia en el mundo.....	21
Imagen 2. 8 Figura geométrica con sus tres dimensiones.	23
Imagen 2. 9 Sistema de control de lazo abierto.....	25
Imagen 2. 10 Sistema de control de lazo cerrado.....	26
Imagen 2. 11 Microcontrolador Atmega328P.....	27
Imagen 2. 12 Arquitectura Von Neumann.	29
Imagen 2. 13 Arquitectura Harvard.	29



Imagen 2. 14 Diagrama de bloques del Atmega328P.....	30
Imagen 2. 15 Diagrama de pines del ATmega 328P (Arduino, s.f.).....	32
Imagen 2. 16 Placa ARDUDINO UNO.....	33
Imagen 2. 176 Sensor de nivel de agua.....	41
Imagen 2. 188 Sensor de lluvia.	43
Imagen 3. 1 Vista aerea de planta baja.....	58
Imagen 3. 2 Vista frontal de la casa del diseño.....	59
Imagen 3. 3 Vista aérea de planta baja.....	60
Imagen 3. 4 instalación hidráulica.....	61
Imagen 3. 5 recolección de agua.....	62
Imagen 3. 6 Instalacion hidráulica de una regadera de agua potable.....	63
Imagen 3. 7 Instalación de control en regadera.....	63
Imagen 3. 8 Intalación hidráulica para módulo 1.....	66
Imagen 3. 9 Diagrama de Flujo para módulo 1.....	68
Imagen 3. 10 Diagrama esquemático para módulo 1.....	69
Imagen 3. 11 Algoritmo para circuito de control para módulo 1.....	70
Imagen 3. 12 Algoritmo para circuito de control correspondiente a módulo 1.....	72
Imagen 3. 13 Conexión hidráulica para la alimentacion de los muebles del hogar desde los tinacos.	72
Imagen 3. 14 Diagrama de flujo para módulo 2.....	73
Imagen 3. 15 Diagrama Esquemático para módulo 2.....	74
Imagen 3. 16 Algoritmo para circuito de control para módulo 2.....	75
Imagen 3. 17 Algoritmo completo para circuito de control de los módulos 1 y 2.....	76
Imagen 3. 18 Conexión hidráulica para la recolección de agua de lluvia.....	77
Imagen 3. 19 Diagrama de flujo para módulo 3.....	79
Imagen 3. 20 Diagrama esquemático para módulo 3.....	80
Imagen 3. 22 Algoritmo para circuito de control del módulo 3.....	82
Imagen 3. 23 Instalación hidráulica para control de flujo de agua en la regadera.....	83
Imagen 3. 24 Diagrama de flujo para módulo 4.....	85
Imagen 3. 25 Circuito esquemático para el módulo 4.....	86
Imagen 3. 26 Algoritmo para circuito de control del módulo 4.....	87
Imagen 4. 1 Circuito para control de módulo 1.....	89
Imagen 4. 2 Prueba de activación de la bomba 1.....	89
Imagen 4. 3 Circuito para control de módulo 2.....	91
Imagen 4. 4 muestra de los indicadores en estado abierto de las electroválvulas.....	92
Imagen 4. 5 Muestra de los indicadores en estado cerrado de las electroválvulas.....	92
Imagen 4. 6 Circuito completo para módulo 1 y 2.....	93



Imagen 4. 7 Muestra de interruptores desactivados con cisternas vacías	94
Imagen 4. 8 Prueba del SNC2 activo y SNmT2 inactivo, bomba 2 enciende.....	94
Imagen 4. 9 Activación del SNmT2 para el abastecimiento de los muebles. Electroválvula 1 y 2....	94
Imagen 4. 10 Prueba de tinaco 2 lleno bomba 2 apagada.....	95
Imagen 4. 11 Pruebas al circuito del módulo 3.....	96
Imagen 4. 12 Incumplimiento de condiciones, válvulas cerradas.....	97
Imagen 4. 13 Prueba sin paso de corriente ni existencia de humedad	97
Imagen 4. 14 Solo potenciómetro cumple condición	97
Imagen 4. 15 Potenciómetro y sensor de lluvia cumplen condiciones.....	98
Imagen 4. 16 Cumplimiento de ambas condiciones y apertura de válvulas.....	98
Imagen 4. 17 Pruebas al circuito de control para módulo 4	99
Imagen 4. 18 Medición de la temperatura ambiente	100
Imagen 4. 19 registros de la temperatura ambiente por el sensor ds18b20.....	100
Imagen 4. 20 Segunda prueba aplicación de calor.....	101
Imagen 4. 21 Registro de temperaturas con la aplicación de calor	101
Imagen 4. 22 Registro de la disminución de temperatura aplicando frio con un hielo	102
Imagen 4.23 descenso de temperatura incumplimiento de una de la condiciones.	102
Imagen 4. 24 Circuito de control con etapa de potencia.....	102
Imagen 4. 25 Pruebas a la activación de la electroválvula.....	103

Índice de tablas

Tabla 2. 1 Usos para el agua domestica	16
Tabla 2. 2 Precipitación nacional en 2015.....	22
Tabla 2. 3 TIPOS DE MOTORES.....	51
Tabla 2. 4 Tubería.....	55
Tabla 3. 1 Simbología utilizada.....	65
Tabla 4. 1 Distribución de los sensores de nivel de agua en los diferentes interruptores	88
Tabla 4. 2 Pruebas a mecanismos para el agua potable	90
Tabla 4. 3 Pruebas a mecanismos para el agua de lluvia	90



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Hace algunos años se hablaba de que el fin de la humanidad podría venir por muchas cosas, por ejemplo: una tercera guerra mundial, por la obtención de petróleo, globalización a niveles críticos, robots con la suficiente inteligencia artificial capaces de suplir por completo las funciones del ser humano, y nadie o casi nadie mencionaba “EL AGUA” como un posible problema.

Muchas personas creen que la problemática del agua es solo un mito, dicen que el agua será eterna que nunca se acabará y quizá estén en lo correcto, el agua de hace miles de años sigue estando presente, pero con una diferencia lamentablemente muy notoria, el agua una vez utilizada muy difícilmente sirve para consumo humano. Tal vez el agua permanecerá por siempre, pero lamentablemente será agua que el hombre ya no podrá utilizar.

El consumo de agua que se está dando para distintas finalidades, aumenta a niveles drásticos, ocasionando el cambio climático en todo el mundo por culpa de la sobre explotación a los recursos naturales, además de malos hábitos y porque no, al incremento descomunal de habitantes sobre el planeta.

Entre los principales impactos de este fenómeno en los recursos hídricos se encuentran los aumentos y las disminuciones anormales en el caudal de agua debido a variaciones de la precipitación y la temperatura, lo que trae como consecuencia lluvias más intensas o más escasas que conducen a la presencia de sequía o de eventos extremos meteorológicos. Todas estas condiciones son propicias para generar daños por inundaciones y sequías más severas.

El consumo del agua no está solo en saciar nuestra sed, también se da en la limpieza de los objetos, en la construcción de cualquier arquitectura, en la mezcla de bebidas y alimentos y en infinidad de cosas que la mayoría de personas ni siquiera sabemos.

Una pregunta, en lo personal muy interesante respecto a esta problemática es: ¿Qué tiene que ocurrir en nuestra vida, en nuestras localidades, en el país o peor aún, en el mundo para que comencemos a tener conciencia y entender la magnitud de este problema que es el consumo desmedido y mal uso del agua?

Por tal motivo, este trabajo consiste en la propuesta de sistemas electromecánicos automatizados, que intentan generar un ahorro y mejorar el aprovechamiento del agua en los hogares.



1.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un sistema que permita la recolección del agua pluvial, y mediante dispositivos electromecánicos la distribuya automáticamente hacia un depósito; a su vez, también incluye un mecanismo para reciclar el agua de la regadera. La propuesta está planteada para que su instalación sea sencilla y de bajo costo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Para lograr un proyecto completo se necesitará recabar información sobre temas específicos. A continuación, se mencionan los puntos principales, destacando que será hasta el siguiente capítulo donde se desglosará la información completa para una mejor comprensión del trabajo.

- Analizar la situación actual del agua en el planeta.
- Revisar los métodos para la obtención y tratamiento de agua potable.
- Recabar estadísticas sobre el uso del agua en el hogar.
- Identificar las formas de reúso, reciclaje y ahorro de agua potable.
- Investigar las características principales del agua de lluvia.
- Comprender qué son los sistemas de control y sus principales características.
- Describir las partes que conforman a un microcontrolador y detallar las características del microcontrolador ATmega328P.
- Examinar ventajas y desventajas, así como las partes que conforman la placa y el entorno de Arduino.
- Detallar la estructura y funcionamiento de las electroválvulas hidráulicas.
- Seleccionar el sensor de nivel de agua adecuado para nuestro proyecto.
- Definir una etapa de potencia para el sistema propuesto.
- Detallar el funcionamiento de un sensor de lluvia.
- Elegir el sensor de temperatura adecuado para este sistema.

1.3 MOTIVACIÓN.

Afortunadamente me toca crecer en una localidad joven en donde las construcciones se ven por todas partes, la gente tiene muy poca cultura, donde son muy pocos los niños que entraban a la escuela y peor aun los que la terminaban, las banquetas y los coches se lavaban con chorros de agua saliendo de la manguera, las personas se mojaban los sábados de semana santa por tradición, y conforme pasaba el tiempo la gente se quejaba cada vez más porque les quitaban el agua, se preguntaban ¿con que se iban a bañar, como harían su comida, como limpiarían?, etc. y me preguntaba si recordaban que algún día desperdiciaron tanta agua que tenían. Ahora en los últimos años se ve gente en la calle corriendo, persiguiendo a las pipas transportadoras de agua para que les pudieran llenar unos cuantos botes e irse satisfechas a sus casas haciendo rendir el agua hasta la última gota. Sin embargo, existen otras localidades en donde no han tenido ningún problema con el abastecimiento de agua por lo que aún no conocen el problema de sufrir por la



ausencia de esta. Pero existen muchos lugares en donde el problema ha existido por siempre y quién sabe si este termine algún día.

Es por todo lo anterior que se da este trabajo, para que las personas que puedan implementar este proyecto en sus hogares ayuden a ahorrar agua potable y utilizar agua de lluvia que al final de cuentas es la única que no nos cobran y que, en lugar de ir directamente al drenaje, nos ayude a ahorrar unos pesos y hacer frente a un problema crítico.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

Se desea que la implementación de este proyecto sirva para tener un mejor aprovechamiento del agua de lluvia y que el agua potable dure por más tiempo. Este proyecto beneficiaría a todas las personas de una forma directa e indirecta, pues las personas que pudieran implementarlo verían los resultados en una forma económica, ya que al consumir menos agua potable estarían ahorrando al momento de pagar su recibo de agua y en el aspecto ecológico, cada litro de agua que no utilizamos es postergar el agotamiento de esta para consumo humano.

Si en algún futuro se hicieran proyectos a grandes escalas, el agua ahorrada por las personas que pudieran implementar este sistema se pudiera recolectar y llevar a lugares donde hay ausencia de agua potable.

Beneficios:

- Supone un auto suministro gratuito de agua de gran calidad que permite obtener una independencia parcial o incluso total de las redes de suministro público.
- Ayudar a aliviar de forma importante el exceso de demanda de las redes de suministro público, contribuyendo a la mejor conservación de las reservas públicas para casos de escasez.
- Contribuir con un ahorro energético importante, éste al no tener que emplear electricidad para bombear al menos una parte del agua que se va a usar desde las reservas a cada casa. El bombeo de agua para las zonas urbanas consume grandes cantidades de energía eléctrica que se ahorraría en caso de que parte del suministro fuera autónomo en cada casa.
- Puede considerarse un alivio para la red de drenaje público, esto al no verter a ella directamente el agua que cae de los techos y tejados.
- Apoyar en la recuperación de los acuíferos subterráneos en las zonas urbanas en las que la obtención principal del agua provenga de ellos. Al emplearse el agua de lluvia se deja de extraer la del subsuelo y con ello permitir su recuperación (Sitio Solar, 2013).

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 EL AGUA EN EL PLANETA.

En esta sección analizaremos información general respecto al agua con los datos más relevantes en cuanto a consumo y cantidades de consumo.

El agua es la fuente de toda vida en la Tierra. Su distribución es muy variable, en algunas regiones es muy abundante, mientras que en otras escasea. Sin embargo, contrario a lo que muchas personas creen, la cantidad total de agua en el planeta no cambia.

El agua existe en forma sólida (hielo), líquida y gaseosa (vapor de agua) que podemos observar en océanos, ríos, nubes, lluvia y otras formas de precipitación en frecuentes cambios de estado. Así, el agua superficial se evapora, el agua de las nubes se precipita, la lluvia se filtra en el suelo y corre hacia el mar o mantos acuíferos. Al conjunto de procesos involucrados en la circulación y conservación del agua en el planeta se le llama ciclo hidrológico (Jumapam, 2016). (Imagen 2.1)¹

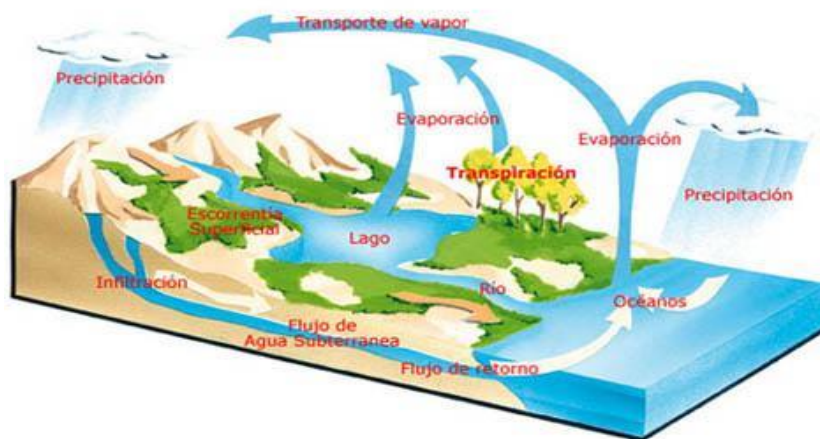


Imagen 2.1 Ciclo del agua.

El 97.5% del agua en la tierra se encuentra en los océanos y mares de agua salada, únicamente el restante 2.5% es agua dulce. Del total de agua dulce en el mundo, 69.7% se encuentra en los polos y en las cumbres de las montañas más altas y se encuentra en un estado sólido. El 30% del agua dulce del mundo, se encuentra en la humedad del suelo y en los acuíferos profundos.

¹ diarium.usal.es, 2016

Solo el 0.3% del agua dulce en el mundo, escurre por las cuencas hidrográficas en forma de arroyos y ríos y se depositan en lagos, lagunas y en otros cuerpos superficiales de agua (ver figura 2.2)². Esta es agua que se repone regularmente a través del ciclo hidrológico.

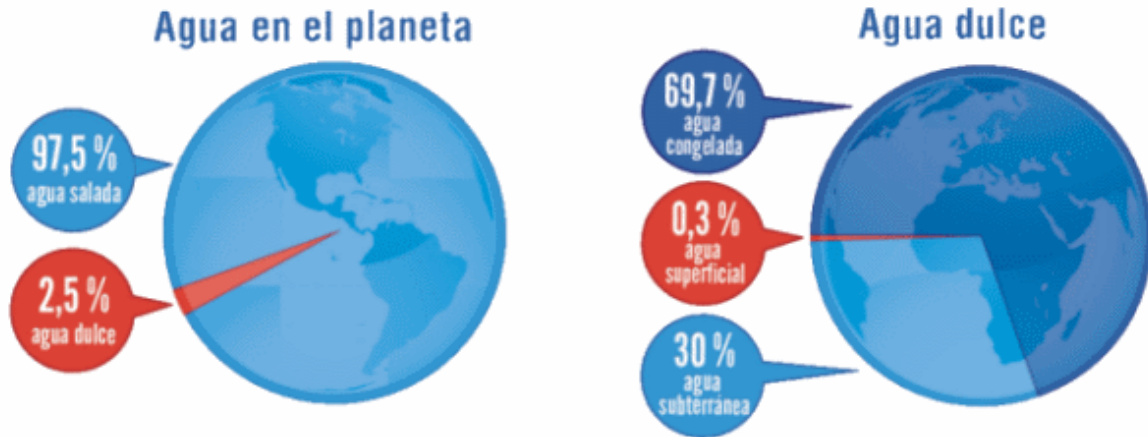


Imagen 2. 2 Distribución de agua en el planeta.

El uso de agua se puede dividir en consuntivo y no consuntivo. El uso consuntivo es aquella fracción de la demanda de agua que no se devuelve al medio hídrico después de su uso, siendo consumida por las actividades, descargada al mar o evaporada. Los principales usos consuntivos son:

- El abastecimiento urbano.
- El industrial.
- El regadío.
- El riego de campos de golf.
- La ganadería.

Por otro lado, el uso no consuntivo es aquella fracción de la demanda de agua que se devuelve al medio hídrico sin alteración significativa de su calidad incluye:

- La generación hidroeléctrica.
- Sistemas de refrigeración.
- Acuicultura.
- Efluentes domésticos.
- Retornos de riego.
- Caudales medioambientales.

El uso no consuntivo condiciona fuertemente y limita el suministro de los usos consuntivos, pues precisa estar disponible en el tiempo y en el espacio con la calidad apropiada.

² CorporateOffice.us, 2015) Solo el 0.3% del agua dulce sirve para consumo humano.

Las más recientes evaluaciones de los especialistas y organizaciones internacionales conectadas con los problemas del agua, sugieren que para el año 2025 más de las dos terceras partes de la población mundial sufrirá algún estrés por la falta de este líquido.

2.2 OBTENCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

Es necesario saber que para obtener agua potable en nuestros domicilios se requiere de un proceso bastante complejo, sin dejar de mencionar lo altamente costoso que es. Muchas veces no nos ponemos a pensar lo que hay detrás de cada vaso con agua que llenamos al abrir la llave, de cada descarga del tanque del WC cuando acudimos al sanitario, o del agua que cae por la regadera cuando nos bañamos. A menudo no sabemos valorar las cosas porque no sabemos lo mucho que cuesta conseguirlas. Es por esto que a continuación se mencionará el proceso que se lleva a cabo antes de que todas las personas podamos disponer de agua potable en nuestros hogares.

Tenemos que saber que no podemos hacer uso del agua tal cual nos la proporciona la naturaleza ya que puede contener partículas o bacterias dañinas para nuestro organismo, a este tipo de agua se le conoce como agua cruda. Es por ello que se requiere pasarla por un proceso llamado potabilización el cual nos proporciona agua para el consumo humano. Existen varias fuentes del medio ambiente que nos proporcionan agua para potabilizar y estas pueden ser superficiales o subterráneas. Entre las superficiales podemos encontrar lagunas, lagos o ríos y en las subterráneas encontramos pozos, manantiales y ríos subterráneos.

- Captación: Esta primera etapa es básicamente el origen del abastecimiento (Figura 2.3). El agua cruda se obtiene de aguas superficiales o subterráneas, cabe señalar que entre mayor calidad tenga, menores serán los tratamientos de potabilización a los que habrá que someterla.

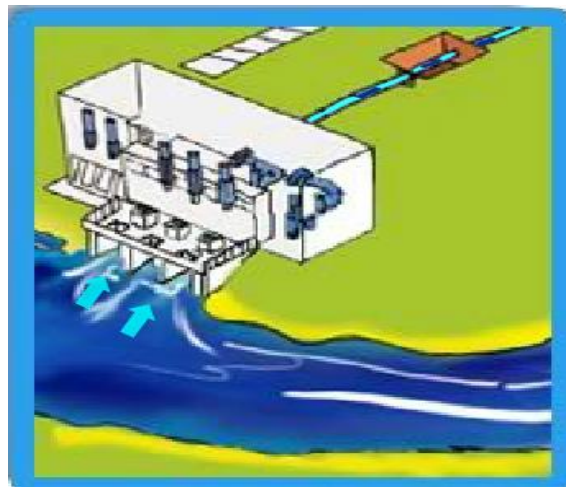


Imagen 2.3 Captación del agua cruda para potabilización.

- Decantación: Es el proceso físico-químico donde se lleva a cabo una coagulación y una floculación. Es decir, al agua se le aplican productos químicos como el sulfato de aluminio y cloruro férrico, de tal manera que se logran concentrar grandes cantidades de partículas suspendidas que forman la turbiedad³ del agua (figura 2.4), creándose así racimos llamados flóculos que son de mayor tamaño y peso. Debido al peso que obtienen los flóculos por su respectiva coagulación estos se irán al fondo de los contenedores. Este proceso logra disminuir la turbiedad del agua, quedando solamente las partículas que no pudieron ser retenidas (Essbio, s.f.).

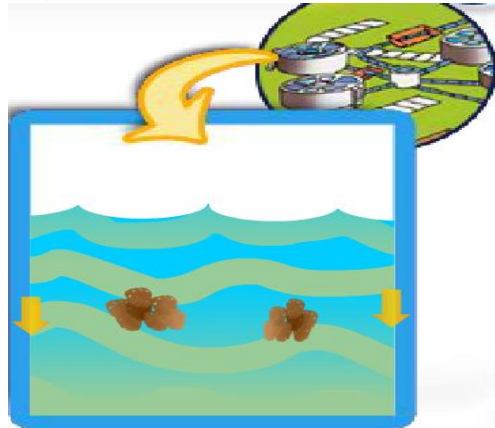


Imagen 2. 4 Etapa de agrupación y hundimiento de partículas.

- Filtración: En este proceso el agua es conducida a un lecho filtrante constituido por arena y carbón antracita⁴ que en conjunto alcanzan unos 75 cm de altura (figura 2.5) en donde el agua pasa a través de él, lográndose así quitarle prácticamente toda la turbiedad.

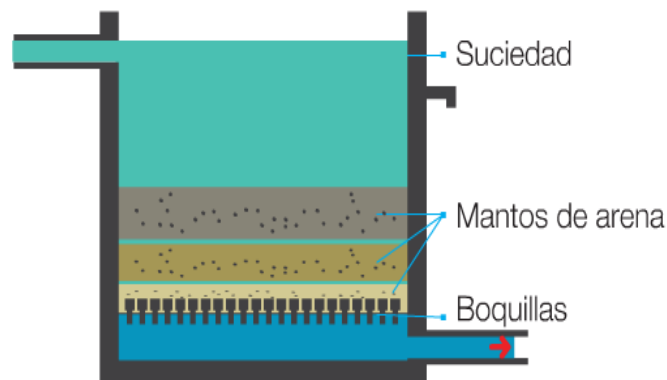


Imagen 2. 5 Filtración y eliminación de partículas pequeñas.

³ (Barrera, 2013) Turbiedad o turbidez. Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales que se encuentran suspendidos regularmente en aguas superficiales. La turbidez puede impactar en ecosistemas acuáticos al afectar la fotosíntesis.

⁴ . - Antracita. Carbón mineral de color negro brillante, es un excelente medio de filtración para clarificar el agua cuando esta es usada en combinación de arenas filtrantes.

- **Desinfección:** Es el proceso en donde se le agrega cloro al agua, esto para asegurar la ausencia de microorganismos que puedan dañar la salud de las personas. Este proceso es aplicado en forma rigurosa y controlada en forma permanente para asegurar en todo momento la calidad microbiológica del agua. Finalmente, para neutralizar el efecto del coagulante que aumentó la acidez del agua, se le adiciona cal para equilibrarla. (Agua y Saneamientos Argentinos S.A., s.f.)

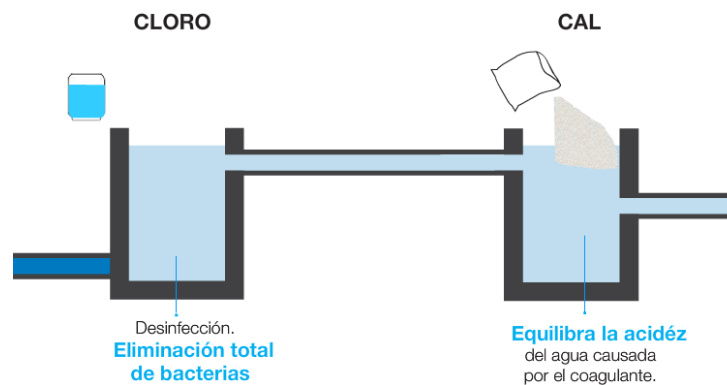


Imagen 2. 6 Etapa para neutralizar los químicos en el agua.







2.3 ESTADÍSTICAS SOBRE EL USO DE AGUA EN EL HOGAR.

Dentro de nuestras actividades diarias llevamos a cabo muchas prácticas que requieren el uso de agua. En la actualidad, para las grandes ciudades del mundo tener agua es un hecho casi incuestionable. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que 1 de cada 6 personas en el mundo no tiene acceso al agua potable y que casi 2 millones de niños mueren cada año en el mundo por falta de este vital líquido.

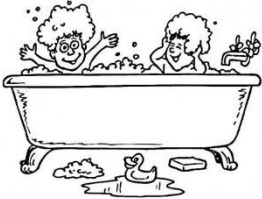

Debemos considerarnos personas afortunadas que podemos disfrutar del agua no solo para vivir y alimentarnos, sino también para realizar actividades de ocio.

A continuación, se muestra una lista de posibles usos de agua potable en un hogar y sus respectivos gastos de agua:

Tabla 2. 1 Usos para el agua doméstica.

<p>Limpieza del hogar (pisos, muebles y patio)</p>		<p>El consumo para el aseo de una casa varea de acuerdo a tamaños de estas, suponiendo una casa de dos niveles, el consumo de agua puede ser de hasta los 30 litros de agua.</p>
<p>Lavadoras y lavavajillas</p>		<p>El consumo de agua en una lavadora depende de los kilos de ropa a lavar, suponiendo una carga grande de 16 Kg de ropa se usan 80 litros de agua aproximadamente. De la misma forma, un lavavajillas. (Hogares-verdes.blogspot, 2011)</p>
<p>Riego de jardín y plantas</p>		<p>Para el consumo de agua en el jardín se proporciona la planta que más agua necesita y en los meses más calurosos, esta es el césped. El césped requiere de 8 litros de agua diarios por m². (Trejo, 2008)</p>
<p>Lavado de autos</p>		<p>El lavado de autos es una de las actividades que más gasto de agua requiere, esto puede varea desde el tamaño de autos y la forma de cómo lavarlo. El consumo de agua en esta actividad puede ser de hasta 400 litros del vital líquido.</p>
<p>Uso para comida</p>		<p>Esta actividad puede ser donde menos uso de agua se requiera, sin embargo, también conlleva un gasto. La preparación de alimentos puede ser de 10 a 15 litros por comida, dependiendo de la cantidad de personas para la cual se prepara.</p>
<p>En el lavamanos y demás llaves</p>		<p>Por una llave convencional se ocupan alrededor de 10 litros por minuto.</p>



En la regadera y bañera		Una bañera se llena aproximadamente con 300 litros de agua, mientras que si se toma un baño con la regadera se gastan unos 50 litros de agua. (Agencia catalana del agua, s.f.)
En sanitarios		Los escusados convencionales tienen un consumo de agua que puede ir de los 4.5 litros de agua hasta los 8.

La información de la tabla es clara, el agua es vital para poder llevar una vida tranquila en nuestros hogares. La cantidad de agua que consumimos es excesiva, se dice que una persona a diario puede llegar a consumir hasta 150 litros de agua potable en actividades como ir al sanitario, ducharse, lavarse las manos, hacer su comida, lavar ropa, trastes y en limpieza de pisos y muebles (Cardenas, s.f.). Regar jardines y lavar autos son actividades que se sumarían a la cantidad de agua ya mencionada, esto dependerá propiamente de los hábitos de las personas. Lo anterior conlleva a hacer cálculos y más cálculos y es un cuento de nunca acabar, pues el índice de población en el planeta va en aumento, es una regla fácil de comprender: entre más personas habitan el planeta es menor la cantidad de agua potable que existe en él.

2.4 FORMAS DE REUSO, RECICLAJE Y AHORRO DE AGUA POTABLE.

El consumo de agua no solo ha aumentado considerablemente en los últimos años, sino también se la ha contaminado mucho, disminuyendo consecuentemente la cantidad de agua potable en el mundo. Por tal motivo se han buscado diferentes formas de reusar el agua ya utilizada, reciclarla o métodos que permitan reducir los consumos de agua potable. (Metroscubicos, 2012)

A continuación, se mencionan diferentes métodos y formas que permiten lograr lo anterior:

- **Reúso de agua de lavadora:** Algunos usos que se le puede dar a la resultante es lavar patios y banquetas, incluso regar plantas y césped, esto último cuando el agua no contiene cloro, pues se sabe que las cantidades de jabón les son de ayuda para eliminar plagas que se encuentren haciéndoles dañando.
- **Uso de equipos a su máxima capacidad:** Hacer uso de lavadoras y lavavajillas son de las actividades que más agua potable consumen en un hogar. Por tal motivo, una forma de aprovechar el agua en estos aparatos es usándolos a toda su capacidad, así se requerirán menos ciclos por semana. Debemos estar conscientes de que la mayoría de las funciones



que requieren media carga son ineficientes debido a que utilizan más de la mitad de líquido requerida para una carga completa.

- **Usar menos agua en el WC:** En la actualidad existen WC ahorradores de agua, pero también es cierto que en México son más los hogares que cuentan con inodoros viejos que tienen un gran consumo de agua. Por tal motivo, una manera de disminuir el consumo de agua potable en los escusados es metiendo al tanque botellas llenas de agua esto con el fin de que ocupen espacio dentro del tanque y este se llene con una menor cantidad de agua.
- **Recolección de agua de la regadera:** Cuando vamos a tomar una ducha en la regadera, las personas solemos esperar a que el agua tenga una temperatura adecuada para poder hacer uso de ella, sin embargo, es una cantidad considerable de agua la que se va por el drenaje sin ser utilizada. Por tal motivo se recomienda colocar botes, tinas o cualquier recipiente que pueda contener el agua mientras ésta no tenga la temperatura que deseamos. Lo anterior nos ayudará, de manera eficaz, a desperdiciar menos agua potable.
- **Menos agua para lavar autos:** Esta actividad sin duda alguna es la que más agua consume en nuestros hogares, por tal motivo se buscan opciones que puedan reducir la cantidad de litros de agua potable empleados en el lavado de autos. Una opción es el emplear equipos llamados hidrolavadoras, las cuales son máquinas que bombean el agua a alta presión que, por tal motivo, ayudan a remover fácilmente la suciedad. Otra forma es utilizar trapos mojados, ambas opciones anteriores para no usar mangueras o botes a la hora de lanzar agua cuando se lavan los coches.
- **Buen uso de las llaves existentes en el hogar:** Cerrar la llave del lavabo mientras nos lavamos los dientes, nos afeitamos o lavamos nuestras manos es una gran acción para evitar que una gran cantidad de agua se desperdicie, incluso usar un vaso con agua es más que suficiente para poder enjuagar bien nuestros dientes. Lavar las frutas y verduras en un tazón consume menos agua limpia que hacerlo bajo el chorro de agua. Cerrar la llave del fregadero mientras se tallan los platos es una buena medida para ahorrar agua limpia.
- **Cierre relativo de las llaves principales:** Cerrar levemente las llaves de paso es una buena medida para consumir menor cantidad de agua potable, no se apreciará la diferencia.

2.5 EL AGUA DE LLUVIA.

Conocida como uno de los fenómenos meteorológicos más comunes, la lluvia es la caída de agua en forma de gotas más o menos abundante que tiene diversos y muy importantes usos para la vida tanto del ser humano como la de otras especies y seres vivos (Importancia, s.f.).

La lluvia es un fenómeno meteorológico, lo cual quiere decir que depende del clima y de efectos naturales que suceden de manera frecuente en el medio ambiente. Esto quiere decir que la lluvia es uno de los fenómenos más comunes que los seres vivos experimentan a diferencia de otros como huracanes o tornados. La lluvia es sumamente importante para la calidad de vida de los seres humanos y su ausencia puede hacer fácilmente que la misma se vuelva conflictiva debido a la falta de hidratación en los suelos.



2.5.1: Recolección de agua pluvial.

A lo largo de distintas épocas y culturas en todo el mundo se desarrollaron diferentes métodos para la recolección del agua de lluvia, sin embargo, con la implementación de sistemas de repartición entubada, esas prácticas fueron desapareciendo paulatinamente.

En la actualidad, como una de las constantes búsquedas para ayudar a disminuir el consumo de agua potable ante el inminente crecimiento de población, sin duda alguna, de las mejores opciones que se pueden encontrar es la recolección y uso de agua de lluvia.

En el mundo, muchos países como Inglaterra, Japón o Alemania, el agua de lluvia se aprovecha en edificios que cuentan con el sistema de recolección (Hidropluviales, s.f.), para usarla en sanitarios y en el combate a incendios. En algunos otros países como en la India se utiliza el agua pluvial para regadío en cultivos. En algunas Islas del caribe, Tailandia, Inglaterra, Estados Unidos y Japón entre algunos otros existen leyes y normativas que obligan a la captación de agua de lluvia de los techos, incluso en algunos países como Australia en donde se desarrollan incentivos que invitan a implementar los sistemas de recolección de agua pluvial.

La situación en nuestro país es algo diferente, ya que los malos hábitos y la falta de cultura en las personas impide que estas actividades terminen de ser explotadas. La implementación de este tipo de actividades podría reducir el rezago en abastecimiento de agua.

2.5.2 Conceptos básicos para la recolección de agua pluvial.

A continuación, se mencionan algunos conceptos básicos relacionados con la captación de agua de lluvia:

- Cosecha de lluvia: es la acción de captar y usar agua de lluvia que se obtiene de superficies como techos de concreto, tejados o incluso del mismo suelo.
- Área de captación: zona adecuada en donde se llevan a cabo los escurrimientos de agua de lluvia para posteriormente ser canalizada y almacenada.
- Estructura o sistema de captación: Es el conjunto de objetos con el que se lleva a cabo la recolección del agua de lluvia. En estos pueden incluirse las áreas de captación, medios de canalización, depósitos, etc.
- Medios de conducción: se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación hasta el depósito de almacenamiento.
- Depósito de almacenamiento: Son tinacos o cisternas en donde se conserva el agua de lluvia captada. Deben ser de materiales resistentes, impermeables para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos y luz solar.
- Vertedor: es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los litros de agua que exceden la capacidad del depósito, con el fin de evitar fallas por desbordamiento.



2.5.3 ¿Por qué implementar un sistema de recolección de agua pluvial?

La implementación de sistemas de recolección de agua pluvial en los hogares es sin duda alguna de las mejores opciones que existen para disminuir el consumo de agua potable, pues muchos de los usos que se le dan, fácilmente pueden ser sustituidos por el agua pluvial incluso proporciona algunas ventajas debido a la ausencia de minerales, esto hace que sea más conveniente por ejemplo para plantas ya que se ha demostrado que el agua potable al haber sido tratada con agentes químicos influyen negativamente en su desarrollo (Ray Agua, 2012). Además, el agua de lluvia puede extender la vida útil de las tuberías y calentadores de agua, ya que carece de sales que pueden llegar a facilitar la corrosión.

A continuación, se mencionan los beneficios más destacados que se obtienen a través de la recolección de agua de lluvia.

- Económicos:
 - Supone un auto suministro gratuito de agua de gran calidad que permite obtener una independencia parcial o incluso total (según las necesidades) de las redes de suministro público.
 - Las implementaciones de sistemas de captación de agua de lluvia, ayudan a disminuir las tarifas de agua potable debido a la disminución de su uso.
- Ecológicos:
 - Puede ayudar a aliviar de forma importante el exceso de la demanda de las redes de suministro público, contribuyendo a la mejor conservación de las reservas públicas para casos de escasez.
 - Permitir la recuperación de los acuíferos subterráneos en las zonas urbanas en las que la obtención principal del agua provenga de ellos. Al emplearse el agua de lluvia se deja de extraer la del subsuelo y con ello permitir su recuperación.
- Sociales:
 - Ayudar a aliviar la red de drenaje público, esto al no verter a ella directamente el agua que cae de los techos y tejados evitando que se sature y reduciendo las inundaciones, destacando que el agua llegará al sistema de drenaje paulatinamente conforme esta se vaya utilizando.
 - Pretende un ahorro energético importante al no tener que emplear electricidad para bombear al menos una parte del agua que se va a usar desde las reservas a cada casa. El bombeo de agua para las zonas urbanas consume grandes cantidades de energía que se ahorrarían en caso de que parte del suministro fuera autónomo en cada casa.
 - Reducir el volumen de agua potable utilizada en aplicaciones no potables como su uso es sanitarios o limpieza del hogar (Conversation Club, s.f.).

2.5.4 ¿El agua de lluvia puede ser potable?

Las propiedades físicas y químicas del agua de lluvia son generalmente superiores a las que puede presentar el agua del subsuelo debido a los minerales que se encuentran bajo la tierra. El agua de lluvia en teoría es pura, sin embargo, para que esta pudiera ser potable depende de muchos factores a la hora de recolectarla, por ejemplo, el agua puede escurrir de superficies contaminadas ya sea por materiales tóxicos, basura, heces fecales de aves, entre otras cosas.

Además, en la actualidad, las grandes ciudades tienen un alto nivel de contaminación en el aire, la consecuencia a esto es la lluvia ácida. La anterior es cualquier forma de precipitación que presente elevadas concentraciones de ácido sulfúrico y nítrico (Society, s.f.). La flora en descomposición y los volcanes en erupción liberan algunos químicos a la atmósfera que pueden originar lluvia ácida, pero la mayor parte de estas precipitaciones son el resultado de acciones humanas como son la quema de combustibles fósiles, procedentes de plantas de carbón generadoras de electricidad, fábricas y los automóviles.

Cuando el ser humano quema combustibles fósiles, libera dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x) a la atmósfera. Estos gases químicos reaccionan con el agua, el oxígeno y otras sustancias para formar soluciones diluidas de ácido sulfúrico y nítrico lo que provoca que el pH del agua de la lluvia tome valores por debajo de 5.0, lo cual es conocido como lluvia ácida. Para que el agua sea considerada potable, esta no debe rebasar los rangos de pH de 6.5 a 8.5.

Se considera que el agua pura tiene un pH de 7 (Hendrickson, s.f.), siendo este un valor neutro en una escala de 0 a 14, si una sustancia tiene valores menores a 7 será considerada ácida y conforme el pH se acerque a cero esta será aún más ácida, por ejemplo, el jugo de limón que tiene un pH de 2.3. Por el contrario, si los valores van más arriba del 7 se consideran alcalinos, por ejemplo, la sangre humana con un valor de pH de 7.3.

Por todo lo anterior, el agua de lluvia puede reemplazar el uso de la potable en muchas actividades, pero no para consumo humano, a menos que esta entre a un proceso de filtrado y potabilización. Todo dependerá de la contaminación de la atmósfera que rodea la ciudad en la que nos encontramos. (Véase imagen 2.7)⁵

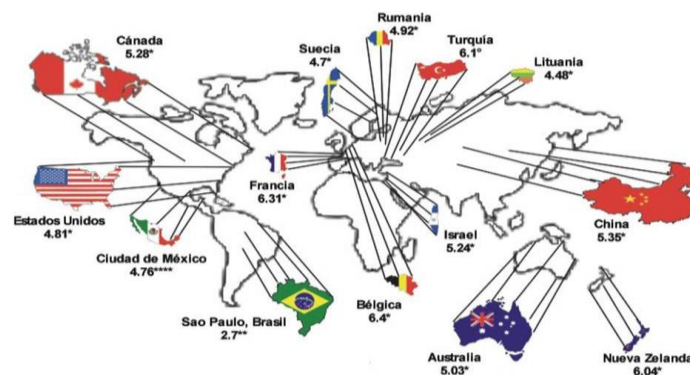


Imagen 2. 7 Niveles de pH del agua de lluvia en el mundo

⁵ En esta imagen se muestran los niveles de pH del agua de lluvia en diferentes países del mundo.



2.5.5 Pluviometría en México.

Es claro observar que nuestro proyecto dependerá en su totalidad de la cantidad de lluvia que caiga en el área de captación designada. Por tal motivo resulta importante saber o tener idea de cuanta lluvia esperamos recibir.

Nuestro país cuenta con gran variedad de ecosistemas y por tal motivo la pluviosidad no es la misma para las distintas entidades federativas. A continuación se muestra (Tabla 2.2) la cantidad de precipitación a nivel nacional y por entidad federativa del año 2015 (CONAGUA, s.f.), esto para poder estimar cantidades de agua y medidas para nuestros sistemas de almacenamiento.

Tabla 2. 2 Precipitación nacional en 2015.

CONAGUA		PRECIPITACIÓN A NIVEL NACIONAL Y POR ENTIDAD FEDERATIVA 2015											
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
ENTIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AGUASCALIENTES	7.1	32.7	90.8	8.4	31.7	202.8	148.0	93.2	83.4	106.6	8.3	23.7	836.7
BAJA CALIFORNIA	21.7	14.6	37.4	6.3	22.1	17.9	20.2	18.6	41.6	18.3	20.0	24.2	262.9
BAJA CALIFORNIA SUR	26.0	16.8	14.8	8.2	2.2	38.8	51.2	36.9	104.6	39.2	16.0	7.1	361.7
CAMPECHE	90.1	32.1	82.7	26.0	71.1	157.8	78.7	203.5	184.2	197.6	123.6	78.8	1326.1
COAHUILA	26.4	28.7	71.5	34.1	80.1	74.2	49.0	32.6	36.7	70.4	15.1	6.3	525.0
COLIMA	1.1	129.1	306.1	0.7	25.4	172.6	207.2	220.4	240.9	601.9	14.7	36.7	1956.7
CHIAPAS	82.5	31.0	52.9	80.6	126.9	206.9	134.7	196.5	341.1	247.1	150.3	90.6	1741.1
CHIHUAHUA	38.2	29.5	54.9	20.4	7.2	83.4	138.5	97.2	74.1	47.2	32.6	7.4	630.5
DISTRITO FEDERAL	0.3	2.9	19.5	8.3	69.6	74.1	94.1	79.2	114.3	20.2	5.4	4.1	491.8
DURANGO	32.2	37.1	74.6	12.8	8.7	103.8	108.3	72.9	87.0	70	5.1	14.6	627.1
GUANAJUATO	4.6	12.1	126.5	16.7	100.4	143.6	142.0	102.2	112.8	64.5	5.5	9.9	840.8
GUERRERO	0.3	3.0	42.1	2.6	111.9	142.0	147.6	149.6	234.2	127.6	31.9	10.5	1003.3
HIDALGO	19.4	15.9	93.9	43.6	67.6	85.1	70.3	67.4	97.5	59.7	51.8	9.3	681.4
JALISCO	6.5	42.2	140.2	7.3	42.7	183.2	179.9	135.6	160.4	196.5	16.1	35.3	1145.8
ESTADO DE MÉXICO	1.8	11.4	61.5	15.9	128.7	128.1	141.0	117.0	168.2	57.3	17.5	10.2	858.5
MICHOACAN	1.5	17.9	158.7	7.5	75.4	132.4	163.9	118.2	130.4	164.6	7.4	18.7	996.6
MORELOS	0.3	3.0	63.1	10.1	155.6	262.1	163.1	257.9	295.5	87.2	28.3	1.0	1327.0
NAYARIT	42.2	82.9	88.3	2.9	8.8	145.1	202.9	232.5	360.2	176.6	34.4	66.2	1443.0
NUEVO LEÓN	24.9	33.2	84.7	80.9	126.4	89.7	21.5	42.9	64.8	89.4	20.1	3.6	682.1
OAXACA	19.2	5.2	30.4	32.1	69.5	173.2	158.0	122.5	176.2	115.7	78.9	21.4	1002.4
PUEBLA	30.6	10.9	92.8	45.6	124.2	164.6	132.7	132.9	236.0	113.9	89.3	11.7	1185.1
QUERÉTARO	9.0	14.9	110.1	28.3	94.1	128.9	96.9	85.0	96.3	60.5	25.9	6.9	756.6
QUINTANA ROO	73.6	41.0	43.2	18.4	22.0	270.5	42.5	95.9	171.0	378.8	224.8	113.9	1495.5
SAN LUIS POTOSÍ	23.6	21.2	99.6	37.3	108.5	129.5	73.7	79.1	91.7	88.1	34.8	7.1	794.1
SINALOA	29.5	33.3	35.0	13.1	4.9	81.2	201.3	255.5	213.2	116.1	25.0	40.5	1048.6
SONORA	54.3	18.5	40.9	17.7	2.8	75.8	131.2	118.7	116.3	33.7	26.6	7.0	643.5
TABASCO	294.2	79.0	156.3	86.2	80.9	237.0	92.2	193.5	289.3	361.2	274.1	282.6	2426.3
TAMAULIPAS	26.8	19.4	81.1	74.5	151.4	127.0	42.6	76.8	115.1	132.9	39.0	5.1	891.7
TLAXCALA	8.1	4.3	63.5	30.4	133.8	141.4	106.4	73.5	171.0	37.9	25.0	4.8	800.1
VERACRUZ	79.6	20.9	98.8	50.4	70.4	152.0	148.9	156.6	201.3	259.3	192.3	58.4	1488.9
YUCATÁN	46.9	43.5	32.5	11.1	31.9	137.5	72.6	158.3	172.8	117.1	129.9	24.3	978.4
ZACATECAS	19.5	48.0	79.3	12.8	28.8	167.5	99.8	71.0	89.3	92.4	16.4	16.7	741.6
NACIONAL	37.5	27.2	69.6	27.4	53.7	119.2	110.3	107.7	132.7	110.6	50.2	25.9	872.0

Valores preliminares en milímetros (mm) Se actualiza mensualmente

2.6 DEPOSITOS DE ALMACENAMIENTO.

Como ya se mencionó en el apartado 2.5.2, los depósitos de almacenamiento son parte fundamental en este proyecto. Por lo anterior, a continuación, se muestra una serie de cálculos sencillos y básicos que ayudarán a saber las dimensiones que deberán tener nuestros contenedores.

Lo primero a tener en consideración es la cantidad de agua que consume una persona al día, del apartado 2.3 ya sabemos que una persona puede llegar a consumir hasta 150 litros de agua al día.

Lo segundo es saber la cantidad de personas que habitan en la casa de implementación del sistema. Este ejemplo se empleará para una familia con 4 integrantes.

Con los datos anteriores se tiene que la familia de 4 integrantes requiere de 600 L de agua en un solo día. (Aceves, 2014)

$$150 L \times 4 \text{ Personas} = 600 L$$

Posteriormente se analiza hacer un cálculo adicional debido a la prevención por falta de agua proporcionada por el suministro público (es necesario puntualizar que estos cálculos son los mismos tanto para cisterna o tinaco para el almacenamiento de agua pluvial) por lo que se recomienda hacerlo con un tiempo de 4 días.

$$600 L \times 4 \text{ Días} = 2400 L$$

Por último, para obtener las dimensiones correctas de la cisterna que deberíamos implementar, al resultado anterior se le adiciona un 20% de los litros de agua con la finalidad de tener una tolerancia para que nuestro depósito no se quede vacío al mismo tiempo que la pichancho de nuestro sistema de bombeo no absorba aire o no regrese el agua que permanece en la tubería de conducción al tinaco.

$$2400 L + 20\% = 2880 L$$

Comenzando con los cálculos para obtener las medidas de nuestra cisterna, es necesario recordar lo siguiente:

- 1 m³ de agua = 1000 L
- El volumen de un prisma
 - Dónde:
 - V = volumen
 - h = altura
 - a = ancho
 - b = base

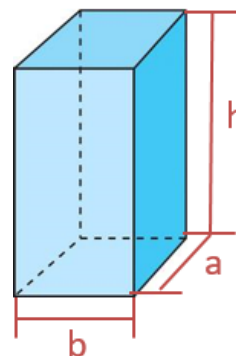


Imagen 2. 8 Figura geométrica con sus tres dimensiones.



1. Convertir la cantidad de litros a metros cúbicos.

$$2880 \div 1000 = 2.88m^3$$

2. Preestablecer 2 dimensiones (se recomienda que sean acordes a las necesidades del terreno o a la comodidad para el mantenimiento) y obtener área.

a) $b = 1.4 \text{ m}$

b) $a = 1.3 \text{ m}$

Por lo tanto, el área es: $A = 1.4m \times 1.3m = 1.82 \text{ m}^2$

3. Calcular la altura (h) utilizando el área obtenida y los metros cúbicos obtenidos en el punto número 1.

$$h = \frac{2.88m^3}{1.82m^2} = 1.58m \approx 1.6m$$

Comprobando de la fórmula $V = h \times b \times a$

Sustituyendo: $V = 1.6m \times 1.4m \times 1.3m = 2.912m^3$

Atendiendo a lo anterior, convirtiendo nuestro volumen final en cantidad de litros nos podemos dar cuenta que se cubre con la necesidad del primer punto:

$$\text{Litros de agua} = 2.912 \times 1000 = 2912 \approx 2880 \text{ L}$$

2.7 SISTEMAS DE CONTROL.

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, tratando de formar un sistema de control lo más parecido a lo ideal garantizando la estabilidad frente a perturbaciones y ser tan eficiente como sea posible.

2.7.1 Conceptos básicos.

- Señal de entrada: Se considera el estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.
- Señal de salida: Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con lo que implica la entrada.
- Variable manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud para lograr la respuesta deseada.
- Variable controlada: Elemento que se desea controlar (Scotto, 2008).
- Perturbaciones: Son los factores externos que influyen en la acción de producir un cambio en la señal de salida.

2.7.2 Elementos básicos que forman un sistema de control.

- Sensores: Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- Controlador: Utilizando los valores de la señal de entrada o una respuesta obtenida (realimentada), determina la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a la salida deseada.
- Actuador: Es el mecanismo que ejecuta una acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control. (SlideShare, 2010)

2.7.3 Clasificación de los sistemas de control según su comportamiento.

- Sistema de control de lazo abierto: Es aquel donde la señal de salida no tiene efecto sobre la acción de control.

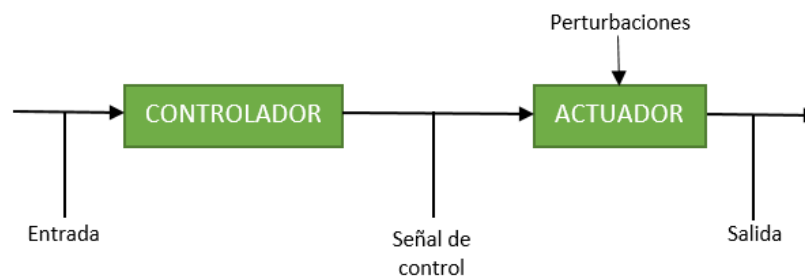


Imagen 2. 9 Sistema de control de lazo abierto.

Como principales características en el sistema de control de lazo abierto se encuentran:

- Son sencillos y de conceptos fáciles.
- Cuando una perturbación influye en el sistema no se asegura su estabilidad.
- La señal de salida no se compara con la de la entrada.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

Para ejemplificar este tipo de sistema se tiene un horno de microondas ya que este opera en base al tiempo que se programe y no a que tan caliente se encuentre la comida.

- Sistema de control de lazo cerrado: Es aquel donde la señal de salida causa un efecto sobre la acción de control.

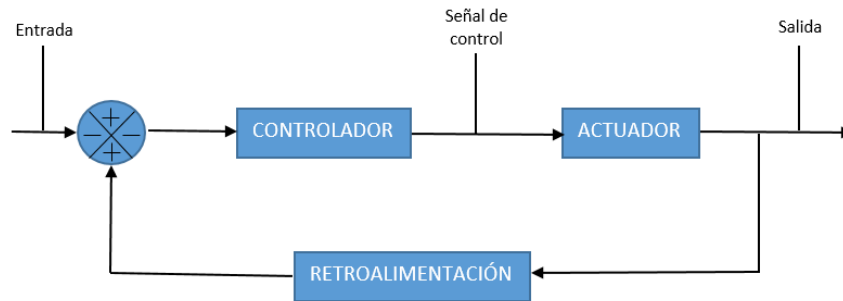


Imagen 2. 10 Sistema de control de lazo cerrado.

Entre las principales características en el sistema de control de lazo cerrado se tienen:

- Son complejos, pero sus parámetros son amplios.
- La señal de salida se compara con la de entrada y la afecta para el control del sistema.
- Se caracterizan por su propiedad de retroalimentación.
- Es más estable a perturbaciones que el sistema de control de lazo abierto.

Un claro ejemplo para interpretar de mejor forma este tipo de sistema se puede mencionar otro electrodoméstico como un refrigerador, pues este está constantemente verificando los niveles de temperatura, es decir, se podría ingresar un alimento caliente al refrigerador y este enfriará hasta conseguir la temperatura que se le estableció.

Clasificación de los sistemas de control de acuerdo a su acción de control:

- Todo-Nada (On-Off).
- Acción Proporcional.
- Derivativo.
- Integral.
- Proporcional Integral Derivativo.

2.7.4 Tipos de sistemas de control.

Los sistemas de control son fáciles de ver en muchas partes, quizá no de la misma forma se puedan comprender. A continuación, se mencionan los tipos de sistemas de control que podemos encontrar:

- 1) **Sistemas de control hechos por la naturaleza:** Estos son todos los sistemas biológicos, es decir, todos los seres vivos podríamos ser examinados y encontraríamos que nuestros cuerpos poseen sistemas de control. Por ejemplo, Una acción básica que hacemos las personas para entender mejor este punto son los llamados reflejos, esto es un acto que hace una persona para evitar algo. Específicamente, cuando un sujeto "A" lanza a un sujeto "B" cualquier objeto con el fin de golpear y dañar, el sujeto "B" mediante los ojos estará censando la posibilidad de recibir el impacto, el cerebro es el encargado de

procesar las señales enviadas por los ojos y sí cree que el golpe se llevará a cabo entraran en acción las partes del cuerpo que se pueden comparar con los actuadores ya sea las piernas para que el sujeto "B" se agache o con las manos para poder cubrirse.

- 2) **Sistemas de control hechos por el hombre:** Como su nombre lo dice, estos sistemas de control son aquellos en los que la naturaleza no interviene a menos que así lo decida la persona quien lo construye. Sistemas electrónicos, mecánicos o la mezcla de estos dos, sistemas industriales o de calidad son algunos ejemplos que describen los sistemas de control hechos por el hombre incluyendo la implementación de este proyecto.

2.8 MICROCONTROLADOR.

Es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de Entrada y Salida (telecomunicación, 2011), es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

Los microcontroladores son diseñados para disminuir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular (EcuRed, s.f.). Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación, por ejemplo, el control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u 8 bits). En cambio, un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bits o de 64 bits.

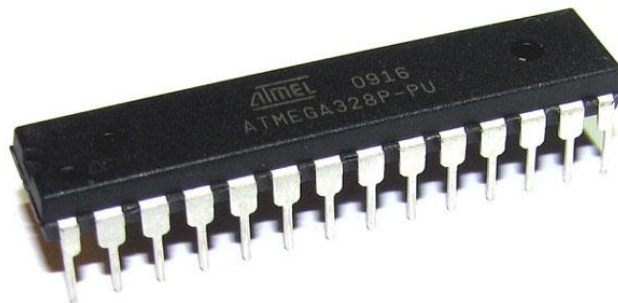


Imagen 2. 11 Microcontrolador Atmega328P.

2.8.1 Partes esenciales de un microcontrolador.

- 1) CPU (Unidad Central de Procesamiento): Es considerado como el núcleo del microcontrolador. Se encarga de ejecutar las instrucciones almacenadas en la memoria. (Commons, s.f.) Habitualmente se le llama procesador o microprocesador, término que a menudo se confunde con el de microcontrolador. Cabe destacar que ambos términos no son lo mismo: el microprocesador es una parte de un microcontrolador y sin él no sería útil; un microcontrolador, en cambio, es un sistema completo que puede llevar a cabo de forma autónoma una labor.



- 2) Memoria: Se entiende por memoria a los diferentes componentes del microcontrolador que se emplean para almacenar información durante un periodo determinado de tiempo. La información que necesitaremos durante la ejecución del programa será el propio código, es decir, la forma de comunicación con el microcontrolador, y por otro lado, los diferentes datos que usemos durante la ejecución del mismo, es decir, la memoria de datos.
La naturaleza de la información que hay que almacenar hace necesario el uso de diferentes tipos de memorias, habrá que tener en cuenta una clasificación básica que distingue entre memoria volátil y no volátil. La primera es aquella que pierde la información que almacena al desconectarla de la alimentación; la segunda, como resulta obvio, no. Por lo tanto, se hace evidente que al menos la memoria de programa deberá ser no volátil: no sería práctico que el programa grabado en el microcontrolador se borrara cada vez que apagáramos el dispositivo. En cuanto a la volátil podremos decir que será una memoria temporal que nos será útil para la realización de una tarea en específico.
- 3) Unidades de entrada y salida: Son los sistemas que emplea el microcontrolador para comunicarse con el usuario. Así, los dispositivos de entrada nos permitirán introducir información en el microcontrolador para que esta pueda ser procesada y obtengamos una respuesta por medio de los dispositivos de salida.

2.8.2 Arquitectura de un microcontrolador.

A lo largo de la historia de la computación se han creado distintas arquitecturas o diagramas que ayudan a comprender de una forma más clara su accionar, tomando en cuenta que un microcontrolador es una pequeña computadora con el fin de reducir gastos y por obvias razones que sean capaces de realizar tareas más específicas es necesario mencionar estas arquitecturas que tanto las computadoras convencionales como los microcontroladores comparten.

- 1) Arquitectura Von Neumann: La arquitectura tradicional de las computadoras y los microcontroladores se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann (Sánchez, s.f.) en el cual la unidad central de proceso está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos. (figura 2.12)

Las dos principales limitaciones de esta arquitectura son:

- a) La longitud de las instrucciones está limitada por el ancho del bus de datos, por lo que el microcontrolador debe hacer varios accesos a la memoria para buscar instrucciones complejas.
- b) El ancho de banda de operación está limitado por un efecto conocido como cuello de botella, lo que impide superponer tiempos de acceso debido a que hay un único bus para datos e instrucciones.

Es un hecho que esta arquitectura fue muy utilizada desde que se dio a conocer en los años 40's pero que con la evolución y la complejidad de los programas que se creaban era necesario crear algo que pudiera, de alguna manera, eliminar las desventajas que la arquitectura de Von Neumann presentaba.

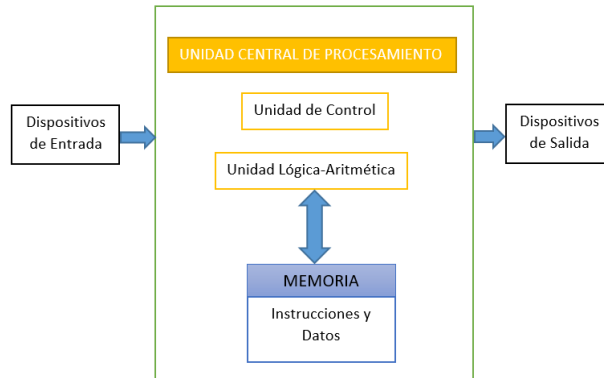


Imagen 2. 12 Arquitectura Von Neumann.

- Arquitectura Harvard: La creación de programas que cumplieran con las necesidades del entorno propiciaron que la arquitectura de las computadoras evolucionara y corrigiera las limitaciones que la de Von Neumann tenía y para ello se crea la arquitectura Harvard.

La arquitectura Harvard consiste en un esquema en el que la unidad central de procesamiento está conectado a dos memorias por medio de dos buses separados, en donde una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa, por tal es llamada memoria de instrucciones. La otra memoria solo almacena datos y por tal es llamada memoria de datos. Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos y es por esto que el CPU puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo estar leyendo la siguiente instrucción a ejecutar. Así se puede observar claramente que las principales ventajas de esta arquitectura son:

- El tamaño del bus de instrucciones no está relacionado con el de los datos, y por lo tanto puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa.
- El tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación.

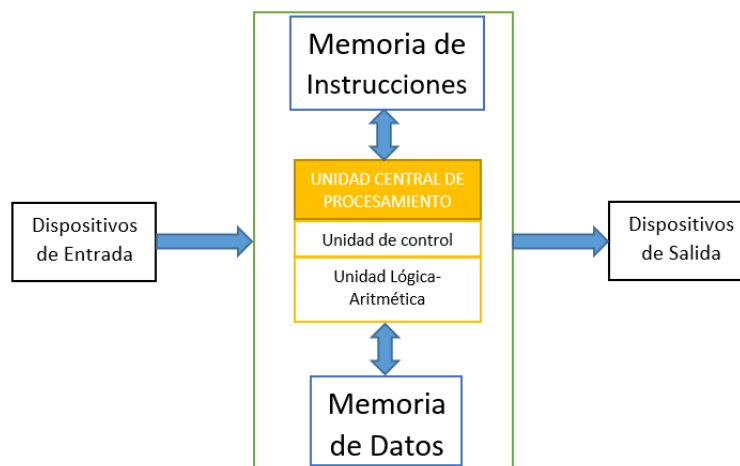


Imagen 2. 13 Arquitectura Harvard.

2.8.2.1 Diagrama a bloques del microcontrolador ATmega 328P.

Las arquitecturas antes mencionadas son los principios básicos en la configuración para una computadora y por ende para los microcontroladores. Es necesario mencionar que, en la actualidad, aunque se siguen usando esos principios, cada fabricante de microcontroladores especifica la forma de cómo opera su dispositivo mediante un diagrama a bloques, el cual se puede verificar en la respectiva hoja de datos de dicho microcontrolador.

Para nuestro proyecto se utilizará el microcontrolador ATmega 328P, perteneciente a la familia de los AVR creados por la compañía ATMEL CORPORATION. Más adelante se hablará a detalle acerca de este microcontrolador, por lo que en este apartado solo se incluirá el diagrama a bloques de este MCU (Unidad de Microcontrolador)⁶.

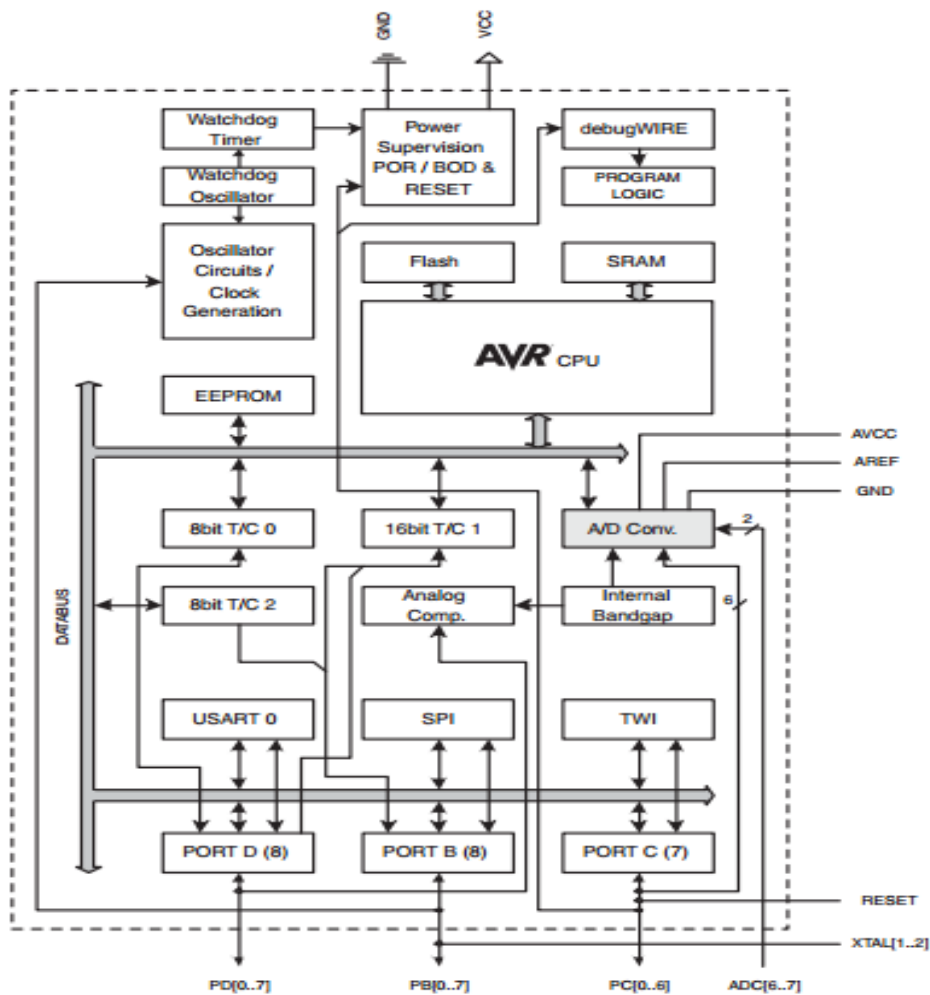


Imagen 2. 14 Diagrama de bloques del Atmega328P.

⁶ (Atmel, s.f.)



En este diagrama a bloques se puede observar una arquitectura razonablemente más compleja, en donde todos forman un sistema, en el cual sin alguno de estos bloques difícilmente nuestro microcontrolador haría su función.

Hablar sobre el funcionamiento de cada uno de estos bloques requiere de conocimientos previos muy específicos, para poder analizar más este MCU, si así se desea, podremos acceder al siguiente link en donde encontraremos información proporcionada por el fabricante en su respectiva hoja de datos (DATASHEET):

http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf

2.8.2.2 Características del microcontrolador ATmega 328P.

Cuando se decide hacer la implementación de un proyecto es necesario tomar en cuenta las características de los dispositivos que se van a ocupar. Para este caso, es importante mencionar las características principales que tendrá el microcontrolador ATmega 328P que vamos a utilizar.

- Fabricante: Atmel.
- Referencia: ATMEGA328P.
- Categoría de productos: Microcontroladores (MCU).
- Núcleo/Familia: AVR.
- Anchura de bus de datos: 8 bits.
- Frecuencia máxima de reloj: 20 MHz.
- Tamaño de SRAM: 2 Kb.
- Tipo del Convertidor Analógico/Digital (ADC): chip (dentro del MCU).
- Voltaje de operación: 1.8 VDC a 5.5 VDC.
- Rango de temperatura operativa: - 40 °C a + 85 °C.
- Empaquetado/Estuche: DIP.
- Estilo de montaje: Through Hole.
- Tamaño de ADC: 10 bits.
- Canales disponibles del ADC: 6.
- Tamaño de datos EEROM: 1 Kb.
- Tipo de interfaz: 2-Wire, SPI, USART.
- Número de Entradas/Salidas programables: 23.

A continuación, se muestra el diagrama de pines del ATmega 328P y sus respectivas conexiones a la placa de ARDUINO con la intención de familiarizarnos con el MCU dentro de ésta.

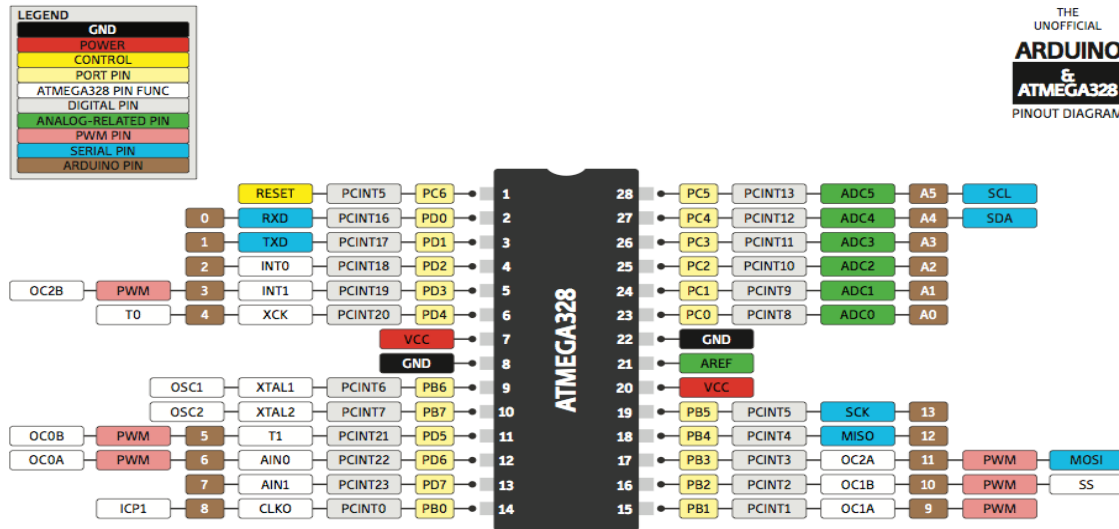


Imagen 2. 15 Diagrama de pines del ATMega 328P (Arduino, s.f.)

2.9 ARDUINO UNO.

Arduino es una plataforma de prototipos para la electrónica, es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital, basada en una placa con entradas y salidas analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing, es decir, un lenguaje de programación basado en Java que fue creado con la simplicidad en mente, para que cualquier persona con curiosidad y creatividad puedan aprender a programar sin que esto resulte tan difícil.

Para la utilización de Arduino, en el mercado encontramos una lista variada de placas de esta plataforma, todas con el mismo propósito de ayudarnos a que la programación sea simple. Para este proyecto utilizaremos la placa de Arduino UNO.

Arduino UNO cuenta con un microcontrolador ATMega 328P de la compañía Atmel corporation como pieza principal, ya que es aquí donde el código creado en la interfaz de Arduino se cargará para poder ser implementado.

2.9.1 Ventajas y desventajas al usar ARDUINO.

Existen variados tipos de microcontroladores en el mundo de la electrónica y el control, la razón por la cual se elige utilizar Arduino UNO como la herramienta principal de programación para la realización de este proyecto es por las distintas facilidades que ofrece el sistema como son las siguientes:

1. El costo es relativamente barato en comparación a otras plataformas de microcontroladores.
2. El entorno de la programación es simple, en donde las personas que comienzan a adentrarse a este mundo pueden crear sus propios programas, sin embargo, tampoco se limita a personas principiantes puesto que los expertos pueden usar esta herramienta de código abierto para extender diferentes librerías mediante lenguaje C++.
3. La compatibilidad de Arduino con distintos tipos de dispositivos es importante mencionarlo, ya que en el mercado podemos encontrar una amplia gama de sensores y actuadores con los que podemos implementar proyectos que pueden ser o muy pequeños o muy completos.

También es importante aclarar que usar microcontroladores con este tipo de plataformas tiene algunas desventajas, que es necesario mencionar, principalmente para que los usuarios consideren su implementación según sean sus necesidades.

1. Quizá la principal desventaja que podríamos encontrar con la utilización de Arduino es que cuando se requiere de hacer varios proyectos o necesitamos uno o más microcontroladores AVR 328, ya que quizá el que venía en la placa al comprarlo ya lo utilizamos. Para la implementación de otro proyecto se comprará un nuevo microcontrolador, por ende, este será un microcontrolador limpio o vacío por así decirlo, es decir, para que este se pueda comunicar con la interfaz de Arduino se requiere de un gestor de arranque (bootloader). En el mercado no encontramos microcontroladores ya con el gestor de arranque preinstalado, y en caso de encontrarlo el precio se elevará al costo original. En el siguiente capítulo de este proyecto se explicará la programación necesaria para la implementación total de nuestro sistema de recolección de agua pluvial.
2. Otra desventaja que podemos encontrar al utilizar los microcontroladores con una plataforma como esta, es la forma de programar y las librerías que se incluyen ya que requieren de más espacio en la memoria del microcontrolador debido a que sus instrucciones ya están establecidas, da otra forma si se desea aprovechar toda la memoria de cualquier microcontrolador sería programándolo en lenguaje ensamblador.

2.9.2 Partes de la placa ARDUINO UNO.

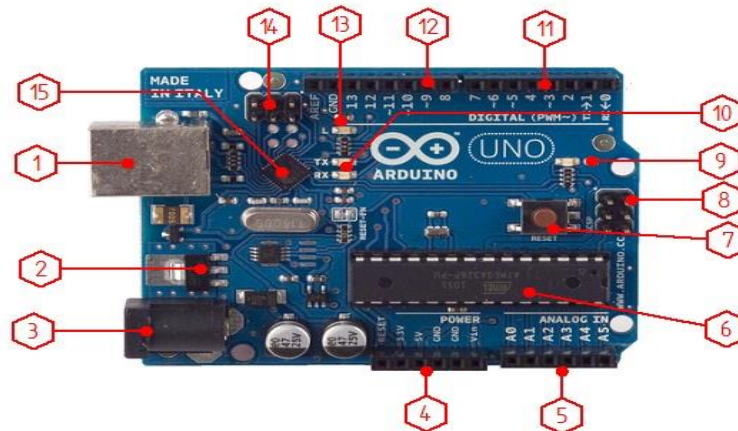


Imagen 2. 16 Placa ARDUDINO UNO.



De la imagen 2.16 podemos observar el hardware que compone la placa de ARDUINO UNO, a continuación se describe cada uno de los diferentes componentes que constituyen dicha tarjeta (Diseño y manufactura, s.f.):

1. Conector USB, que puede ser tipo B o mini, este provee la comunicación para la programación y la toma de datos, también provee una fuente de 5 VDC para alimentar al ARDUINO.
2. Regulador de voltaje, se encarga de convertir el voltaje ingresado por el plug (señalado con el número 3) en un voltaje de 5 VDC regulado, necesario para el funcionamiento de la placa.
3. Plug de conexión para fuente de alimentación externa, el voltaje que se suministra por aquí debe ser directo y estar entre 6 V y 18 V.
4. Puerto de conexiones; constituido por 6 pines de conexión con las siguientes funciones:
 - 4.1. RESET, permite resetear el microcontrolador al enviarle un cero lógico.
 - 4.2. Pin 3.3V, este pin provee una fuente de 3.3VDC para conectar dispositivos externos.
 - 4.3. Pin 5V, es una fuente de 5 VDC para conectar dispositivos externos.
 - 4.4. Dos pines GND, que proveen la salida de cero voltios para dispositivos externos.
 - 4.5. Pin Vin, este pin está conectado con el positivo del plug 3 por lo que se usa para conectar la alimentación de la placa con una fuente externa de entre 6 y 12 VDC en lugar del plug 3 o la alimentación por el puerto USB.
5. Puerto de entradas análogas, aquí se conectan las salidas de los sensores análogos. Estos pines solo funcionan como entradas recibiendo voltajes entre 0 y 5 VDC.
6. Microcontrolador Atmega 328, es el microcontrolador implementado en los Arduino UNO y sobre el cual vamos a programar.
7. Botón de RESET, este botón, así como el pin mencionado anteriormente permiten resetear el microcontrolador haciendo que reinicie el programa.
8. Pines de programación ICSP, son usados para programar microcontroladores en protoboard o sobre circuitos impresos sin tener que retirarlos de su sitio.
9. LED ON, enciende como indicador cuando el Arduino está encendido.
10. LED de recepción y transmisión, estos se encienden cuando la tarjeta se comunica con un ordenador. El Tx indica transmisión de datos y el Rx recepción.
11. Puerto de conexiones, está constituido por los pines de entradas o salidas digitales desde la 0 hasta la 7. La configuración como entrada o salida debe ser incluida en el programa. Cuando se usa el terminal serial es conveniente no utilizar los pines cero (Rx) y uno (Tx). Los pines 3, 5 y 6 están precedidos por el símbolo "~", lo que indica que permiten su uso como salidas controladas para la modulación por ancho de pulso (PWM).
12. Puerto de conexiones, incluye 5 entradas o salidas adicionales (de la 8 a la 12), las salidas 9, 10 y 11 permiten modulación por ancho de pulso; la salida 13 es un poco diferente pues tiene conectada una resistencia en serie, lo que permite conectar un led directamente entre ella y tierra. Finalmente hay una salida a tierra GND y un pin AREF que permite ser empleado como referencia para las entradas análogas.
13. Este led indica el estado del pin 13.
14. Pines ICSP, son los pines para la interfaz USB por medio del integrado ATMega 16U2.
15. Chip de comunicación que permite la conversión de serial a USB.



2.9.3 Características de la tarjeta de ARDUINO UNO.

Como se ha tratado de mencionar anteriormente, a pesar de ser una tarjeta muy amigable para las personas que comienzan a adentrarse en la programación y el control, debemos tener muy en cuenta que, a pesar de ello, la tarjeta ARDUINO UNO cuenta con características que la diferencian de otras, en necesario considerarlas (mikroe, 2014):

- Microcontrolador ATmega328.
- Voltaje de alimentación para el microcontrolador: 5 VDC.
- Voltaje de alimentación a la tarjeta (recomendado): 7-12 VDC.
- Corriente para cada uno de los pines de I/O pin: 40mA DC.
- Corriente máxima para el pin de 3.3 V: 50 mA.
- 14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).
- 6 entradas análogas.
- 32 KB de memoria Flash (0.5 KB utilizados para el programa de arranque).
- Velocidad del reloj del microcontrolador: 16 MHz.
- RAM estática del microcontrolador: 2 Kb.
- ROM borrable y programable eléctricamente (EEPROM) del microcontrolador: 1 Kb.

2.9.4: Instalación del compilador para ARDUINO UNO.

Para poder programar el controlador de nuestro ARDUINO es necesario tener el programa que se encargara de traducir nuestros comandos al lenguaje que se requiere para que el microcontrolador lo entienda. Por tal motivo, necesitaremos descargar el IDE de ARDUINO. El IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) es el programa que ejecuta una serie de códigos que previamente se introducen en él. A continuación, se detalla la forma para la descarga e instalación del IDE ya mencionado.

Primero que nada, debemos ingresar a la página oficial de ARDUINO (Arduino, s.f.):

Donde encontraremos una imagen como la siguiente (Imagen 2.17):



Imagen 2. 17 Página de descarga.



Se da clic en “JUST DOWNLOAD” para comenzar la descarga, este proceso tardara unos minutos. Se recomienda guardar el archivo descargado en mis documentos o escritorio para un rápido acceso y organización.

Una vez concluida la descarga seleccionamos el archivo y lo ejecutamos para su instalación (ver Imagen 2.18):

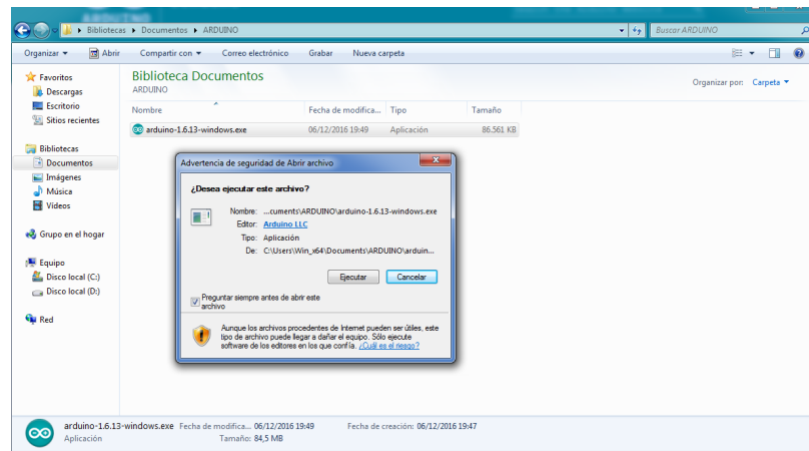


Imagen 2. 18 Instalación de software.

Posteriormente aceptamos los términos de licencia y damos en siguiente para finalizar la instalación. Una vez concluido lo anterior, conectaremos nuestra placa de Arduino a nuestra computadora, posteriormente es necesario ir a la parte de administrador de dispositivos en nuestro equipo de cómputo para observar en que número de puerto COM se reconoce nuestra placa. Los puertos COM son puertos o terminales de comunicación, los cuales se utilizan para enviar o recibir información de bit en bit (de aquí que también se les conozca como puertos seriales) fuera del equipo de cómputo a través de un único cable. Regularmente se suele ver el Arduino en el puerto COM 3, aunque no siempre.

El siguiente paso será crear un programa con un código sencillo con la finalidad de verificar que nuestra instalación esté funcionando a la perfección. Continuamos abriendo el IDE de Arduino Imagen (2.19):

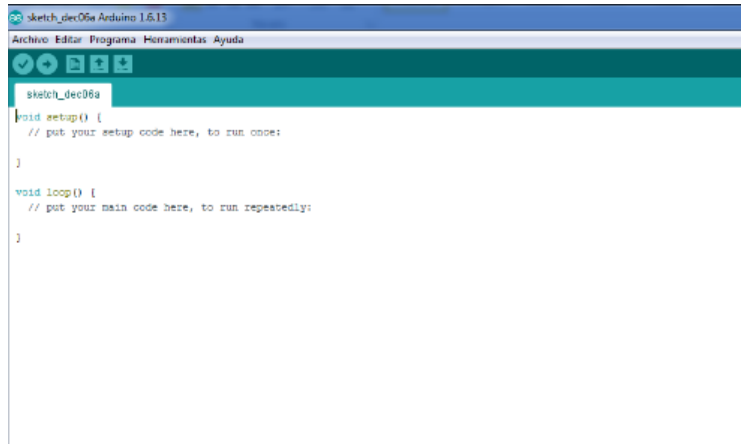


Imagen 2. 19 Interfaz del IDE de ARDUINO.

Posteriormente verificaremos que en el IDE este configurado con la placa que utilizaremos, en este caso será Arduino UNO como se muestra en la Imagen 2.20:

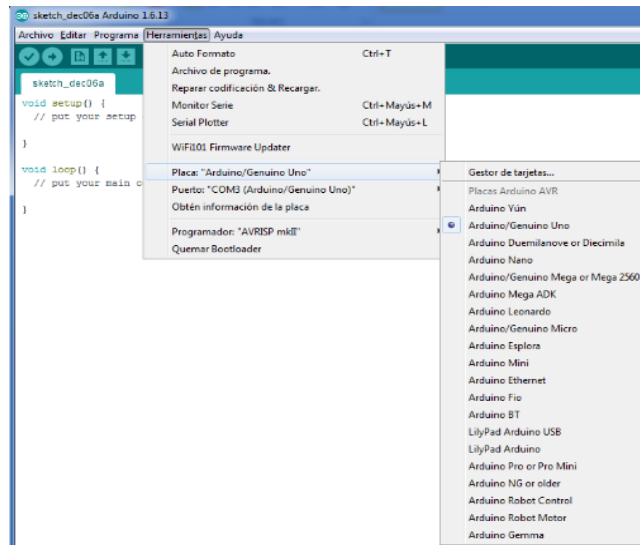


Imagen 2. 20 Configuración para el tipo de placa Arduino.

De igual forma se corrobora que el puerto al que se instaló la placa sea el puerto COM 3 (Imagen 2.21) y en caso de que no esté seleccionado por defecto, será necesario seleccionarlo para que quede configurado:

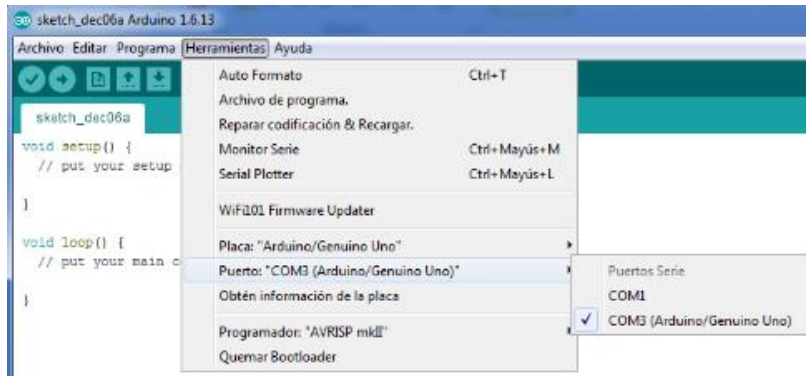


Imagen 2. 21 Configuración del puerto de entrada.

Ahora sobre el espacio de trabajo se creará un código sencillo, este tendrá como función hacer que el LED que viene instalado en la tarjeta parpadee, es decir, tendremos como resultado un LED intermitente.

Para esto se menciona que internamente el pin digital 13 de la placa está conectado a un LED, el cual aprovecharemos para hacer nuestra prueba, y verificar que tanto nuestro controlador como el entorno (IDE) estén funcionando correctamente (Imagen 2.22).

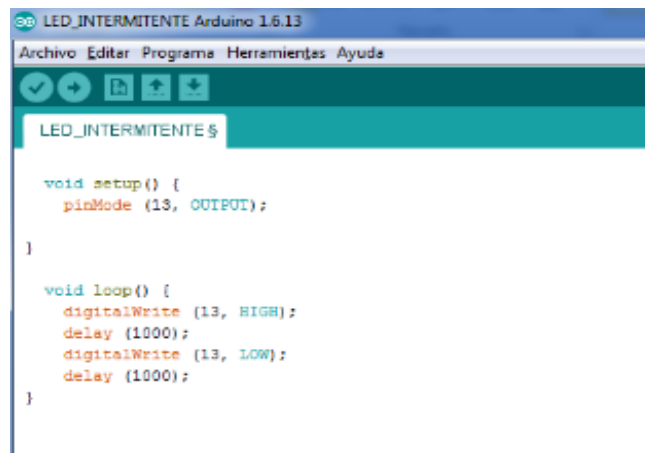


Imagen 2. 22 Código de prueba.

El código a escribir es el que aparece en la figura 2.22. ¿Qué es lo que está haciendo el programa que se describe? Es necesario saber que el código (o sketch como también se le conoce) está formado principalmente por dos partes, la primera conocida como “void setup ()”, y la segunda como “void loop”.

- void setup (): Aquí se declara el pin que se utilizara, es decir, el pin 13 seguido del modo en que se ocupara dicho pin. Los modos pueden ser INPUT (entrada) u OUTPUT (salida), esto se refiere a que, si el pin permitirá acceso de información al microcontrolador como la que

puede proporcionar un sensor, por mencionar algún ejemplo, o será el microcontrolador el que solo proporcionará alguna señal de información. Cabe mencionar que en esta parte solo se escriben aquellas variables jerárquicamente principales, es decir, las que el programa lee una sola vez.

- void loop (): En esta parte del sketch se escribe el código que tendrá una estructura cíclica, es decir, aquella que estará repitiéndose una y otra vez, de ahí la palabra loop (lazo), en cuanto termine esa estructura automáticamente volverá a comenzar.

Se puede observar en la figura 2.22 que en la parte que describe al setup se declara el pin 13 en modo salida de información, por lo que el microcontrolador estará proporcionando información por ese pin. Y por lo que respecta al loop, en esta parte se le indica al controlador que mande un pulso de energía al pin 13 para que el LED encienda durante 1 segundo, después se apagará por el mismo periodo de tiempo y así sucesivamente. Es necesario tomar en cuenta que para que nuestro código no tenga errores se debe tener cuidado en la forma de cómo se escriben las palabras (sintaxis), lugar de los punto y coma y ubicación de paréntesis y llaves en el sketch pues estos son errores muy comunes.

Una vez escrito todo el código se prosigue a cargar el programa como se muestra en la figura 2.23. Para ello se selecciona el botón de “subir” ubicado en la parte superior izquierda que tiene forma de flecha. El programa pedirá guardar el sketch, esto puede ser en la ruta que el usuario crea conveniente.

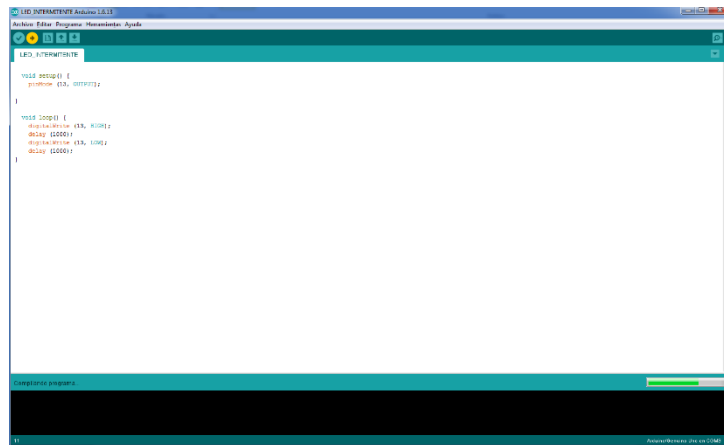


Imagen 2. 23 Carga de programa en el IDE

En esta figura podemos observar que en la parte inferior derecha se muestra una barra de progreso, la cual al no tener errores el código, podremos ver en nuestra placa la intermitencia del LED.



2.10 SENSORES Y TRANSDUCTORES.

En el mundo de la electrónica y el control, existen dispositivos conocidos como sensores y transductores, estos con uso extensivamente en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición o control.

Tanto sensores como transductores son indispensables en los sistemas de control automáticos ya que son el medio de comunicación del microcontrolador con el mundo físico. Éstos necesitan estar calibrados para que sean útiles como dispositivos de medida.

Los sensores o transductores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la forma de la señal convertida, estos tipos son:

- Analógicos: Estos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo, voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide. Estos dispositivos suelen ser utilizados en la automatización y en el control de procesos.
- Digitales: Como su nombre lo dice, producen una señal de salida digital, en forma de un conjunto de bits de estado bajo o alto en paralelo o una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. Estos dispositivos suelen usarse en computadoras debido a su compatibilidad.

2.10.1 Transductores.

El transductor es un dispositivo que tiene la misión de traducir o convertir una señal física en otra distinta entendible por el sistema, es decir convierte una señal no interpretable por el sistema, en otra variable interpretable por dicho sistema.

La variación de resistencia que se obtiene en el sensor es un valor directo de la temperatura, pero en los sistemas de control no trabajan con estas señales sino con tensión o intensidad por lo que con ayuda de un transductor, esta variación de resistencia se asocia a una variación de voltaje, que también es proporcional a la temperatura (o variable que se mida en cada caso), una variación de resistencia en el sensor, es leída por el transductor, y asociada a una variación de voltaje. El transductor por tanto suele incluir al sensor.

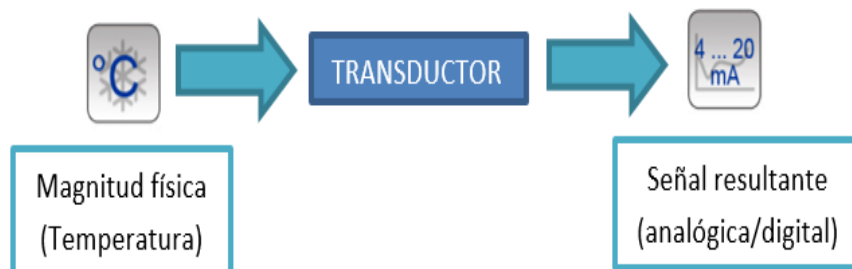


Imagen 2. 24 Conversión de magnitudes de un transductor.

2.10.2 Sensores.

El sensor o también llamado “sonda” es el elemento que se encuentra en contacto directo con la magnitud que se va a evaluar, al interactuar con estas sufre cambios en sus propiedades. Por ejemplo la magnitud física puede ser la temperatura y la propiedad alterada puede ser la resistencia eléctrica que varía proporcionalmente a la variable medida.










 m	Distancia	 Bar	Presión	 A	Corriente
 CO ₂	Gas	 dB	Sonido	 °C	Temperatura
 pH	pH	 mm/s	Vibración/oscilación	 V	Voltaje

Imagen 2. 25 Magnitudes físicas de evaluación para transductores.

2.11 SENSOR DE NIVEL DE AGUA.

El sensor de nivel de agua que se implementará en este proyecto tiene un funcionamiento relativamente sencillo pues lo único que se requiere es un sistema de interrupción al detectar niveles de agua altos o bajos según sea el caso. El dispositivo a implementar será el sensor switch de nivel líquido.



Imagen 2. 176 Sensor de nivel de agua.

2.11.1 Funcionamiento.

Compuesto principalmente de un flotador magnético, un tubo de desplazamiento y un anillo imantado. Este sensor es principalmente un switch mediante la unión y separación del flotador y el anillo, puede tener dos configuraciones diferentes según el uso que se le requiera, puede ser normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC).

Su funcionamiento se da con el nivel de agua del depósito donde se encuentre dicho sensor, cuando el nivel de agua sube, el flotador se eleva mediante el tubo de desplazamiento llevándose

a cabo el contacto entre éste y el anillo permitiendo el paso de la corriente o interrumpiéndolo según sea su configuración.

Para la implementación de este proyecto utilizaremos el sensor de nivel de agua con la configuración normalmente abierto, es decir en el esquemático de un interruptor éste estará abierto como se muestra a continuación:

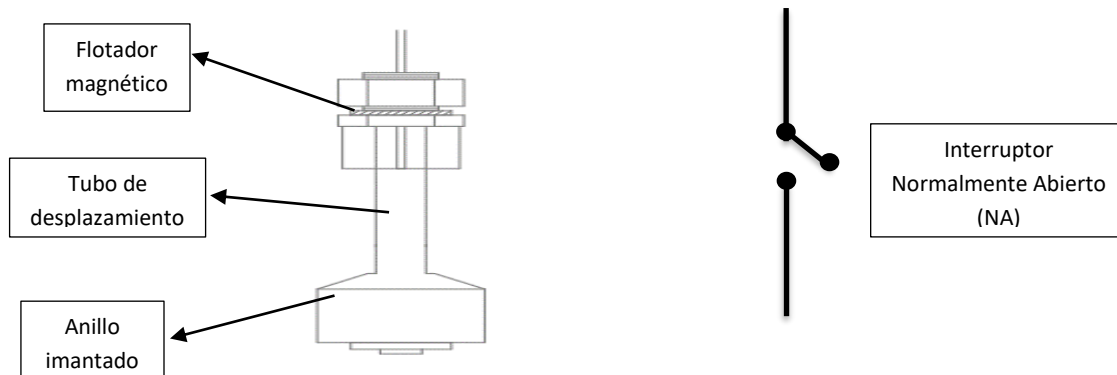


Imagen 2. 27 Estructura del sensor de nivel de agua.

2.11.2 Características del sensor.

Es necesario mencionar que las características del sensor pueden cambiar debido a los diferentes fabricantes de dicho dispositivo.

- Voltaje máximo al cierre de contacto: 100 VDC
- Corriente máxima al cierre de contacto: 0.5 A
- Resistencia máxima al cierre de contacto: 100 mΩ
- Rango de temperatura para su operación: -10 a 60 °C

2.12 SENSOR DE LLUVIA.

Este tipo de sensores detectan la presencia de lluvia por la variación de conductividad del sensor al entrar en contacto con el agua. Existen algunos modelos de sensores similares, como el FC-37 y el YL-83. Cualquiera de estos sensores es ideal para el proyecto que deseamos implementar pues comparten las mismas características.

Para este sistema ocuparemos el módulo YL-38 y FC-37 cabe mencionar que ambos son un complemento. Repitiendo una vez más que puede ser utilizado el conjunto mencionado o el YL-38 junto con el YL-83. Es de destacar que, al acudir a la tienda de electrónica se vende todo junto, ya sea YL-38/YL-83 o YL-38/FC-37.

2.12.1 Funcionamiento.

El módulo FC-37 consiste en una serie de pistas conductoras impresas sobre una placa de baquelita. La separación entre las pistas es muy pequeña. Lo que este módulo hace es crear un corto circuito cada vez que las pistas se mojan. El agua hace que se cree un camino de baja resistencia entre las pistas con polaridad positiva. La corriente que fluye a través de estas pistas se ve limitada por resistencias de 10K Ω en cada conductor, lo que impide que el corto circuito que se genera cuando se moja la placa vaya a dañar el microcontrolador.



Imagen 2.188 Sensor de lluvia.

En cuanto al YL-38 es el circuito de control que posee las resistencias limitadoras de corriente y es el encargado de alimentar el módulo YL-83. Posee un amplificador operacional, específicamente el circuito integrado LM393, éste es el encargado de amplificar la pequeña señal de voltaje que se genera cuando una gota de agua cae sobre las pistas del módulo. Aquí es donde se genera la señal de salida que puede ser del tipo analógica o digital cuando se supera un cierto umbral, mismo que se regula a través de un potenciómetro ubicado en la propia placa.

La salida digital dispara cuando el valor de humedad sobre las pistas del FC-37 supera un cierto valor, que ajustamos mediante el potenciómetro. Por tanto, obtendremos una señal con valor lógico de 0 en ausencia de lluvia, y un valor de 1 con presencia de lluvia (estados bajo y alto respectivamente).

La salida analógica entregará un nivel de voltaje que variará dependiendo de la cantidad de agua que haya sobre el módulo la cual puede ser desde 0 para una placa totalmente mojada, a 1023 para una placa totalmente seca.

2.12.2 características del sensor.

- Voltaje operativo: 3.3 VDC – 5 VDC.
- Superficie de la placa YL-38: 5 cm².
- Superficie de la placa FC-37: 18 cm².
- Tipo de superficie del FC-38: Cubierta de Níquel resistente a la oxidación.
- Potenciómetro para ajustar el umbral de activación del pin digital en el YL-38.
- Comparador de voltaje LM393 para la lectura análoga en el YL-38.

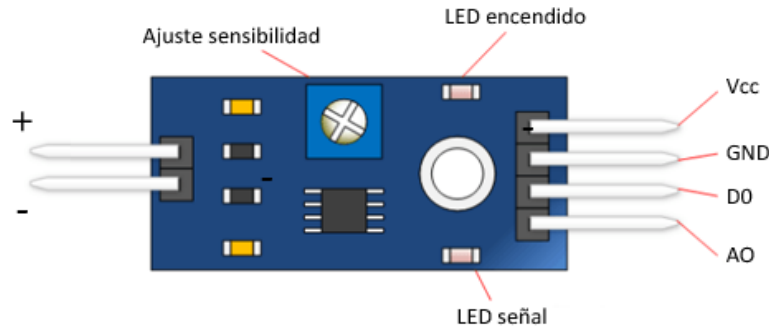


Imagen 2. 29 Módulo YL-38.

2.13 SENSOR DE TEMPERATURA.

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios de señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico. Cabe mencionar que dichos sensores son más bien transductores, esto quiere decir que obtienen una señal de algún tipo de energía y la transforman en energía de otro tipo, por ejemplo, estos sensores obtienen una señal de energía calorífica y su respuesta es una señal eléctrica.

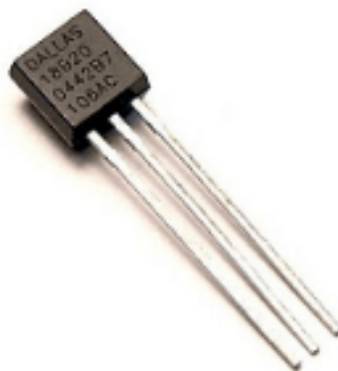


Imagen 2. 30 Sensor ds18B20 montaje tipo transistor.

En el mercado de electrónica podemos encontrar distintos sensores de temperatura según se adapte a nuestras necesidades de proyecto, económicas o incluso de sensibilidad. Algunos sensores que podemos encontrar son el DHT 11, LM 35 o el DS18B20, cada uno con características diferentes. Por tal motivo es necesario mencionar que el DS18B20 es el sensor que, por su presentación, al estar blindado con plástico es apto para lugares en donde pueda haber agua sin arruinar su funcionamiento, por tal motivo es el sensor que más se ajusta a nuestro proyecto.

2.13.1 Funcionamiento.

El sensor de temperatura DS18B20 es un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales, dos de alimentación y el pin de datos (data). Con Arduino podemos leer la temperatura que registra este sensor que posee una característica muy peculiar. Utiliza la comunicación OneWire. Básicamente se trata de un protocolo especial que permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable, a diferencia de la mayoría de los protocolos que requiere dos vías. De hecho, Arduino posee los pines RX y TX que son los encargados de enviar y recibir información.

Para leer el sensor DS18B20 con ARDUINO es necesario utilizar dos librerías que deben ser instaladas antes de cargar el código a nuestra placa de desarrollo, las librerías son Dallas Temperature y OneWire.



Imagen 2. 31 Sensor ds18b20 encapsulado.

2.13.2 Características.

- Voltaje de Alimentación: 3 VDC - 5.5 VDC.
- Corriente de operación: 1 mA.
- Rango de medición: -55°C - 125°C.
- Exactitud: ± 0.5 °C (-10 °C – 85 °C) o ± 2 °C (-55 °C – 125 °C).
- Rango digital de precisión: De 9 a 12 bits (Para elegir la precisión en la programación).
- Longitud del cable: ≈ 60 cm.
- Tamaño del sensor: 25mm/5mm (largo/ancho).

2.14 ELECTROVÁLVULAS HIDRÁULICAS.

Son dispositivos eléctricos diseñados para poder utilizarse con gases para sistemas neumáticos o fluidos para sistemas hidráulicos. Estas válvulas pueden ser de dos hasta cinco vías. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o PVC. Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar es el material de la válvula.

Las conexiones externas para la entrada y/o salida de fluido en el cuerpo de una válvula, reciben el nombre de puertos, dependiendo del tipo de línea al que estén conectados reciben el nombre de puerto de presión, tanque o retorno, drenaje o pilotaje para una electroválvula de 3 o más vías o simplemente puerto de presión y drenaje para una electroválvula de 2 vías.

2.14.1 Funcionamiento.

Constan básicamente de un cuerpo con pasajes internos y conexiones exteriores para controlar la entrada y/o salida de un fluido, y una parte móvil interna (compuerta) que, al activarlo con energía eléctrica, ésta se mueve y se coloca en una posición determinada para comunicar o bloquear los diversos pasajes de la válvula dirigiendo el fluido hacia un punto en específico.



Imagen 2. 32 Electroválvula hidráulica.

Reciben también el nombre de válvulas solenoides debido a su parte eléctrica, que es, ésta se puede abrir o cerrar según sea el tipo de válvula, es decir, Normalmente Abierta (N.A.) prácticamente una bobina de material conductor cuyo funcionamiento se basa en campos electromagnéticos. Al pasar una corriente eléctrica a través de la bobina, se genera un campo electromagnético en el interior de la válvula o Normalmente Cerrada (N.C.). Lo anterior es de recalcar, ya que este tipo de dispositivos no son opción para controlar la cantidad de fluido, es decir, solo son de apertura o cierre (ON-OFF).

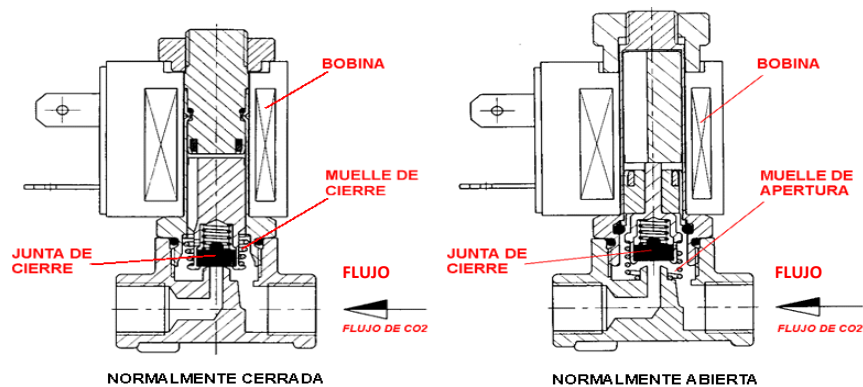


Imagen 2. 33 Electroválvula hidráulica (N.A Y N.C.).

Una vez que pasa la corriente eléctrica a través de la bobina, se genera un campo magnético que atrae un embolo fabricado de material ferroso por la fuerza magnética, lo que proporciona el movimiento necesario para accionar la válvula.

Para este proyecto se utilizarán electroválvulas de 1/2" y 3/4" de diámetro como la que se muestra en la imagen 2.33 ya que por sus características funcionales y económicas son las que se ajustan a nuestras necesidades.

2.14.2 Características.

- Modelo: AQT15SL.
- Tamaño de la rosca: 1/2" de diámetro (exterior).
- Material de construcción: plástico y latón.
- Temperatura de trabajo: 5 °C – 100 °C.
- Presión de trabajo: 0.02 MPa – 0.8 MPa.
- Tipo de válvula: diafragma (operado por servo).
- Voltaje de operación: 12 VDC.
- Potencia máxima: 4.8 W.
- Dimensiones: 60 mm de alto, 85mm de largo, 676 mm² para el área del solenoide.

2.15 MÓDULO DE RELEVADOR.

Antes de comenzar con la descripción del módulo, debemos entender qué es y para qué sirve un relevador eléctrico, relay o relé, cualquiera de los nombres anteriores es como se le conoce a este dispositivo electromecánico.

Es un interruptor controlado por un circuito electrónico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se accionan los contactos internos del relevador que abren o cierran otros circuitos eléctricos independientes conocidos como circuitos de fuerza o etapa de potencia debido a que el relevador nos permite controlar voltajes y corrientes de fuentes ajenas a la parte de control.

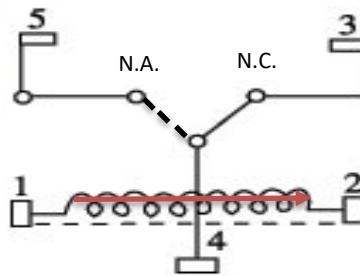


Imagen 2. 34 Estructura Interna del relevador.

La imagen 2.34 la cual es un esquemático de la parte interna del relevador, nos servirá de mejor forma para explicar su funcionamiento. Se puede apreciar el flujo de la corriente que va del punto 1 al punto dos del relevador, cuando dicha corriente pasa por la bobina, ésta crea un campo magnético que es capaz de atraer a uno de los dos puntos móviles del relevador con ayuda del punto en común, es decir, dependiendo de la configuración que se le dé al relevador ya sea normalmente abierto (N.A.) o normalmente cerrado (N.C.)

2.15.1 Electrónica de potencia, etapas de potencia o circuitos de fuerza.

La electrónica de potencia combina la energía, la electrónica y el control. El control se encarga del régimen permanente y de las características de los sistemas de lazo cerrado. La energía tiene que ver con los equipos o dispositivos de potencia regularmente electromecánicos. La electrónica se encarga de los dispositivos y los circuitos de estado sólido requeridos en el procesamiento de señales para cumplir con los objetivos de control deseados.

Esta etapa se vuelve indispensable tanto en nuestro proyecto como en todos los lugares donde se requiere de controlar equipos electromecánicos, principalmente en las industrias, destacando que el mundo del control y la automatización lleva por ende la implementación de circuitos de fuerza cada vez más en más sitios como en laboratorios, escuelas, almacenes o en los hogares como es nuestro caso.

De un modo más simple, podríamos decir que un circuito completo, por ejemplo, para tener el control de un motor está compuesto principalmente de 3 módulos: el de control, la etapa de potencia y finalmente el del actuador.

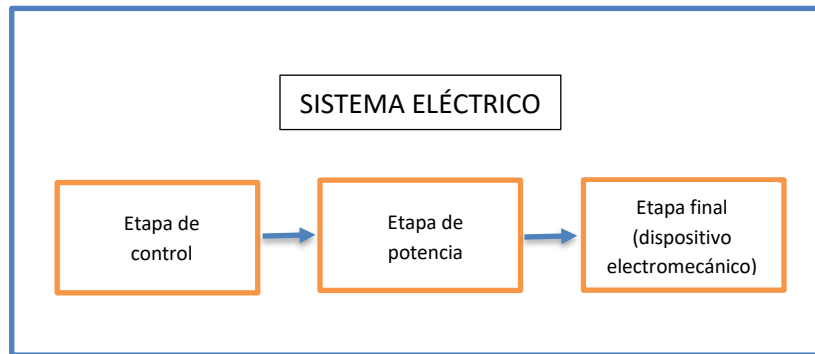


Imagen 2. 35 Diagrama de bloques de un circuito completo.

2.15.2 Funcionamiento del módulo de relevador.

Una vez explicado el funcionamiento individual de un relé, continuamos con la función total del módulo.

La operación de este dispositivo electromecánico no solo requiere de mandarle un pulso eléctrico para que se active, aunque no es un circuito complejo es necesario aclarar que se requiere de otros dispositivos que son necesarios para completar el módulo y que funcione lo mejor posible.

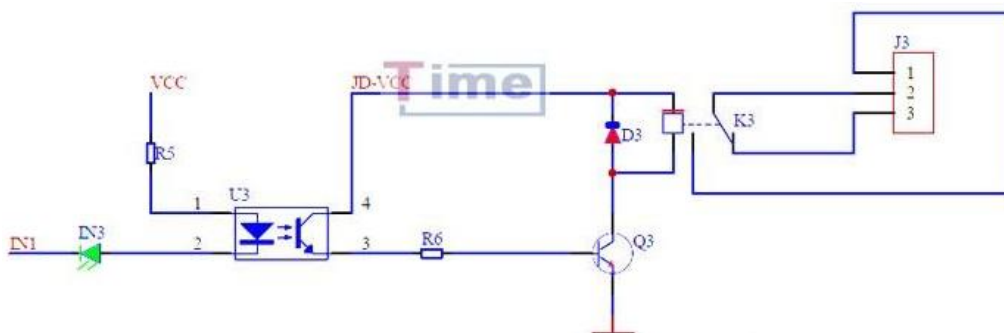


Imagen 2. 36 Esquemático de circuito de control y etapa de potencia.

La imagen 2.37 pertenece al esquemático de un módulo de relevador para Arduino. Se puede notar que VCC está siempre conectado, lo cual nos lleva a deducir que este sistema estará esperando un pulso de un valor lógico 0 para poder activar el relevador. En este circuito se cuenta con U3 el cual es un opto acoplador puesto con la finalidad de tener una doble protección a

nuestro circuito de control. VCC es conectado al cátodo del LED interno del opto acoplador , una vez conectado el led interno, su respectivo transistor permite pasar una corriente de colector a emisor proveniente de JD-VCC, la señal de salida se da por el pin 3 (emisor del transistor interno) pasando por una resistencia conectada a la base de Q3, este transistor funcionara como un switch, cuando la corriente pase por la base del transistor, Q3 entrará en saturación por lo que fluirá una corriente de colector (I_c), la cual energizará la bobina de nuestro relevador, lo que conlleva a que la parte móvil de dicho relé se abra o cierre según la configuración. Se aprecia también la implementación de D3, el cual es un diodo para suprimir alguna corriente de rebote.

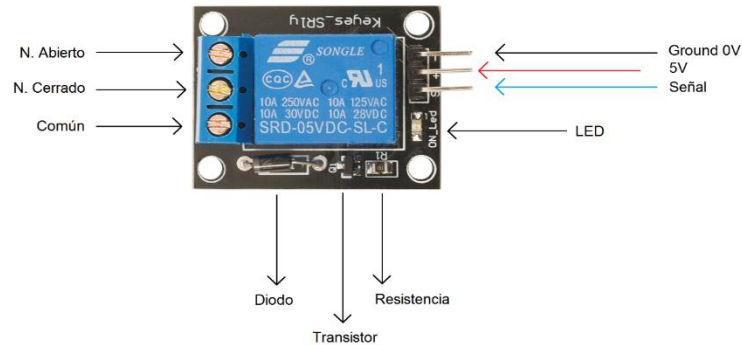


Imagen 2. 37 Módulo de relevador compatible con Arduino.

Cabe resaltar que en el circuito analizado anteriormente Imagen 2.38 existen protecciones para la etapa de control, la cual suele ser la más vulnerable, ojo, esto no quiere decir que las otras etapas no sean de tener cuidado, sin embargo, son componentes que pueden ser solo de remplazo a diferencia de un microcontrolador que aparte de sustituirlo, también hay que programarlo, es decir, puede ser la parte más susceptible del circuito. Por lo anterior, encontramos dos tipos de protecciones, la primera es un diodo conectado en inversa y al mismo tiempo en paralelo a la bobina del relé, con el objetivo de suprimir cualquier regreso de corriente generado por el campo magnético de dicha bobina, ya que esta corriente también llamada corriente de rebote, puede ocasionarle problemas a la etapa de control. Y por último, hablamos del opto acoplador el cual es una forma de aislar la etapa de control y la etapa de fuerza, como ya se mencionó anteriormente, un opto acoplador tiene como propósito principal el dejar fluir la corriente eléctrica en un solo sentido, dicho de otra forma, únicamente cuando el LED interno del opto emita luz, su respectivo transistor se activará para mandar una señal por su emisor y nunca en sentido contrario, es decir, no hay forma de activar primero el transistor del opto y posteriormente el LED. Es así como nuestra etapa de control queda aislada y protegida de cualquier regreso de corriente.

2.16 ACTUADORES.

Los actuadores son dispositivos que brindan la posibilidad de transformar diferentes tipos de energía para generar algún funcionamiento dentro de un sistema automatizado determinado. Usualmente, los actuadores generan una fuerza mecánica a partir de distintos tipos de energía, como puede ser eléctrica, neumática, o hidráulica.

En este apartado hablaremos de los actuadores eléctricos. Éstos son dispositivos accionados por medio de corrientes eléctricas. Existen actuadores eléctricos que consumen una considerable

cantidad de energía, para este tipo de casos se utilizan controladores y forman parte de un sistema automatizado. Cabe destacar de su importancia pues suelen ser la parte final del sistema, son los que llevaran a cabo la parte final de un proceso.

En la actualidad, con el avance de la tecnología podemos darnos cuenta como se utilizan diferentes dispositivos para innumerables actividades que en el pasado eran impensadas. Existen actuadores eléctricos que ofrecen soluciones integrales para la vida diaria como sistemas de control de temperatura, otros son utilizados para accionar válvulas con las que se controla el encendido y apagado de sistemas de calefacción y refrigeración, entre otros muchos que se suelen utilizar en la industria, en casas-habitación y por supuesto en las escuelas con la implementación de robots.

Algunos actuadores muy utilizados en sistemas de control son los siguientes:

Tabla 2. 3 Tipos de motores.

Motores de corriente directa o alterna	
Motores a pasos	
Servomotores	
Zumbadores	



Electroválvulas	
Relevadores	

2.17 FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

En la electrónica se le llama fuente de poder o de alimentación al dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna de la línea eléctrica comercial que se recibe en los domicilios en corriente continua o directa que es la que utilizan los dispositivos electrónicos tales como televisores, computadoras, teléfonos celulares, etc., suministrando los diferentes voltajes requeridos por los componentes, incluyendo usualmente protección frente a eventuales inconvenientes en el suministro eléctrico como la sobretensión. Existen dos tipos de fuentes de alimentación, las fuentes lineales y las fuentes conmutadas, con objetivos similares, pero con funcionamiento diferente.

2.17.1 Fuentes lineales.

Para un ejemplo de fuentes lineales podemos encontrar los cargadores de antiguos teléfonos, los cuales eran grandes y pesados.

En una fuente de alimentación lineal se reduce la tensión mediante un transformador reductor, y seguidamente se rectifica la señal de corriente alterna con diodos. Para que la corriente sea más estable se filtra con capacitores electrolíticos, y por último se añaden estabilizadores para que la tensión de salida tenga un valor exacto.

Este tipo de fuentes tiene una gran pérdida de energía en el transformador. Además, para conseguir corrientes de salida muy altas, el transformador requiere estar embobinado con hilo de cobre muy grueso, lo que hace que sea grande y pesado.

2.17.2 Fuentes conmutadas.

Las fuentes de alimentación conmutadas utilizan un principio similar, pero con diferencias muy importantes. Básicamente se aumenta la frecuencia de la corriente, que pasa de oscilar 50 o 60Hz a más de 100kHz, al aumentar tanto la frecuencia se reduce las pérdidas de energía y se consigue reducir el tamaño del transformador y con ello su peso y su volumen.

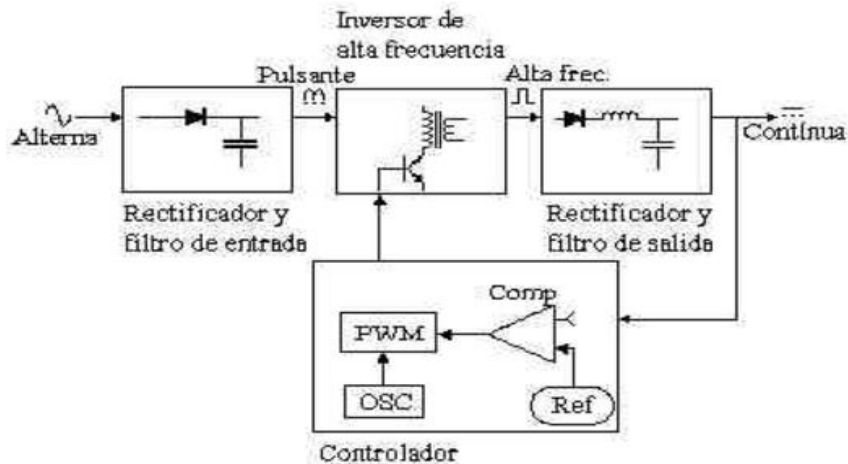


Imagen 2. 38 Diagrama a bloques de una fuente conmutada.

En la figura anterior (figura 2.38) se observan 4 bloques de los componentes esquemáticos básicos para una fuente conmutada los cuales se explican a continuación:

- En el primer bloque se rectifica y filtra la señal que entra de corriente alterna a corriente continua pulsante.
- El segundo bloque se encarga de convertir la corriente continua proveniente del primer bloque en una onda cuadrada de alta frecuencia que puede variar de 10 KHz hasta los 200 KHz dependiendo del sistema utilizado, dicha señal obtenida, posteriormente es aplicada al primario de un transformador.
- El tercer bloque rectifica y filtra la señal de salida de alta frecuencia del bloque anterior, entregando así una señal de corriente continua pura.
- Por último, el cuarto bloque se encarga de comandar la oscilación del segundo bloque, consiste en un oscilador de frecuencia fija, un voltaje de referencia, un comparador de voltaje y un modulador de ancho de pulso (PWM). El modulador recibe el pulso del oscilador y modifica su ciclo de trabajo según la señal del comparador, el cual coteja la tensión continua de salida del tercer bloque con la tensión de referencia.



2.18 TEMPERATURA IDEAL DEL AGUA EN UNA DUCHA.

Regularmente cuando las personas tomamos un baño no solemos considerar la importancia que tiene la temperatura del agua. Por tal motivo, a continuación, se explican los diferentes efectos que tiene el agua según su temperatura.

En una ducha se recomienda un rango de temperatura el cual va desde los 18°C hasta los 37°C, en este rango se pueden nombrar 3 tipos de agua:

- Agua fresca: Va de los 18°C a los 24°C (CorreoFarmaceutico.com, s.f.), se recomienda un baño a esta temperatura para refrescar, reactivar y tonificar el cuerpo, ya que el agua fresca tiene la acción de aumentar ligeramente la presión arterial, por lo que derivará la sensación de sentir el cuerpo activo y despierto. Sin embargo, también se recomienda que el baño a esta temperatura no sobrepase los 5 minutos para evitar entumecimientos.
- Agua templada: Se considera Templada cuando tiene una temperatura de 25°C a 30°C. El efecto que causa en el cuerpo es el de relajación, pues si alguna persona se siente estresado o muy cansado, un baño con una temperatura cercana a la corporal (37°C aproximadamente) es perfecto para contrarrestar las sensaciones antes mencionadas.
- Agua caliente: De 31°C a 37°C es el rango de temperatura correspondiente para esta definición. El agua a esta temperatura es ideal para aliviar contracturas musculares (tensión en los músculos), aunque también se recomienda no permanecer más de 15 minutos con el agua caliente pues puede generar problemas como la resequedad en la piel, agravar problemas de varices o la afectación de fertilidad en los hombres. (Editora, s.f.)

2.19 TUBERIA.

Todo mundo tiene idea o ubica varios tipos de tubos, pues alguna vez hemos visto en nuestros hogares los sistemas completos de tubería. Estas sirven para transportar o canalizar líquidos o gases; las hay en distintas medidas y materiales.

En nuestras casas hay tres tipos de tubería: la del gas, la del sanitario (desagüe que va a la coladera) y la hidráulica (la que transporta el agua potable del suministro al lavabo, fregadero, etc.). Sin embargo, en esta sección solo hablaremos de una en específico pues es la que tenemos que estudiar para el desarrollo de nuestro proyecto.

El sistema hidráulico en una casa puede instalarse con tubos materiales diferentes, sin embargo, solo mencionaremos 3 de ellos que son: cobre, PVC y CPVC. Unos más implementados que otros por distintos factores como la durabilidad y el costo. Por tal motivo, con la intención de cumplir uno de nuestros objetivos de construir nuestro proyecto con un redituable en poco tiempo se propone utilizar la tubería de cobre y CPVC.



Cobre:

Existen dos tipos diferentes de tubería de cobre, el tipo “L” utilizado para el gas, esta es más gruesa que la tubería tipo “M” implementada para la red hidráulica potable, por tal motivo al momento de comprar en la tlapalería o ferretería tenemos que pedir el tubo de cobre y no olvidar mencionar el tipo “M”. Para unir la tubería de cobre se utiliza una soldadura especial, 50% plomo y 50% estaño para la tubería de agua.

CPVC:

Este material es ideal para tubería hidráulica tanto para agua caliente y fría. Debido a que la tecnología también interviene en este tipo de materiales podemos contar con el CPVC. Este material es el elegido debido a su bajo costo y a su resistencia a la corrosión. La forma de unión de es mediante un pegamento (cemento) que sella la tubería. Cabe destacar que este material es compatible con la tubería de cobre y por tal motivo será uno de los materiales que se ocuparan en este proyecto.

Para la instalación de la red hidráulica también es necesario saber los diferentes accesorios con los que cuentan estos tipos de tubería pues sin ellos sería imposible completar dicha red. La cantidad de accesorios que existen es enorme para ambos materiales por tal motivo solo se mencionaran los más básicos.

No solo podemos encontrar diferentes tipos de accesorios sino también medidas tanto para tuberías de cobre como de CPVC, por lo que siempre se tendrá lo necesario para adaptar una instalación hidráulica a distintos diseños de casas.

Tabla 2. 4 Materiales y accesorios de tubería.

ACCESORIO	COBRE	CPVC
TUBO		
COPE		
CODO		



TEE



CONECTOR HEMBRA



CONECTOR MACHO



COPLEREDUCTOR



YEE



TUERCA UNIVERSAL





CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 ANÁLISIS DE PLANOS ORIGINALES.

Para el desarrollo del diseño de este proyecto fue necesario utilizar los planos arquitectónicos de una casa ya construida. Cabe destacar que este sistema no se adapta forzosamente a un diseño en particular, sino que puede adaptarse a cualquiera, es claro que habrá modificaciones, pero estas solo se llevarán a cabo en la estructura de acoplamiento de tubería según lo requiera el diseño del plano.

A continuación, se analizan los planos originales del lugar al cual se hizo el diseño de este sistema. Posteriormente se analizarán con las modificaciones correspondientes para ubicar las principales diferencias en cuanto a diseño de estructura y material anexado.

En la imagen 3.1 se observa la estructura arquitectónica de la casa para la cual se realiza este diseño, en primera instancia se menciona un terreno con una superficie de 181.44 m², la instalación original hidrosanitaria comienza con la acometida municipal pasando por el medidor de agua y hasta llegar a la cisterna C1 en donde se almacena el agua potable. Este depósito se conecta a una bomba hidráulica que sirve para proporcionar el agua necesaria al tinaco T1 elevado de 1100 L imagen 3.2 que posteriormente sirve de alimentar todas las terminales como lo son el calentador de agua, la regadera, el lavamanos, el W.C., el lavadero, la lavadora y el fregadero de la cocina.

Por último, en la imagen 3.3 se observan dos pendientes en la azotea de la casa, siendo únicamente la del lado derecho la utilizable en el diseño debido a cuestiones de estética y aprovechando la ubicación del jardín en ese mismo lado de la casa.



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y RECICLAJE DE AGUA
EMPLEANDO DISPOSITIVOS ELECTROMECÁNICOS.

UNAM Facultad de Estudios Superiores Aragón

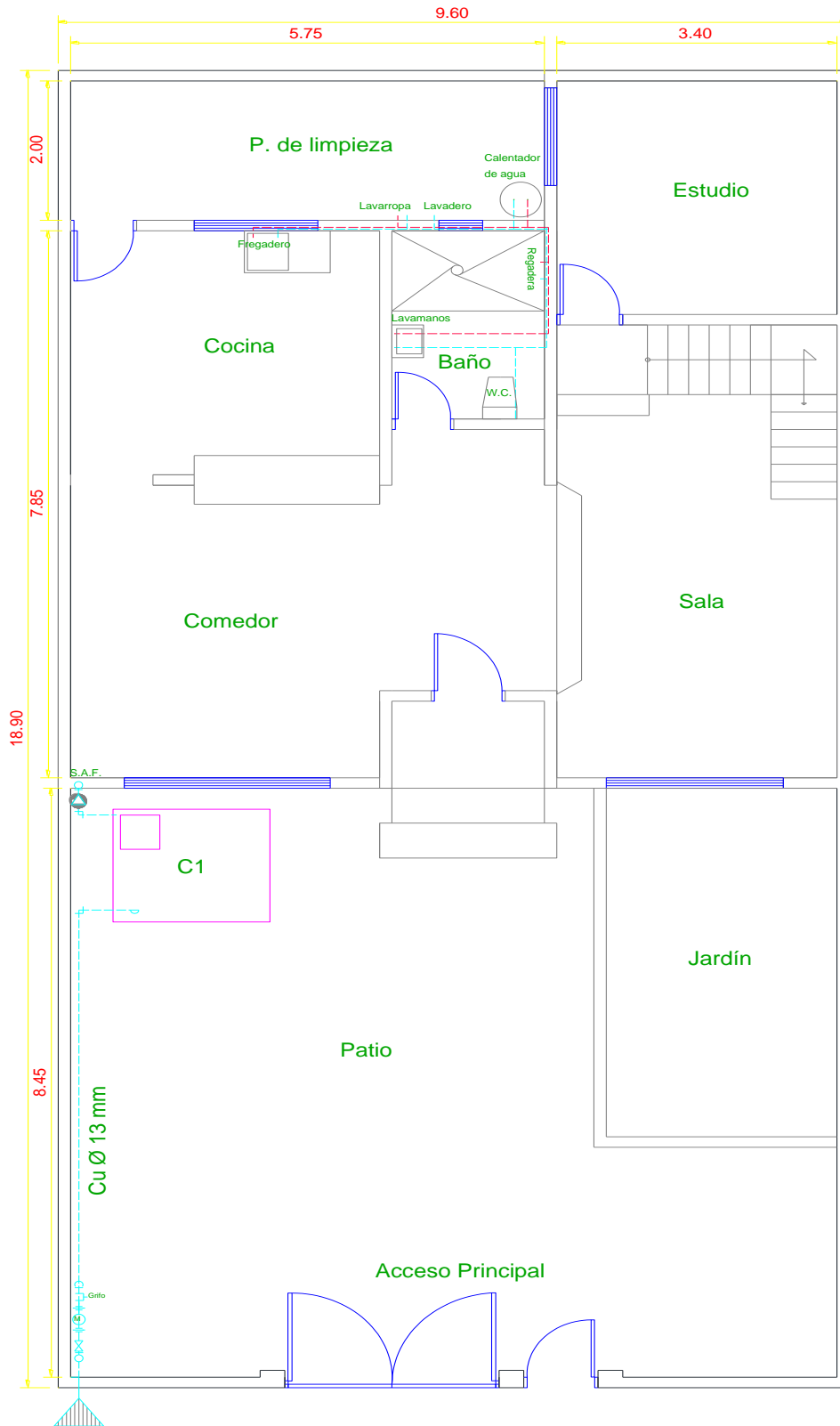


Imagen 3. 1 Vista aerea de planta baja.

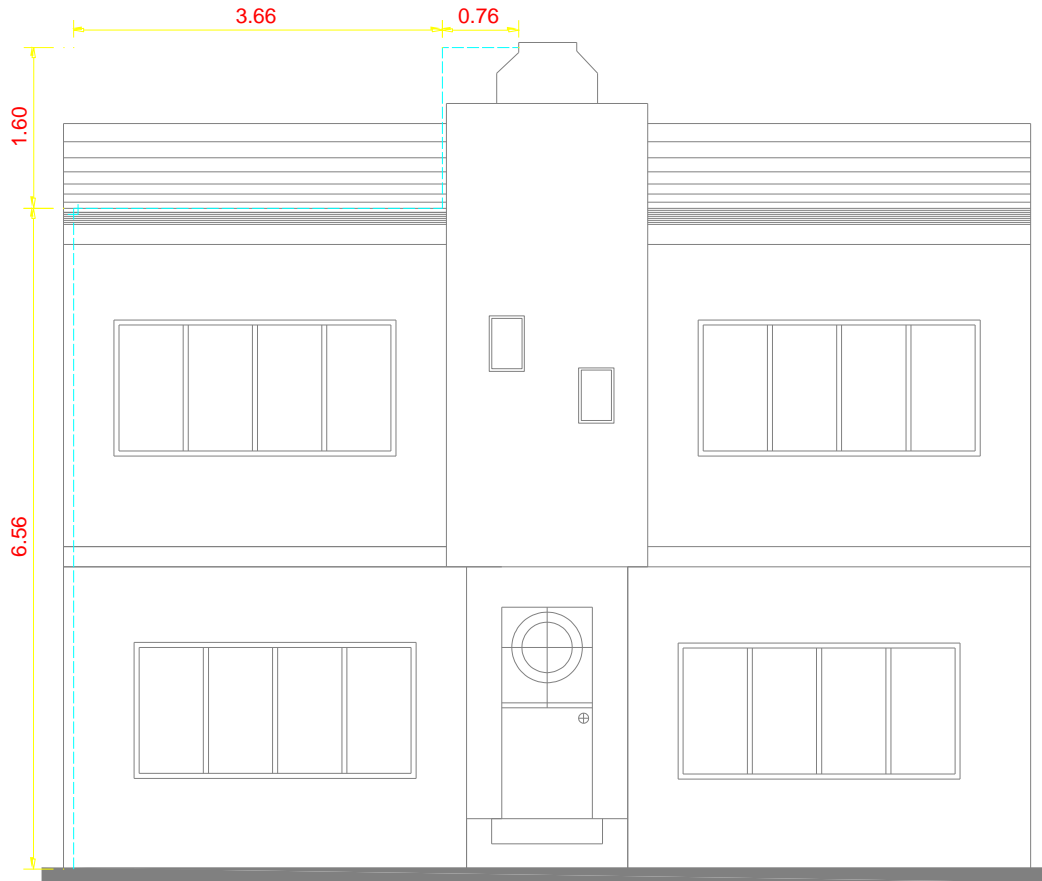


Imagen 3. 2 Vista frontal de la casa del diseño.



DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y RECICLAJE DE AGUA
EMPLEANDO DISPOSITIVOS ELECTROMECÁNICOS.

UNAM Facultad de Estudios Superiores Aragón

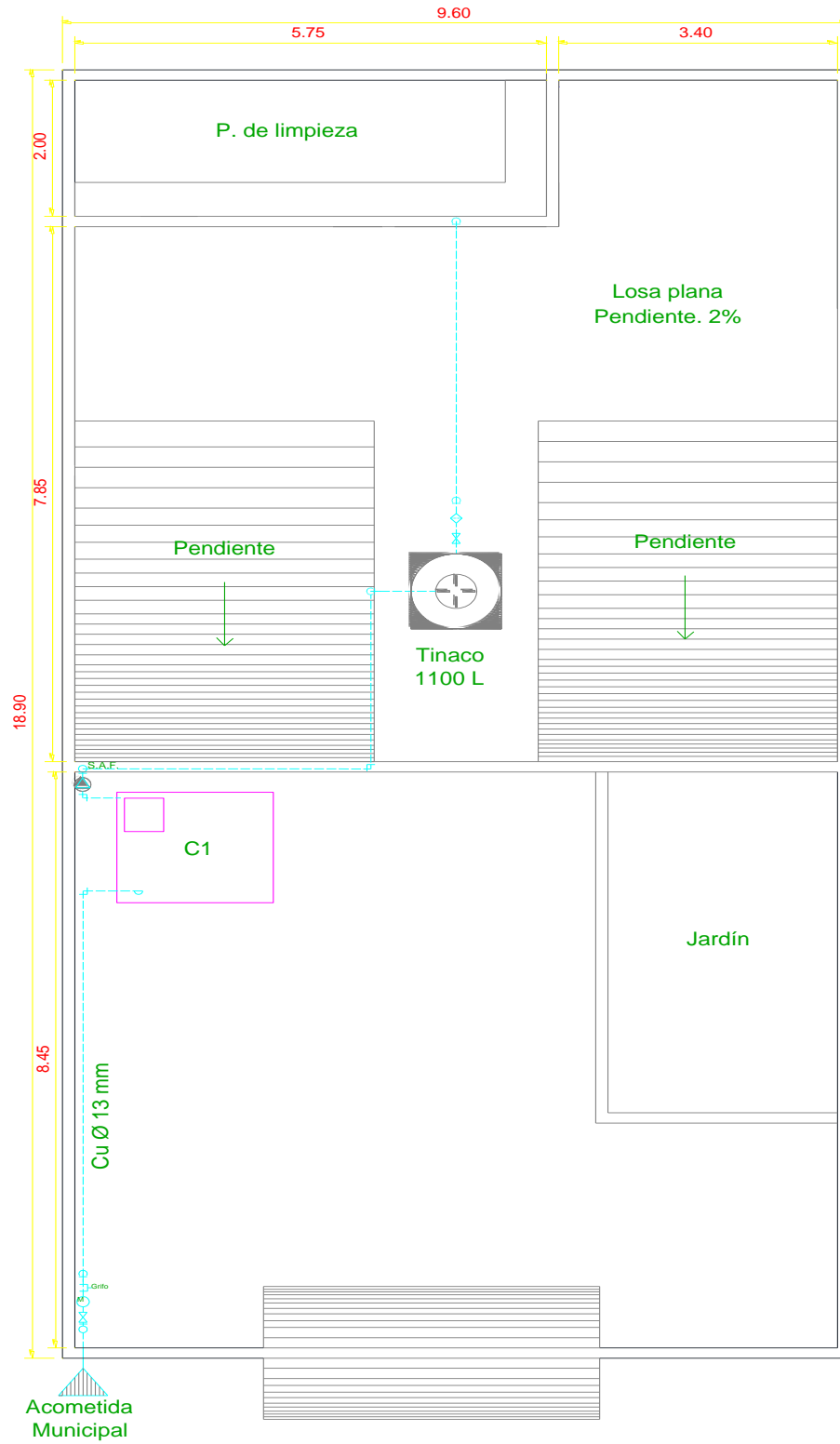


Imagen 3. 3 Vista aérea de planta baja.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS EN CASA-HABITACIÓN.

Para la implementación de este proyecto, se sugiere la necesidad de puntualizar que las instalaciones hidráulicas sufren pequeñas modificaciones. A continuación, se observan los pequeños cambios o anexos que sufren las instalaciones hidráulicas, para el sistema de recolección de agua pluvial y el reciclaje de agua en las regaderas.

Para los primeros 3 minutos de lluvia:

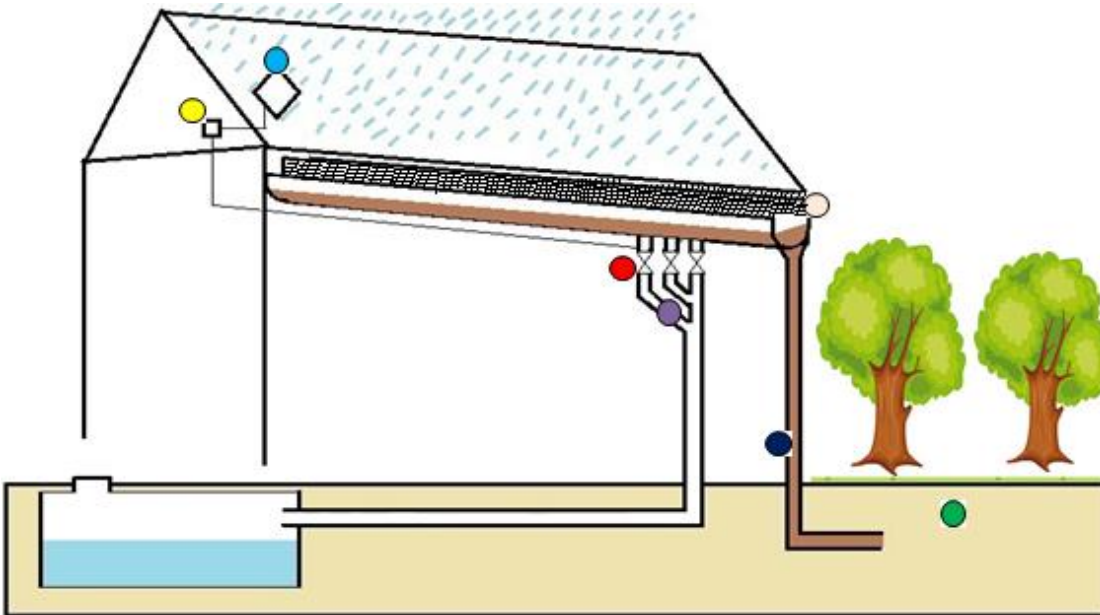


Imagen 3. 4 El agua sucia de los primeros 3 minutos de lluvia.

Acotaciones:

- Sensor de lluvia.
- Sistema de control.
- Canaleta con malla para transporte de agua pluvial.
- Electroválvulas hidráulicas de 2 vías de 3/4" de diámetro.
- Conector Y para la separación de electroválvulas hidráulicas.
- Tubería para transporte de agua sucia para los primeros 3 minutos de lluvia.
- Zona de desemboque para el agua de los primeros 3 minutos de lluvia (a elección jardín, drenaje, etc.).

Posterior a los primeros 3 minutos de lluvia:

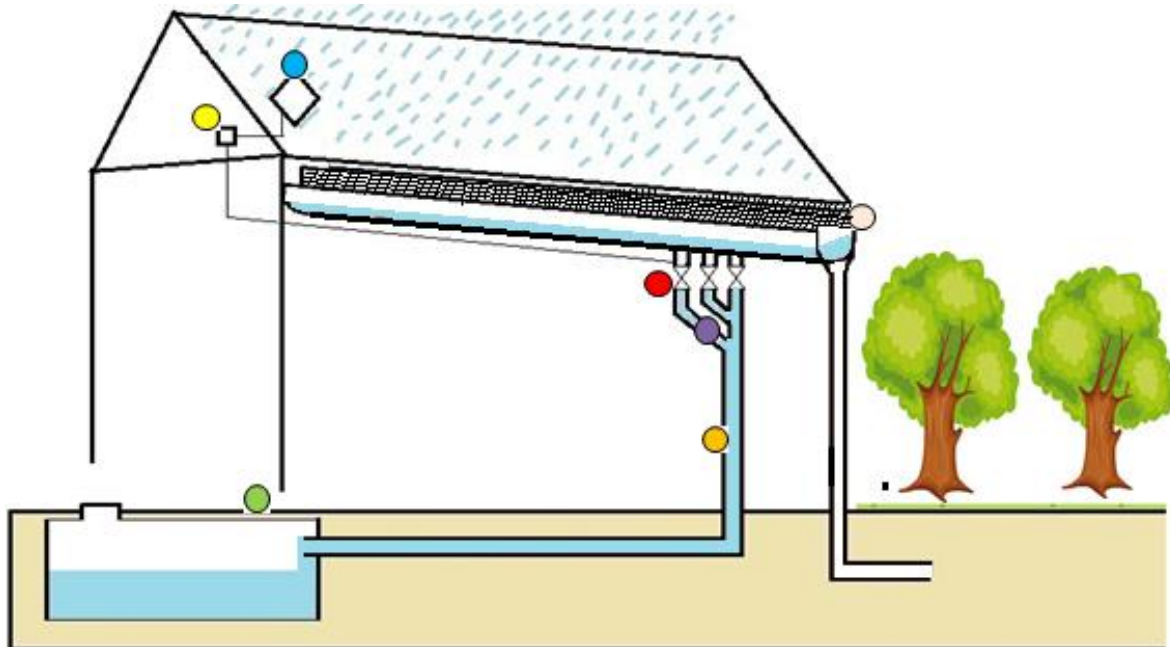


Imagen 3. 5 El agua de lluvia después de los 3 minutos será más limpia.

Acotaciones:

- Sensor de lluvia.
- Sistema de control.
- Canaleta con malla para transporte de agua pluvial.
- Electroválvulas hidráulicas de 2 vías de 3/4" de diámetro.
- Conector Y para la separación de electroválvulas hidráulicas.
- Tubería para transporte de agua limpia pluvial posterior al minuto 3.
- Depósito principal (cisterna, tinaco, etc.).

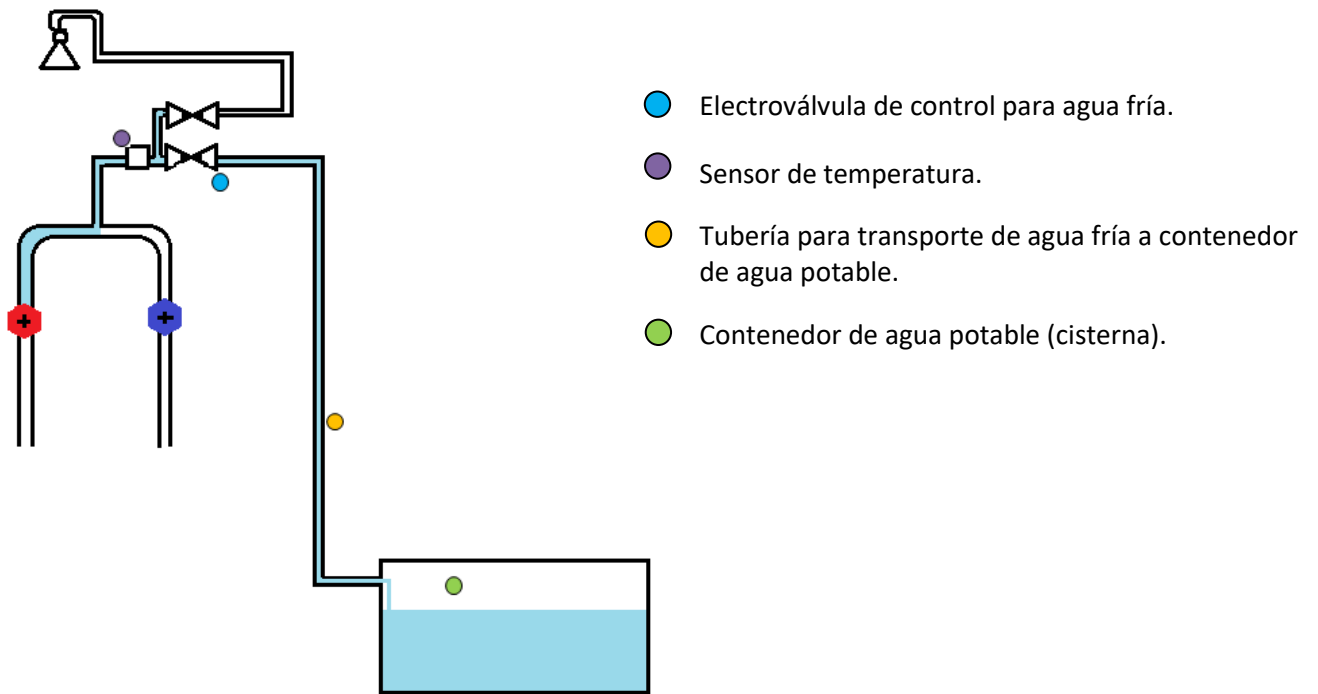


Imagen 3. 6 El agua fría retorna a un depósito de almacenamiento.

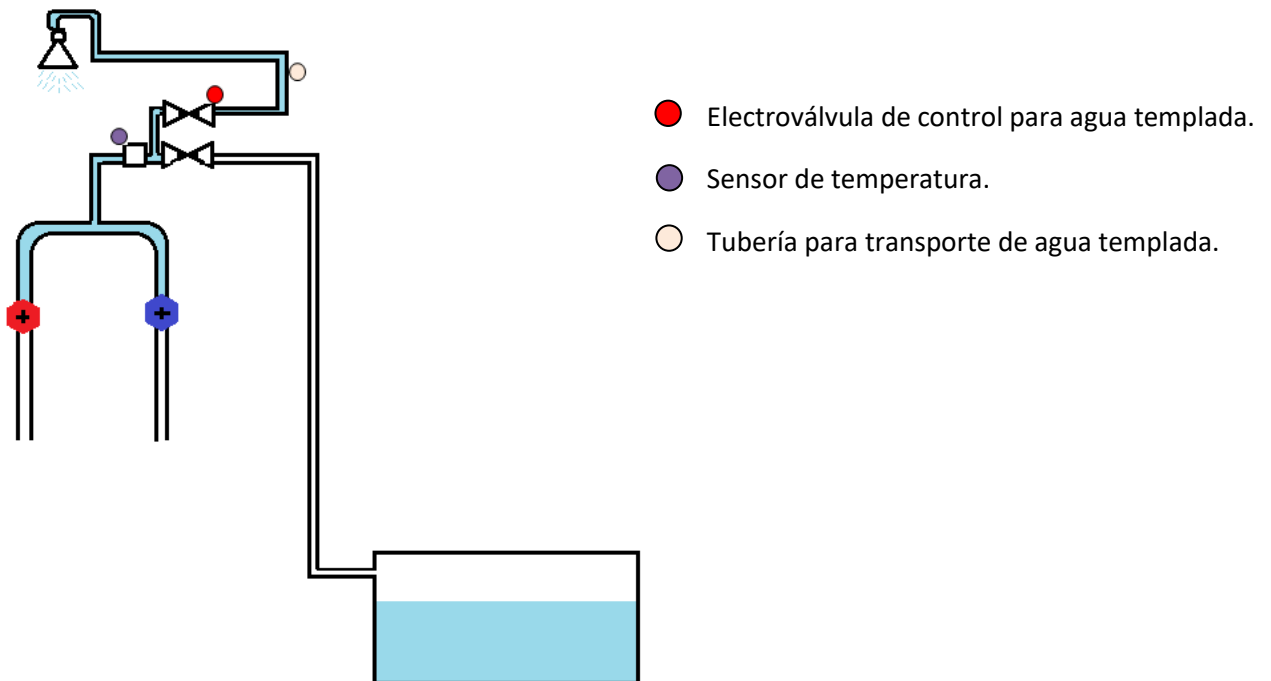


Imagen 3. 7 El agua templada fluye a través de la regadera.



3.3 PRECAUCIONES EN LA RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PLUVIAL.

Para cualquier proyecto de recolección de agua pluvial, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones importantes, con el objetivo de no propiciar fuentes de infección.


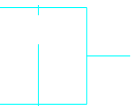



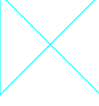


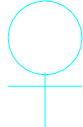
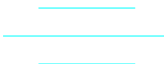

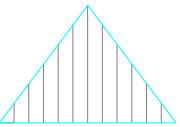

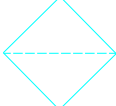

Para la implementación de este proyecto se sugieren las siguientes acciones:

- Colocar un filtro de malla sobre la canaleta recolectora de agua pluvial, con el fin de no permitir la entrada de hojas de árboles, basura o cualquier otro tipo de residuos. La malla puede ser sencilla o doble según el tipo de residuos que se encuentren en la zona.
- Dar mantenimiento de limpieza al área de captación (techos, tejados, láminas, etc.) que recogerá el agua de lluvia por lo menos una vez cada 3 meses usando pequeñas cantidades de agua, desinfectantes, jabón y cloro. Se sugiere colocar trapos o jergas entre la canaleta y el área de captación para evitar que el agua sucia entre a nuestro sistema de depósito.
- Lavar los depósitos de almacenamiento de agua de lluvia. La secretaria de salud recomienda realizar esta acción una vez al año para contenedores de agua potable (Cofepris, 2010), de tal forma que para los depósitos de almacenamiento de agua pluvial se sugiere que sea una vez cada 3 meses (Salud, 2017). La idea principal es que el agua recolectada se encuentre en flujo constante ya que pudiera ocurrir, dependiendo de distintos factores, que si el agua se mantiene estancada por tiempos prolongados se puedan encontrar pequeños organismos indeseados, para evitar lo anterior, se recomienda agregar pequeñas cantidades de cloro al agua almacenada que no haya podido ser utilizada.
- Para reforzar nuestras medidas de precaución a nuestro proyecto, como parte de la automatización, se programará un sensor de lluvia de modo que los primeros 3 minutos de precipitación sirvan para limpiar el área de captación, de tal forma que el agua en ese tiempo arrastre cualquier tipo de sedimentos a un lugar diferente que no sea el sistema de almacenamiento, en donde los residuos de mayor tamaño quedarán estancados en la malla y las más pequeñas como tierra o polvo vayan al jardín o al sistema de drenaje público. Posterior a los primeros 3 minutos, el agua pluvial ingresará a nuestro sistema de almacenamiento.



3.4 SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA UTILIZADA.

Tabla 3. 1 Simbología utilizada en los planos del proyecto.

SÍMBOLO	NOMBRE	SÍMBOLO	NOMBRE
	Tubería para agua fría		Tee
	Tubería para agua caliente		Yee
	Medidor de flujo de agua		Electroválvula
	Electrobomba hidráulica		Válvula manual
	Codo con proyección hacia arriba		Tuerca universal
	Codo con proyección hacia abajo		Acometida municipal
	Codo a 90° con proyección a los costados		Filtro
	Flotador de agua		



3.5 MODIFICACIONES Y ANEXOS A LA INSTALACIÓN HIDRÁULICA.

En este apartado se analizarán todas las adecuaciones necesarias, tanto en tubería como en depósitos para el correcto diseño de nuestro proyecto. Para lograr lo anterior, es necesario dividir el sistema en 4 módulos diferentes que se complementan para obtener la estructura final, teniendo a las electroválvulas (EV) como a los principales dispositivos electromecánicos en todos los módulos y a las llaves de paso o válvulas manuales (VM) como mecanismos de emergencia.

Cabe señalar que, para fines de entendimiento, para el módulo 1 y 2 primeramente se explicarán por separado, aunque a nivel de código, después de la explicación del segundo módulo, se colocará el original para ambos módulos en uno solo.

3.5.1 Módulo 1.

Consiste en la unión con tubería, accesorios hidráulicos y dispositivos electromecánicos de dos cisternas (C1 y C2) con dos tinacos elevados (T1 y T2) para su funcionamiento por gravedad. Véase figura 3.8

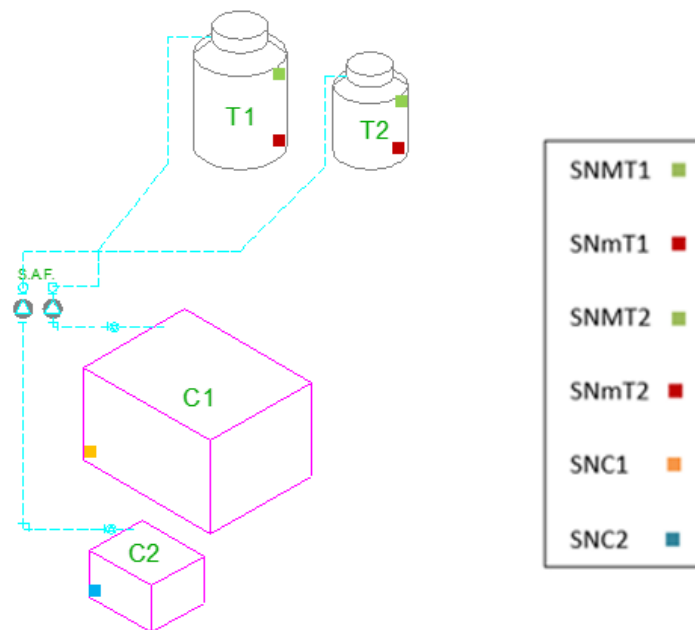


Imagen 3. 8 Intalación hidráulica para módulo 1.



3.5.1.1 Funcionamiento del módulo 1.

Para el primer módulo se requieren de dos depósitos generales, en este diseño se utilizarán dos cisternas (C1 y C2), cada una con un sensor de nivel de agua (SNC1 y SNC2), C1 será la cisterna principal en donde se almacene el agua potable y una adicional (C2) que será donde se deposite el agua de lluvia. De la misma forma, se requiere de dos contenedores (T1 y T2) ubicados en el techo de la casa para el flujo de agua por gravedad, a su vez cada uno de los tinacos contará con dos sensores de nivel de agua (SNM y SNm) un máximo y un mínimo. Aquí se trabajará con tinacos convencionales y al igual que con las cisternas, habrá un tinaco destinado para el agua potable (T1) y otro para el agua pluvial (T2).

Se requiere de la instalación de 2 electrobombas hidráulicas, una para cada tinaco, con la finalidad de tener dos diferentes circuitos y el agua potable no se mezcle con el agua de lluvia.

Como se mencionó anteriormente, las cisternas tendrán sensores de nivel (SN) de agua que enviarán información al microcontrolador para verificar que exista agua almacenada, ya que, si no se hace esta programación, las bombas hidráulicas entrarán en funcionamiento sin tener agua que bombear, provocando daños de sobrecalentamiento a estos dispositivos electromecánicos.

Así mismo, el diseño contempla problemas ocasionados por falta de energía eléctrica. En este primer módulo, la ausencia de energía no interfiere en ningún aspecto, ya que no hay forma de que las bombas hidráulicas entren en operación debido a la falta de la misma.

3.5.1.2 Diagrama de flujo.

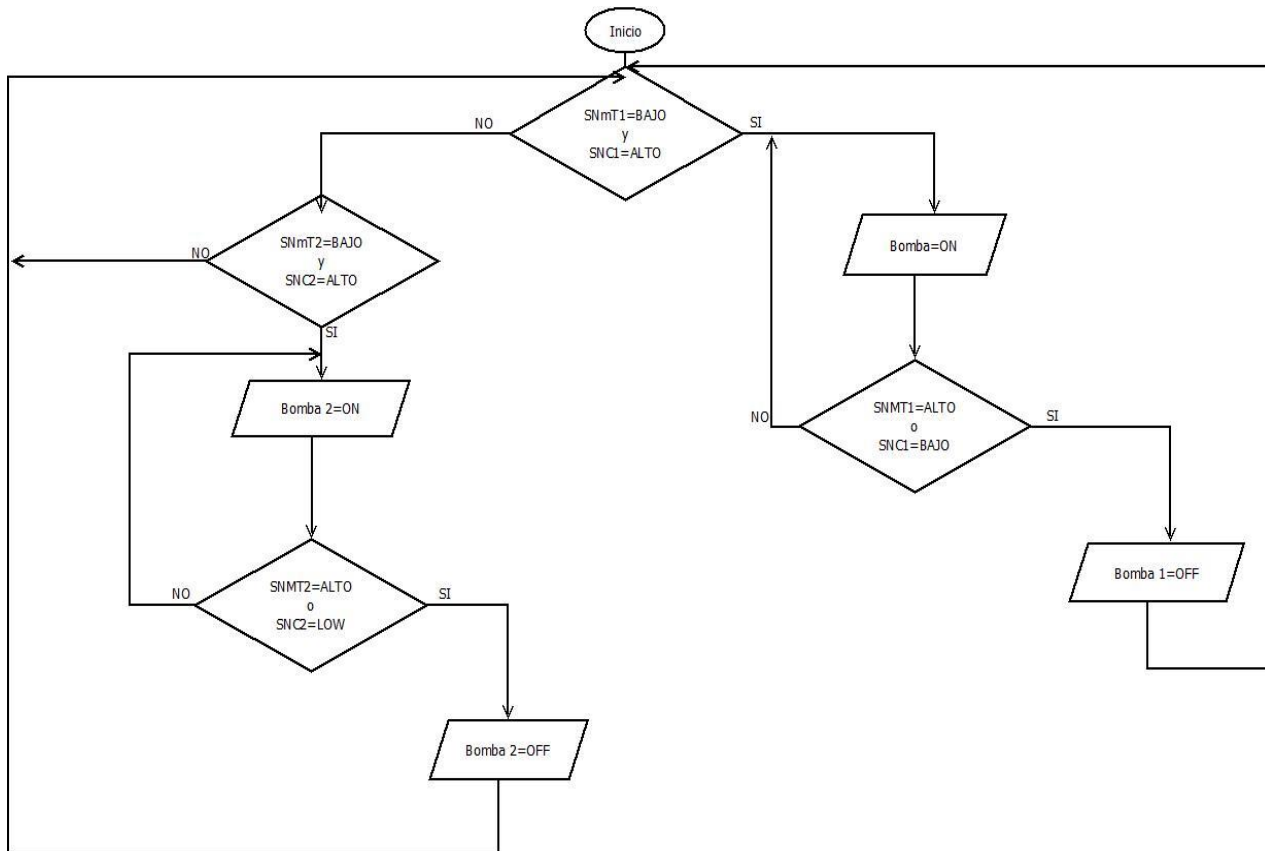


Imagen 3. 9 Diagrama de Flujo para módulo 1.

3.5.1.3 Diagrama esquemático.

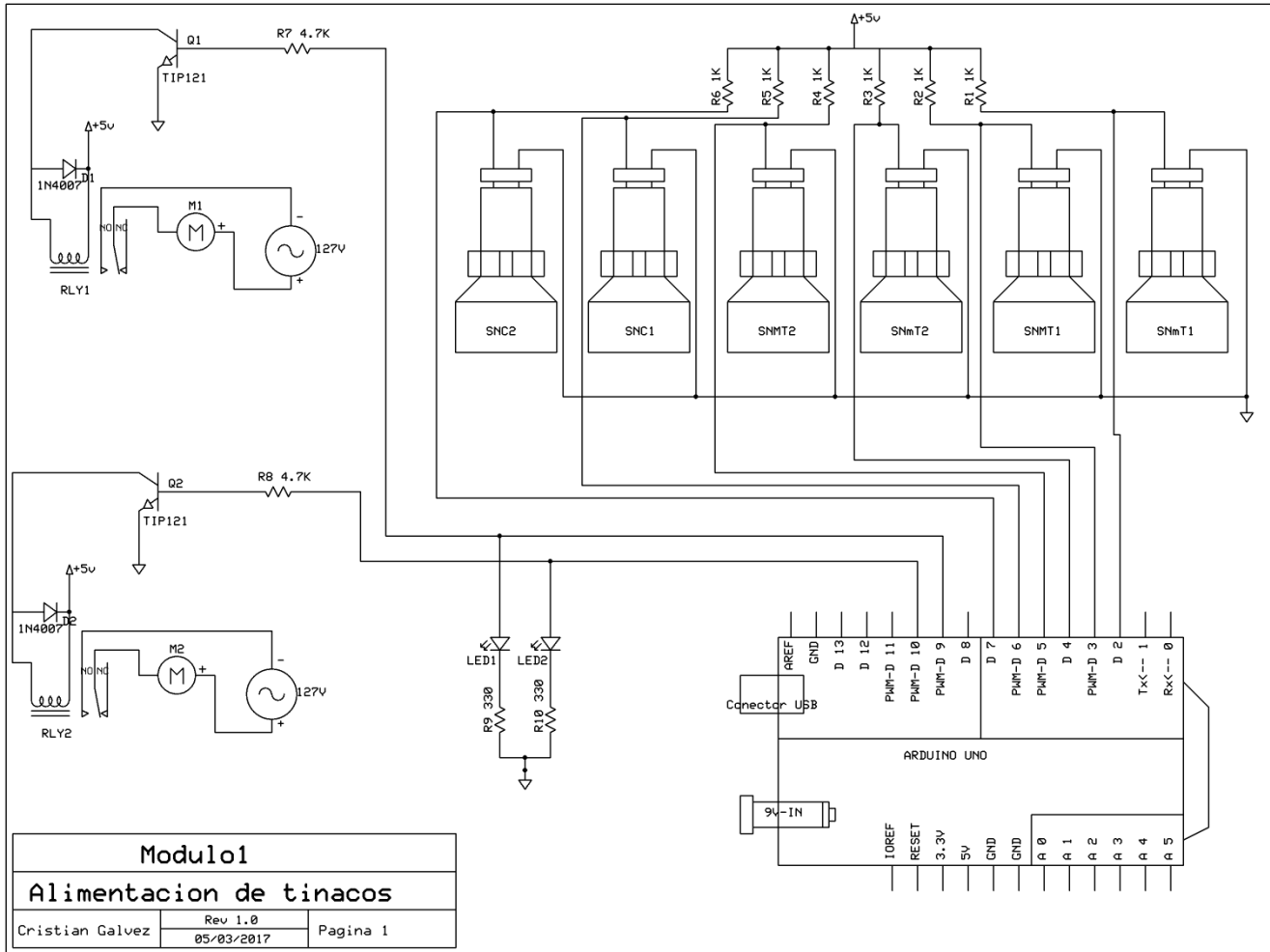


Imagen 3. 10 Diagrama esquemático para módulo 1.



3.5.1.4 Algoritmo para módulo 1.

Para la programación de nuestro microcontrolador por medio de la interfaz IDE de Arduino se escribirá un algoritmo, el cual puede ser considerado como un conjunto de pasos ordenados lógicamente para la realización de una actividad o resolver un problema específico, dicho en otras palabras, la creación de nuestro algoritmo tendrá que ser lo más específico posible con la intención de que la secuencia de pasos sea suficientemente capaz de cubrir las necesidades de los objetivos propuestos.

A continuación, se muestra el código que será cargado al microcontrolador para que este cubra las necesidades del módulo 1:

```
int SNmT1=2;  
int SNMT1=3;  
int SNmT2=4;  
int SNMT2=5;  
int SNC1=6;  
int SNC2=7;  
  
int V_SNmT1=0;  
int V_SNMT1=0;  
int V_SNmT2=0;  
int V_SNMT2=0;  
int V_SNC1=0;  
int V_SNC2=0;  
  
int bomba1=9;  
int bomba2=10;
```

El inicio de nuestro algoritmo, comienza declarando en el IDE de Arduino el tipo de variables que utilizaremos y en que pines de la placa se colocaran los sensores o actuadores. Para este módulo solo se ocuparán variables de tipo enteras, es decir, variables que solo usaran ceros y unos y no valores intermedios a estas posibilidades.

Las variables que se declaran en la primera parte, son todos los dispositivos que proporcionaran información al microcontrolador o que mostraran una respuesta tras el procesamiento de la información recibida. Los dispositivos a utilizar son: Sensor de nivel de agua mínimo y máximo para el tinaco 1 y tinaco 2, un sensor de nivel de agua para la cisterna 1 y cisterna 2.

En la segunda sección, se colocan las variables que servirán de apoyo para almacenar información, de tal forma que el microcontrolador lea la información de los sensores de manera cíclica y las guarde en dichas variables para su posterior uso.

Posteriormente se colocan las variables para los actuadores y sus pines de salida de información correspondiente.

Imagen 3. 11 Asignación de variables al algoritmo para el circuito de control del módulo 1.



```
void setup() {  
  
  //se declaran como entradas  
  
  pinMode (SNmT1, INPUT);  
  pinMode (SNMT1, INPUT);  
  pinMode (SNmT2, INPUT);  
  pinMode (SNMT2, INPUT);  
  pinMode (SNC1, INPUT);  
  pinMode (SNC2, INPUT);  
  
  //salidas  
  pinMode (bomba1, OUTPUT);  
  pinMode (bomba2, OUTPUT);  
  
}
```

En la sección del void setup() del código se configuran las variables de entrada y salida. Por ejemplo, los sensores mencionados anteriormente serán utilizados como variables de entrada ya que, por medio de estos, el microcontrolador sabrá los niveles de agua de tinacos y cisternas.

Las variables de salida son señales que proporciona el microcontrolador como respuesta a la información procesada, dichas señales se verán reflejadas en los actuadores, es decir, en las bombas de agua.

```
void loop() {  
  
  V_SNmT1=digitalRead(SNmT1);  
  V_SNMT1=digitalRead(SNMT1);  
  V_SNmT2=digitalRead(SNmT2);  
  V_SNMT2=digitalRead(SNMT2);  
  V_SNC1=digitalRead(SNC1);  
  V_SNC2=digitalRead(SNC2);  
  
  if ((V_SNmT1==LOW) && (V_SNC1==HIGH))  
  {  
    digitalWrite (bomba1, HIGH);  
  }  
  
  if((V_SNMT1==HIGH) || (V_SNC1==LOW))  
  {  
    digitalWrite (bomba1, LOW);  
  }  
  
}
```

En la sección del void loop(), se coloca el algoritmo construido con las instrucciones que recibirá el microcontrolador para la manipulación de los actuadores y la recepción de información por parte de los sensores.

Cabe mencionar que todo el código colocado en esta sección será ejecutado de forma cíclica, de tal forma que siempre que el controlador se encuentre energizado, este algoritmo estará en funcionamiento en todo momento.

En esta primera parte del void loop(), se muestra el algoritmo que describe el funcionamiento del censado del tinaco 1 y cisterna 1. Esta parte se puede resumir mencionando que mientras SNC1 este en estado alto, el tinaco 1 siempre dispondrá de agua si así lo requiere, lo anterior se sabrá cuando SNmT1 se encuentre en estado bajo, por lo que para llenarlo se activará la bomba 1 en estado alto.

```
if ((V_SNmT2==LOW) && (V_SNC2==HIGH))  
{  
  digitalWrite (bomba2,HIGH);  
}  
  
if ((V_SNMT2==HIGH) || (V_SNC2==LOW))  
{  
  digitalWrite (bomba2,LOW);  
}  
}
```

Imagen 3. 12 Código que se ejecuta de forma cíclica para el módulo 1.

Del mismo modo que para el tinaco 1 y cisterna 1, esta sección del algoritmo cargado en el microcontrolador permite el llenado del tinaco 2, si y solo si el estado de SNC2 es alto, ya que esta información indica que la cisterna 2 (para agua de lluvia) contiene agua que puede ser transportada al tinaco 2, de lo contrario si C2 no contiene agua y la bomba se activa para el llenado del tinaco, puede provocar daños por sobrecalentamiento ya que ésta trabajaría en vacío.

Una vez que SNMT2 indique que el tinaco 2 ya está lleno, esto mediante un pulso en estado alto, el microcontrolador desactivará a la bomba 2 para evitar derrames de agua.

3.5.2 Módulo 2.

Se realiza la conexión de los tinacos elevados (T1 y T2) con los muebles que se requieren alimentar, es decir, calentador de agua, W.C., lavamanos, regadera, lavadero, lavarropa y tarja de la cocina, conectando a su vez las respectivas electroválvulas que cambian el flujo del agua por las diferentes tuberías según se necesite y lo dispongan los tinacos elevados.

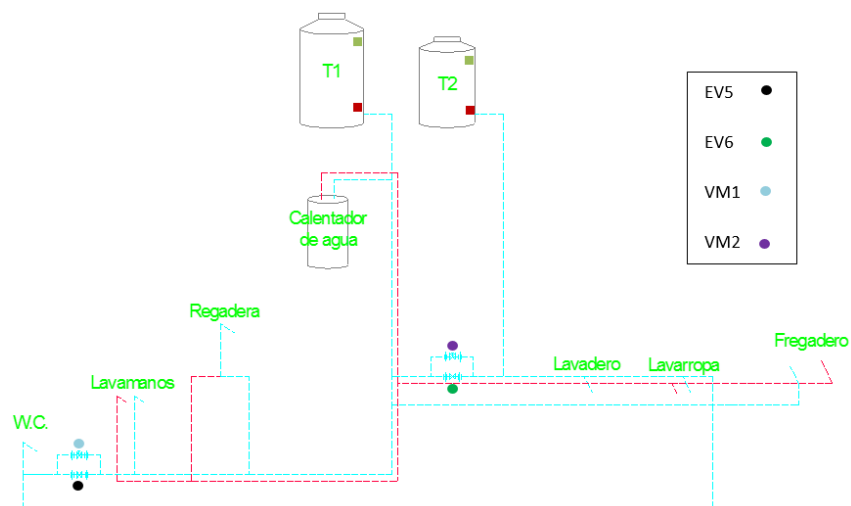


Imagen 3. 13 Conexión hidráulica para la alimentación de los muebles del hogar desde los tinacos.

3.5.2.1 Funcionamiento del módulo 2.

En el esquema de la figura 3.13 se observa la conexión de los tinacos T1 y T2 con los diferentes muebles a alimentar, comenzando con T1 siendo éste el depósito de agua potable, esta conexión sería el principal considerando que no siempre se tendrá agua pluvial en T2, por tal motivo las electroválvulas EV1 y EV2 por defecto siempre estarán en estado abierto para que exista un flujo de agua sin restricciones en los muebles anteriormente mencionados.

De forma diferente, cuando T2 tenga almacenada agua de lluvia, el estado de EV1 y EV2 será cerrado, impidiendo el flujo de agua proveniente de T1 exclusivamente en las terminales W.C., lavadero y lavarropa, de aquí que estos muebles sean alimentados por el agua proveniente de T2.

En este módulo la ausencia de energía eléctrica si puede tener consecuencias en cuanto a la alimentación de los muebles, ya que las electroválvulas que se utilizan son normalmente cerradas, sí EV1 y EV2 no están energizadas su estado será el de por defecto (cerrado) obstruyendo el flujo de agua proveniente de T1, por lo que si T2 no tiene agua almacenada las terminales del W.C., lavadora y lavarropa se quedarían sin agua, en el caso específico del lavarropa no existe inconveniente alguno (debido a la ausencia de electricidad), sin embargo, para las dos opciones restantes si las hay mientras T1 tenga agua en su interior, por tal motivo se ha propuesto colocar dos válvulas manuales de esfera, una para cada electroválvula como mecanismos de emergencia, con el objetivo de crear un puente evitando tener una única vía de flujo de agua.

3.5.2.2 Diagrama de flujo.

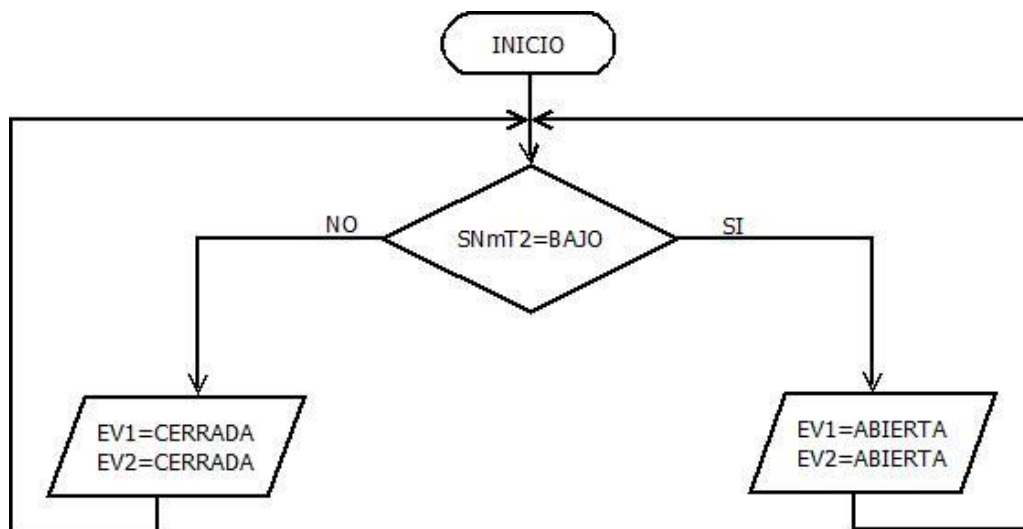


Imagen 3. 14 Diagrama de flujo para módulo 2.



3.5.2.4 Algoritmo para módulo 2.

```
int SNmT2
int V_SNmT2=0;

int E1V2=A1;//electrovalvulas

void setup()
{
  pinMode (SNmT2, INPUT);
  pinMode (E1V2, OUTPUT);
}

void loop()
{
  V_SNmT2=digitalRead (SNmT2);

  if (V_SNmT2==LOW)
  {
    digitalWrite (E1V2, HIGH);
  }

  else
  {
    digitalWrite (E1V2, LOW);
  }
}
```

Imagen 3. 16 Algoritmo para circuito de control del módulo 2.

Para este segundo módulo, el algoritmo comienza declarando tres variables de tipo enteras, siendo estas: SNmT2, V_SNmT2 y E1V2, representando respectivamente el sensor de nivel de agua de la parte baja del tinaco 2, una variable que servirá para guardar los valores leídos del sensor mencionado y las electroválvulas 1 y 2.

Posteriormente en la sección del void setup(), se define el SNmT2 como el dispositivo que proporciona valores de entrada al microcontrolador y E1V2 como los actuadores que reflejarán las señales de salida.

En la sección del void loop(), primero se ocupará la variable V_SNmT2 para guardar las lecturas de la variable SNmT2, posteriormente se crea una condicional que establece que si el sensor de nivel señala que el tinaco 2 no contiene agua, las electroválvulas recibirán un pulso de energía constante de modo que estas se activen para dejar fluir el agua a través de ellas. Si la condición no se cumple, las electroválvulas se mantendrán cerradas.



3.5.2.5 Algoritmo completo para módulo 1 y 2.

Como se mencionó anteriormente, la explicación de los módulos 1 y 2 se ha hecho de forma separada para su mejor comprensión, sin embargo, la ubicación de los dispositivos y la utilización de los pines de trabajo de la tarjeta de desarrollo, permiten que ambos módulos puedan programarse en un solo microcontrolador, a diferencia de los módulos 3 y 4 cuya distribución en el diseño de la casa no permite que ambos compartan el mismo controlador.

```
int SNmT1=2;
int SNMT1=3;
int SNmT2=4;
int SNMT2=5;
int SNC1=6;
int SNC2=7;

int V_SNmT1=0;
int V_SNMT1=0;
int V_SNmT2=0;
int V_SNMT2=0;
int V_SNC1=0;
int V_SNC2=0;

int bomba1=9;
int bomba2=10;
int E1V2=A1;//electrovalvulas

void setup()
{
//se declaran como entradas

pinMode (SNmT1, INPUT);
pinMode (SNMT1, INPUT);
pinMode (SNmT2, INPUT);
pinMode (SNMT2, INPUT);
pinMode (SNC1, INPUT);
pinMode (SNC2, INPUT);

//salidas
pinMode (bomba1, OUTPUT);
pinMode (bomba2, OUTPUT);
pinMode (E1V2, OUTPUT);
}

void loop() {

V_SNmT1=digitalRead(SNmT1);
V_SNMT1=digitalRead(SNMT1);
V_SNmT2=digitalRead(SNmT2);
V_SNMT2=digitalRead(SNMT2);
V_SNC1=digitalRead(SNC1);
V_SNC2=digitalRead(SNC2);

if ((V_SNmT1==LOW) && (V_SNC1==HIGH))
{
digitalWrite (bomba1, HIGH);
}

if((V_SNMT1==HIGH) || (V_SNC1==LOW))
{
digitalWrite (bomba1, LOW);
}

if ((V_SNmT2==LOW) && (V_SNC2==HIGH))
{
digitalWrite (bomba2, HIGH);
}

if (V_SNmT2==LOW)
{
digitalWrite (E1V2, HIGH);
}

else
{
digitalWrite (E1V2, LOW);
}

if((V_SNMT2==HIGH) || (V_SNC2==LOW))
{
digitalWrite (bomba2, LOW);
}
}
```

Imagen 3. 17 Algoritmo completo para circuito de control que comprende a los módulos 1 y 2.

3.5.3 Módulo 3.

Representa principalmente la etapa en donde dos sensores de lluvia estarán proporcionando datos al microcontrolador, que a su vez éste procesará la información para controlar las electroválvulas que conducirán o no, el agua pluvial recolectada a la cisterna correspondiente. Véase imagen 3. 18.

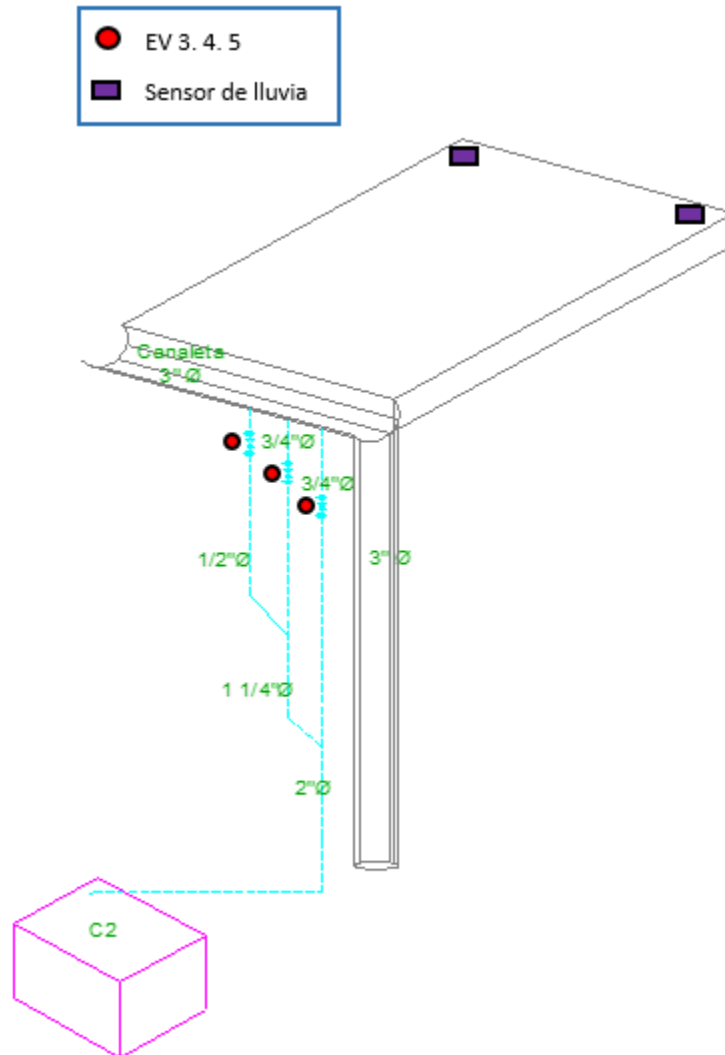


Imagen 3. 18 Conexión hidráulica para la recolección de agua de lluvia.



3.5.3.1 Funcionamiento del módulo 3.

En la imagen 3.18 se visualiza el área de captación de agua pluvial, la canaleta de recolección y la tubería de distribución. La canaleta es formada por un tubo de CPVC de 3" de diámetro que servirá como ducto y principal medio de recolección.

Este módulo contempla dos sensores de lluvia, los cual enviarán una señal al microcontrolador para que mantenga a las electroválvulas cerradas en los primeros 3 minutos de lluvia, lo que servirá para que la superficie de captación se limpie de residuos en 2 etapas:

- El primero con una malla colocada en la tubería de recolección que funcionará como un filtro para separar los residuos más grandes como basura u hojas.
- El segundo es para las partículas más pequeñas, en donde las electroválvulas se mantendrán cerradas los primeros 3 minutos de lluvia para que éstas sean desechadas con el agua que desemboca al jardín.

Posterior a los primeros 3 minutos, las electroválvulas se abren permitiendo el flujo de agua limpia la cual llegará a la cisterna correspondiente (C2).

El funcionamiento del sistema para la recolección del agua pluvial, comienza cuando los sensores detecten el agua de lluvia mandando una señal al microcontrolador, este último tendrá un contador de 3 minutos, con la finalidad de que el agua que caiga en este periodo de tiempo, sirva para limpiar de residuos toda el área de captación en donde los residuos más grandes quedarán atrapados en una malla, y el fluido con residuos pequeños serán enviados al jardín, aunque también existe la posibilidad de hacer que desemboque en la red de drenaje público. Posterior a los 3 minutos el controlador mandará por medio de pulsos eléctricos señales a 3 electroválvulas, 2 de 3/4" de diámetro y una de 1/2" colocadas de bajo de la canaleta. Es necesario mencionar que se optó por la cantidad de 3 electroválvulas ya que estas al final de la tubería forman un diámetro de 2" lo necesario para no saturar la canalización que desemboca en el depósito específico para el agua pluvial, y no por una electroválvula de este tamaño, ya que al ser más grande la hace mucho más costosa y robusta, por lo que para áreas pequeñas resultaría poco estético o complicado de instalar.

Cabe mencionar que este módulo depende en su totalidad con energía eléctrica, por lo que, en ausencia de ésta, las electroválvulas permanecerán cerradas impidiendo el paso de agua en caso de lluvia. Sin embargo, no se corre el riesgo de contaminación de agua en el depósito de almacenamiento (C2), reiterando que no existirá flujo de agua a través de las electroválvulas.

3.5.3.2 Diagrama de flujo.

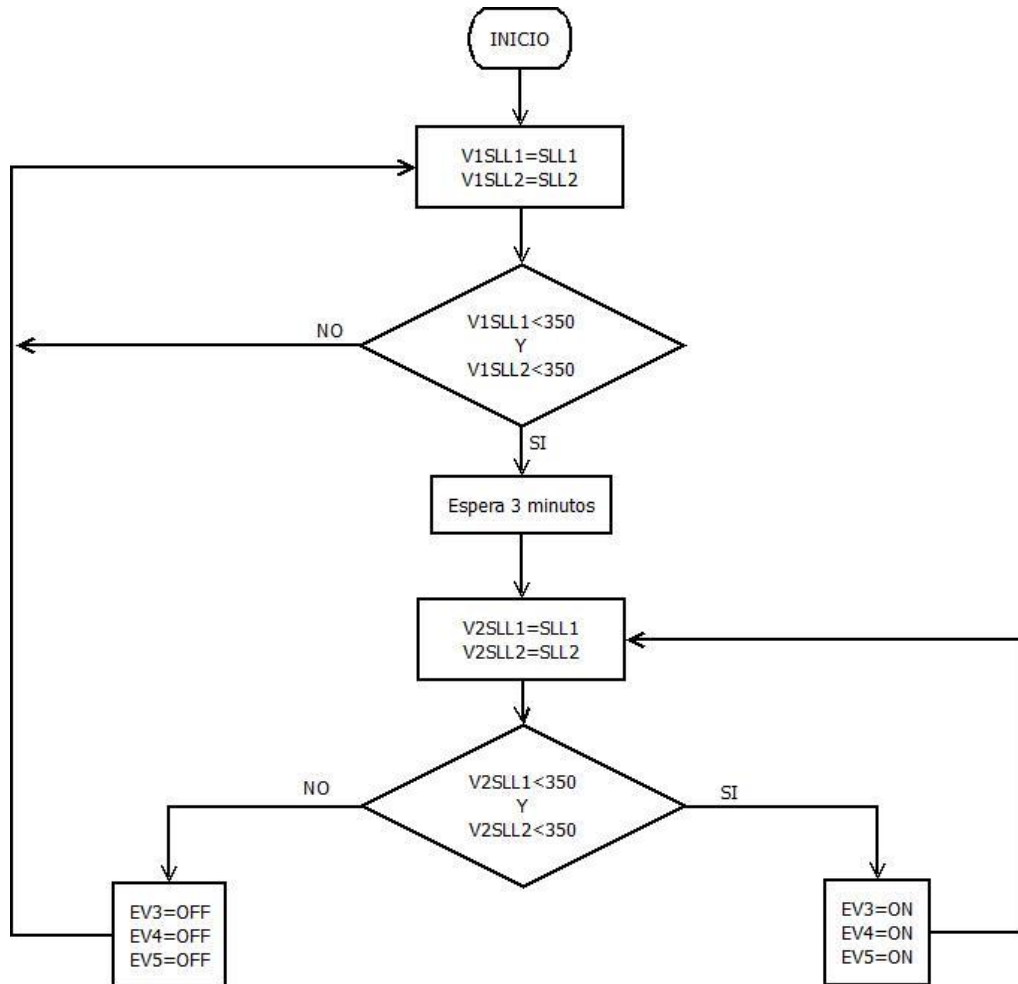


Imagen 3. 19 Diagrama de flujo para módulo 3.

3.5.3.3 Diagrama esquemático.

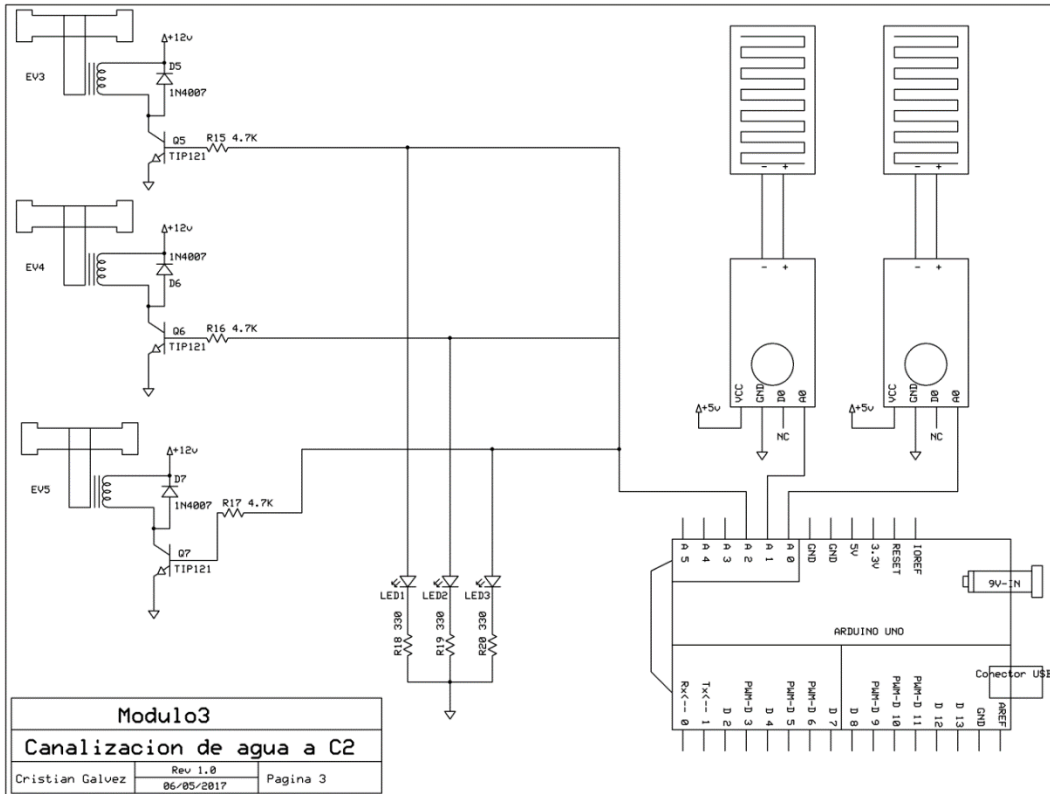


Imagen 3. 20 Diagrama esquemático para módulo 3.



3.5.3.4 Algoritmo para el módulo 3.

```
int SLL1=A0;  
int SLL2=A1;  
  
int V1SLL1 = 0;  
int V1SLL2 = 0;  
int V2SLL1 = 0;  
int V2SLL2 = 0;  
  
int EV=A2;
```

```
void setup()  
{  
  pinMode(SLL1, INPUT);  
  pinMode(SLL2, INPUT);  
  pinMode(EV, OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
}
```

Para este módulo se requieren de 2 sensores analógicos de detección de lluvia y 3 electroválvulas. Por lo anterior, en este código comenzamos colocando dos variables de tipo enteras, una para cada sensor de lluvia nombrándolos SLL1 y SLL2 asignándoles los pines de la tarjeta Arduino A0 y A1 respectivamente. Posteriormente se colocan 4 variables de tipo enteras, siendo estas V1SLL1, V1SLL2, V2SLL1 y V2SLL2; estas variables serán utilizadas como apoyo para guardar información. Una variable más (EV) que será ocupada para el control de las electroválvulas ubicada en el pin A2 de la tarjeta de desarrollo.

En la segunda parte del código, se establecerán las variables SLL1 y SLL2 como entradas y una única variable de salida correspondiente a EV. También se colocará una línea de código con la sentencia `Serial.begin(9600)`, usada para utilizar la herramienta de apoyo del IDE de Arduino conocida como **monitor serial**, en la cual se podrán visualizar datos que en el capítulo siguiente se describirán. Los 9600 hacen referencia a los baudios (González, 2017) que manejará el puerto serie de la tarjeta.

En el loop de este código, se colocan primeramente sentencias que permiten visualizar en el monitor serial información proporcionada por Arduino, cabe mencionar que estas sentencias usadas, no influyen directamente en el funcionamiento del sistema de captación de agua, es decir, la información proporcionada por el monitor serial del IDE, será únicamente para la interpretación del funcionamiento del código.

Primeramente, podremos ver en el monitor serial una etiqueta con la frase “Lectura de SLL1”, la cual es colocada en la primera línea y en la segunda, se coloca entre paréntesis la información contenida en la variable que queremos que nos muestre en la etiqueta colocada anteriormente, de la misma forma para las siguientes 2 líneas. La parte del delay indica que esta información la arrojará en intervalos de un segundo.

Para las 2 líneas siguientes, se establece que el microcontrolador leerá la información proporcionada por los sensores SLL1 y SLL2, para asignársela a las variables V1SLL1 Y V1SLL2 respectivamente, recordando que esta información es la que se verá en el monitor serial.



```
void loop()

{
  Serial.print("Lectura de SLL1:  ");
  Serial.println(V1SLL1);
  Serial.print("Lectura de SLL2:  ");
  Serial.println(V1SLL2);
  delay(1000);

  V1SLL1 = analogRead(SLL1);
  V1SLL2 = analogRead(SLL2);

  if ( (V1SLL1<350) && (V1SLL2<350) )
  {
    delay(180000);

    V2SLL1 = analogRead(SLL1);
    V2SLL2 = analogRead(SLL2);

    if ( (V2SLL1<350) && (V2SLL2<350) )
    {
      Serial.print("Lectura2 de SLL1:  ");
      Serial.println(V2SLL1);
      Serial.print("Lectura2 de SLL2:  ");
      Serial.println(V2SLL2);
      delay(1000);

      digitalWrite (EV, HIGH);
    }
  }

  else
  {
    digitalWrite (EV, LOW);
  }
}
```

Imagen 3. 21 Algoritmo para circuito de control del módulo 3.

Posteriormente se establece una condicional, en donde el microcontrolador comparará el valor de las variables leídas, y si ambas tienen un valor menor a 350 de un total de 1024, se inicializará un retardo de 3 minutos, para después tomar una nueva lectura de los sensores de lluvia y colocarlos en 2 nuevas variables (V2SLL1 Y V2SLL2) para realizar una segunda comparación, y si los valores proporcionados siguen siendo menores a 350, el microcontrolador activará las electroválvulas para que estas se abran y permitan el flujo de agua a través de la tubería para poder ser almacenada.

Sí para la primera condicional el valor no llega a ser menor a 350, las electroválvulas no se activarán y para la segunda condicional, si alguno de los sensores de lluvia no cumple con el mismo requerimiento las electroválvulas pasarán de un estado abierto a cerrado.

3.5.4 Módulo 4.

En este último módulo, se trabaja directamente con la instalación hidráulica de la regadera, en donde un sensor de temperatura proporcionará información a un microcontrolador, para que a su vez este controle la apertura y cierre de 2 electroválvulas. Ver figura 3.22.

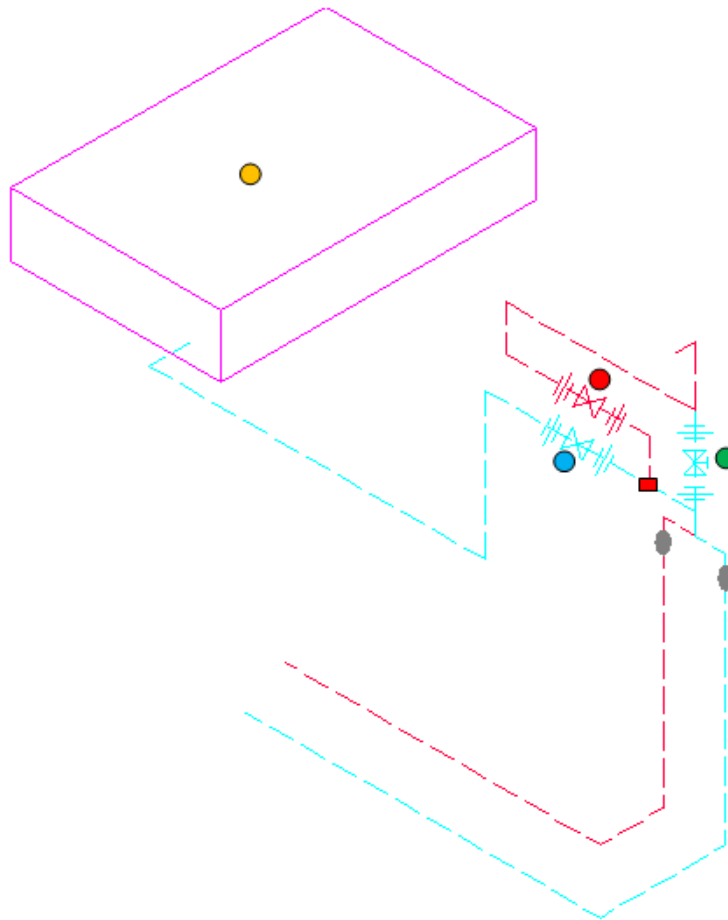


Imagen 3. 22 Instalación hidráulica para control de flujo de agua en la regadera.

- Depósito de desemboque para el reciclado del agua en la regadera.
- Válvula manual de emergencia.
- Electroválvula para el control de flujo de agua fría.
- Electroválvula para el control de flujo de agua templada.
- Sensor de temperatura para el control de las electroválvulas.



3.5.4.1 Funcionamiento del módulo 4.

En este módulo, se visualiza (figura 3.22) la configuración de la instalación hidráulica de una regadera, la cual cuenta con un sensor de temperatura y dos electroválvulas de 1/2" de diámetro como componentes principales, además del microcontrolador.

Muchas veces cuando nos metemos a bañar, solemos abrir primeramente la llave del agua caliente, sin embargo, esta no sale hasta después de un tiempo, debido a que el agua que queda dentro de las tuberías se enfría y es la primera en salir por la regadera. Mientras eso sucede, el agua fría se va por la coladera del drenaje sin antes haber hecho uso de esta.

Por lo anterior, se propone agregar dos electroválvulas, las cuales serán accionadas con un microcontrolador que previamente se programará para que haga comparaciones de temperatura, una con la información que proporcione el sensor y otra con un rango de temperatura ya programado al microcontrolador, el cual será de los 18°C a los 37°C. Cuando al abrir la llave y comience a fluir el agua fría, el sensor enviará información al microcontrolador, para que la electroválvula de control de agua templada (EV 6) se cierre y la de agua fría (EV 7) se abra.

Con la finalidad de que el agua fría no caiga a la red de drenaje, esta será conducida a un contenedor de agua potable, el cual se recomienda sea el más cercano a la regadera, por ejemplo, debido al diseño que tiene esta casa para la cual se analiza el proyecto, la cisterna de agua potable se encuentra a 15 metros aproximadamente de la regadera y a solo 3 metros del contenedor del lavadero, por lo que resulta más barato dirigir el agua de la regadera a este contenedor que al de la cisterna. Sin embargo, puede ser cualquiera de los dos ya mencionados o si se cuenta con algún otro puede ser opción, quedando a criterio del encargado del diseño.

Después de que se va adquiriendo agua con temperatura mayor, es decir cuando el agua cumpla con el rango que se le proporcionó al microcontrolador (18-37°C), este último hará que la EV 7 para agua fría se cierre, y la EV 6 para el agua templada se abra, permitiendo que esta salga por la regadera.

La ausencia de energía eléctrica influye en el funcionamiento de este módulo debido a que, si en algún momento el sistema se queda sin energía, ambas electroválvulas quedaran cerradas impidiendo cualquier posible flujo de agua. Por tal motivo es necesario colocar una válvula manual de emergencia, como la que se muestra en la imagen anterior. Esta última válvula siempre tendrá que estar cerrada cuando el sistema opere de manera normal, mientras que, si hay ausencia de energía eléctrica, esta tendrá que abrirse para permitir el flujo de agua hacia la regadera.

3.5.4.2 Diagrama de flujo.

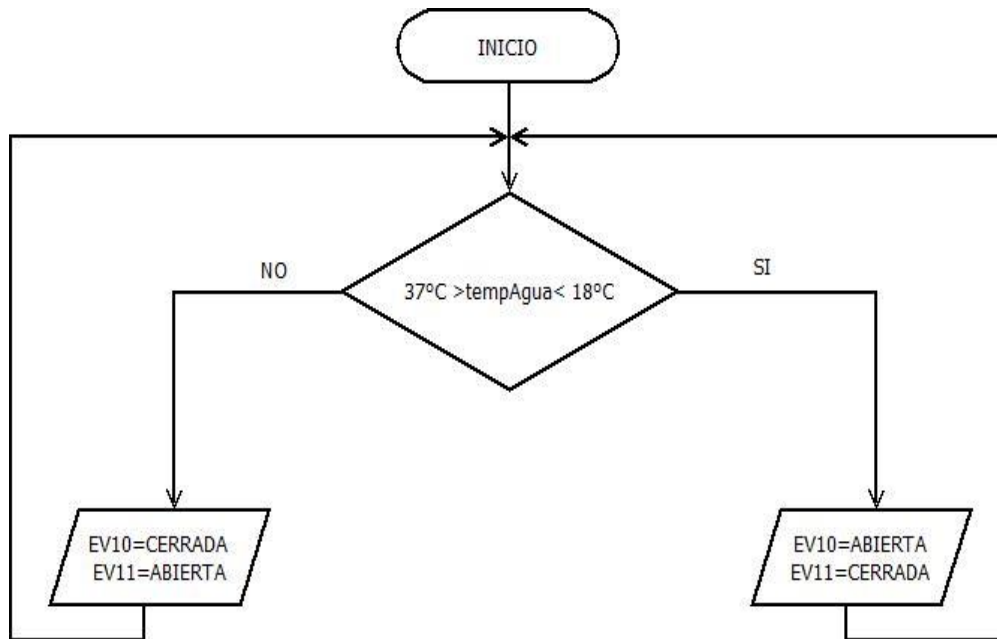


Imagen 3. 23 Diagrama de flujo para módulo 4.

3.5.4.3 Diagrama esquemático.

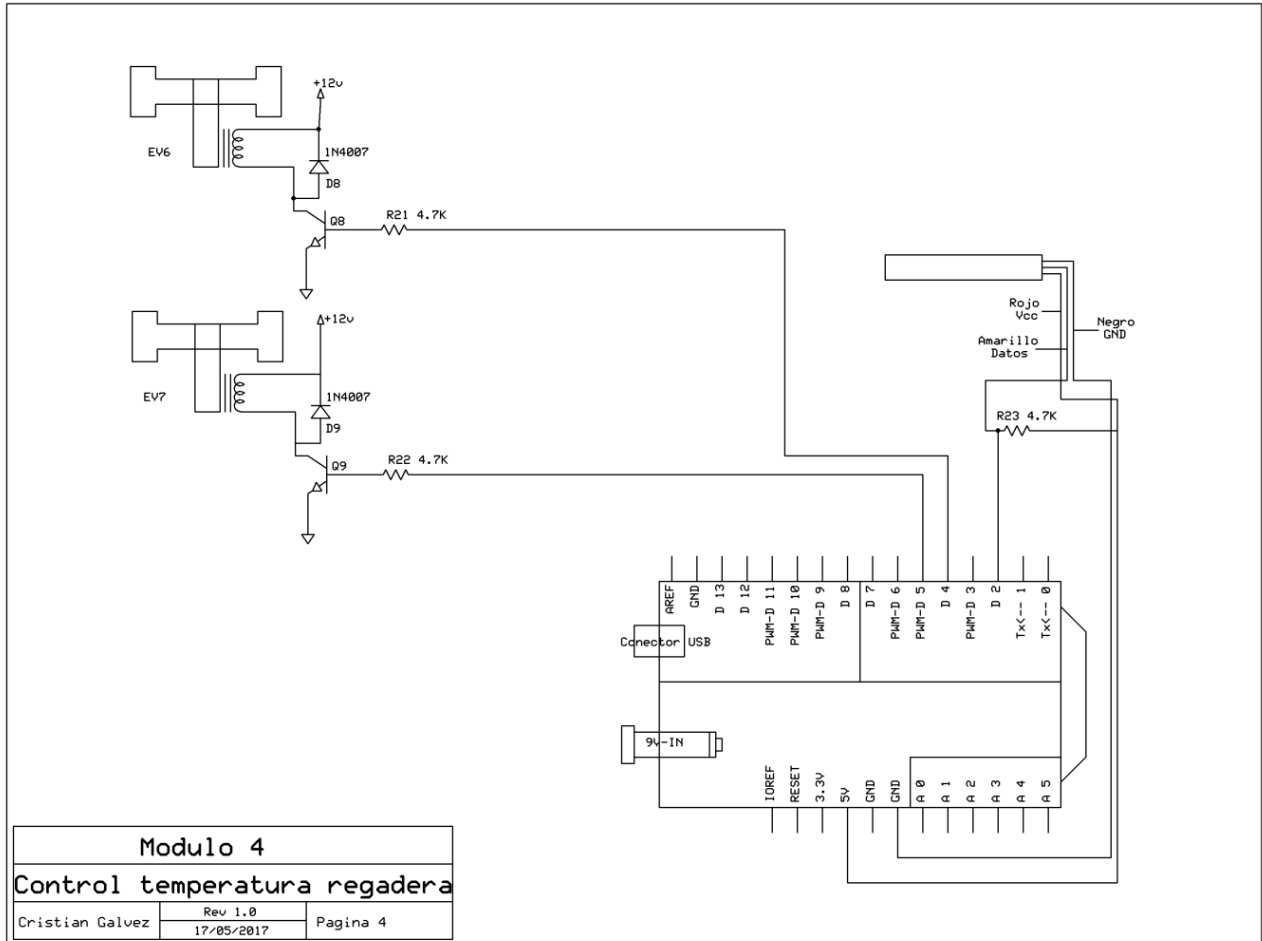


Imagen 3. 24 Circuito esquemático para el módulo 4.



3.5.4.4 Código para módulo 4.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define pinDatos 2
int EV10=4;
int EV11=5;
float temp=0;
OneWire ourWire(pinDatos);

DallasTemperature sensors(&ourWire);

void setup() {
  //delay(1500);
  sensors.begin();
  pinMode(EV10,OUTPUT);//EV para agua templada
  pinMode(EV11,OUTPUT);//EV para agua fria
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures();
  temp=sensors.getTempCByIndex(0);

  if((temp>18)&&(temp<37))
  {
    digitalWrite(EV10,HIGH);
    digitalWrite(EV11,LOW);
  }

  else
  {
    digitalWrite(EV10,LOW);
    digitalWrite(EV11,HIGH);
  }
}
```

Imagen 3. 25 Algoritmo para circuito de control del módulo 4.

Para este módulo se utilizará un sensor de temperatura (ds18b20) de características especiales, por lo que será necesario instalar 2 librerías, las cuales son OneWire y DallasTemperature. Una vez instaladas, se agregarán como parte del algoritmo.

Posteriormente, se definen las variables que se utilizarán y los pines que ocuparán en la placa de Arduino.

En la sección void setup(), se activa el sensor de temperatura y se definen las electroválvulas 10 y 11 como actuadores, que reflejarán las señales de salida proporcionadas por el microcontrolador.

Por último, en el void loop(), se inicializa la lectura del sensor de temperatura, para luego asignar el valor de este a la variable **temp**.

Se prosigue con la inclusión de una condicional, que servirá para el control de las electroválvulas.

Sí el sensor detecta una temperatura con el rango de 18°C a 37°C, el microcontrolador activará la electroválvula 10 al mismo tiempo que la 11 se queda en estado cerrado, con la finalidad de permitir el flujo de agua exclusivamente por la regadera. Sí no se cumple la condición anterior, la electroválvula 10 se encontrará cerrada, y la 11 se abrirá para que el agua que no cumpla con la temperatura indicada en el microcontrolador, fluya hacia un depósito de agua para su posterior aprovechamiento.



CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y

RESULTADOS

En este apartado, se describen las pruebas realizadas a nivel prototipo para la comprobación de que todo lo anteriormente mencionado, ha servido para el desarrollo de este trabajo. Cabe mencionar que el proyecto corresponde a la propuesta de un diseño; por lo que, para algunas pruebas, fue necesario reemplazar algunos dispositivos, aclarando que el funcionamiento de éstos cubre las mismas funciones que la de los dispositivos propuestos para su implementación en un hogar.

4.1 Pruebas y resultados del circuito de control del módulo 1.

Para las pruebas realizadas a este primer módulo y al siguiente, se implementaron interruptores de tipo DIP para modelar el comportamiento de los sensores de nivel de agua; la tabla 4.1 indica cómo fueron implementados, y que representan en el modelo a escala de pruebas.

Tabla 4. 1 Distribución de los sensores de nivel de agua en los diferentes interruptores.

Número de interruptor	Equivalente a Sensor de Nivel de Agua	Acotación
1	Sensor de nivel mínimo para tinaco de agua potable	SNmT1
2	Sensor de nivel máximo para tinaco de agua potable	SNMT1
3	Sensor de nivel mínimo para tinaco de agua de lluvia	SNmT2
4	Sensor de nivel máximo para tinaco de agua de lluvia	SNMT2
5	Sensor de nivel para cisterna de agua potable	SNC1
6	Sensor de nivel para cisterna de agua de lluvia	SNC2

Para realizar las pruebas de funcionamiento, tanto de dispositivos como de algoritmo, se implementó un circuito como el mostrado en la imagen 4.1:

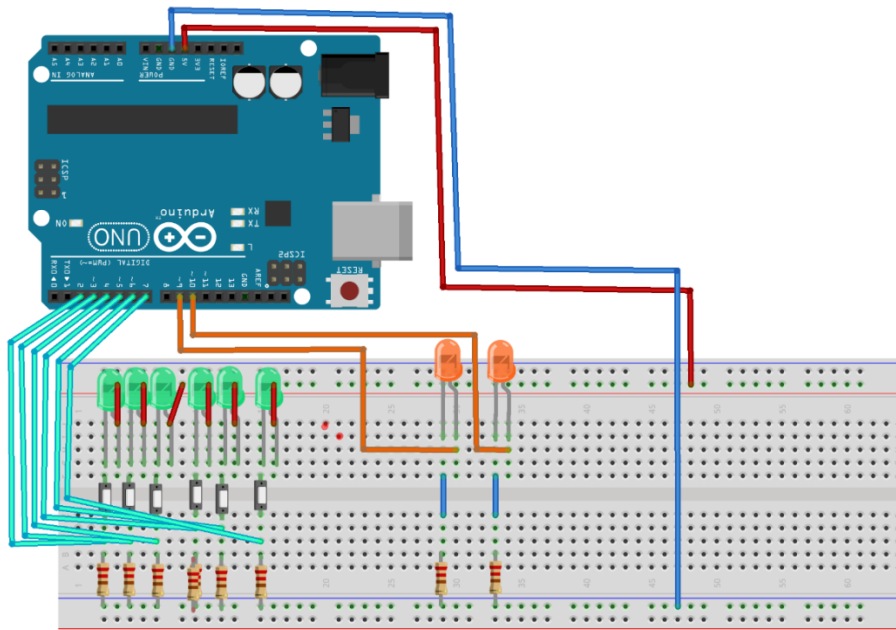


Imagen 4. 1 Circuito de control para el módulo 1.

La figura anterior está formada por la placa Arduino y seis LED de color verde, que funcionan como indicadores para mostrar cuando los sensores de nivel de agua se encuentran en estado alto, seis interruptores que para las pruebas suplen a los sensores de nivel de agua y dos LED de color naranja utilizados como indicadores para las dos bombas de agua, además de ocho resistencias de 330 Ω para la protección de cada uno de los LED.

Las pruebas realizadas a este primer módulo consisten en la activación y desactivación de los interruptores, recordando que estos toman el lugar de los sensores de nivel de agua; se realizan las diferentes combinaciones a éstos, para observar en los indicadores, los estados que tendrían las electroválvulas, poniendo a prueba el funcionamiento del algoritmo y visualizando que, para todas aquellas combinaciones programadas, el funcionamiento del circuito es el adecuado.

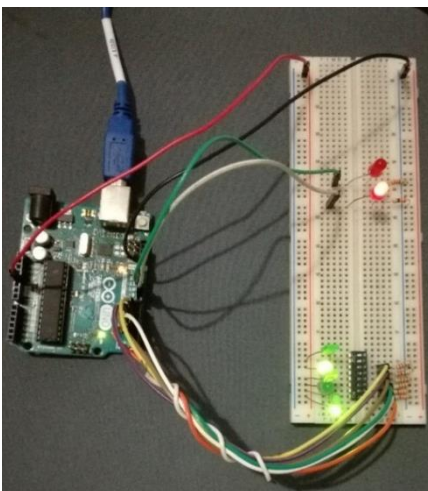


Imagen 4. 2 Prueba de activación de la bomba 1

Se observó un correcto funcionamiento en el encendido de las bombas de agua, respondiendo a las indicaciones de los estados de los interruptores. El apagado de los LED referentes a las bombas, también se considera óptimo, ya que en las pruebas realizadas se visualizó que cuando los sensores de nivel indican que los tinacos están llenos, o cuando algún sensor de nivel de alguna cisterna que abastece al tinaco correspondiente, indica que ya no se cuenta con agua; los indicadores cambiaron de estado a apagados, emulando así la desactivación de las bombas de agua. Con esto se cumplieron las diferentes circunstancias en las que se pueda encontrar este módulo.



En la imagen 4.2 se visualiza, por ejemplo, que el sensor de nivel de la cisterna de agua potable, detecta nivel suficiente para abastecer al tinaco correspondiente, por lo que se activa la bomba 1.

A continuación, se muestran las tablas (4.2 y 4.3) que reflejan los resultados obtenidos durante la prueba al encendido y apagado de los indicadores, que representan a las bombas hidráulicas y los estados de los sensores de nivel de agua:

Tabla 4. 2 Pruebas a mecanismos para el agua potable.

Pruebas a mecanismos para el agua potable			
Estado de los sensores de nivel de agua			Estado de la bomba
SNmT1	SNMT1	SNC1	Bomba 1
Apagado	Apagado	Apagado	Apagado
Apagado	Apagado	Encendido	Encendido
Encendido	Apagado	Encendido	Encendido
Encendido	Encendido	Encendido	Apagado
Encendido	Apagado	Apagado	Apagado

Tabla 4. 3 Pruebas a mecanismos para el agua de lluvia.

Pruebas a mecanismos para el agua de lluvia			
Estado de los sensores de nivel de agua			Estado de la bomba
SNmT2	SNMT2	SNC2	Bomba 2
Apagado	Apagado	Apagado	Apagado
Apagado	Apagado	Encendido	Encendido
Encendido	Apagado	Encendido	Encendido
Encendido	Encendido	Encendido	Apagado
Encendido	Apagado	Apagado	Apagado

Debido a que el sistema de la dotación de agua potable al tinaco correspondiente, se rige de la misma forma que la del agua de lluvia, las tablas de resultados son iguales; aunque cabe señalar que ambos sistemas son totalmente independientes, es decir, el abastecimiento de agua a los tinacos puede ocurrir de forma paralela sin problema alguno.

4.2 Pruebas y resultados del circuito de control del módulo 2.

Para las diferentes pruebas a las que fue sometido este módulo, se requirió del armado de un circuito pequeño, tomando en cuenta que al final éste módulo termina programándose y convirtiéndose en un circuito completo con la combinación del módulo 1, como bien se menciona en el apartado 3.5.2.5.

El circuito correspondiente para éste módulo se muestra en la figura 4.3.

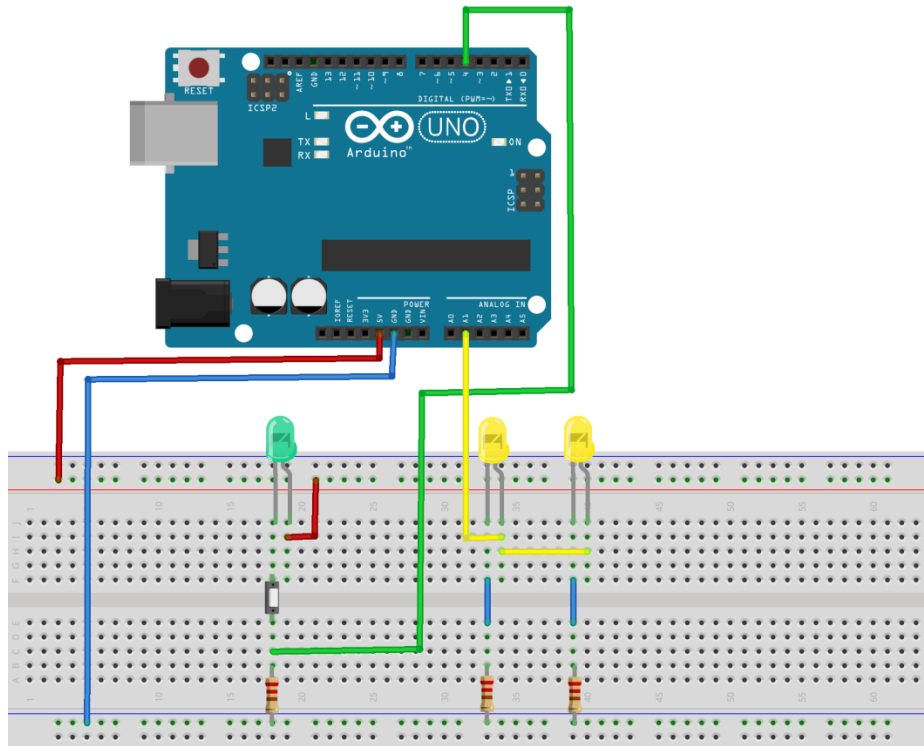


Imagen 4.3 Circuito de control para el módulo 2.

Este circuito se encuentra formado por un LED verde, que sirve como indicador para cuando el sensor de lluvia SNmT2 se encuentra en estado alto, un switch para controlar el LED mencionado, dos LED de color amarillo, usados como indicadores que reemplazan a las electroválvulas 1 y 2 y visualizar su estado, es decir, cuando los LED se muestran encendidos, se interpreta que las electroválvulas se encontrarán abiertas, y en caso contrario, si los LED se muestran apagados, se entenderá que las electroválvulas estarán cerradas. Por último, se necesitan 3 resistencias de 220Ω que sirven de protección para cada uno de los LED.

Para la obtención de los resultados de este módulo, se juega con la activación y desactivación del switch que sustituye al SNmT2, Las pruebas cumplieron satisfactoriamente al algoritmo propuesto.

En la imagen 4.4 se visualiza el LED verde apagado, el cual muestra que el SNmT2 detecta que el tinaco de almacenamiento para el agua de lluvia se encuentra vacío, por lo que las electroválvulas deberán tener un estado abierto, para permitir el flujo de agua proveniente del tinaco de agua potable hacia los muebles. El estado de las electroválvulas se ve reflejado en el encendido de los LED amarillos en la misma imagen.

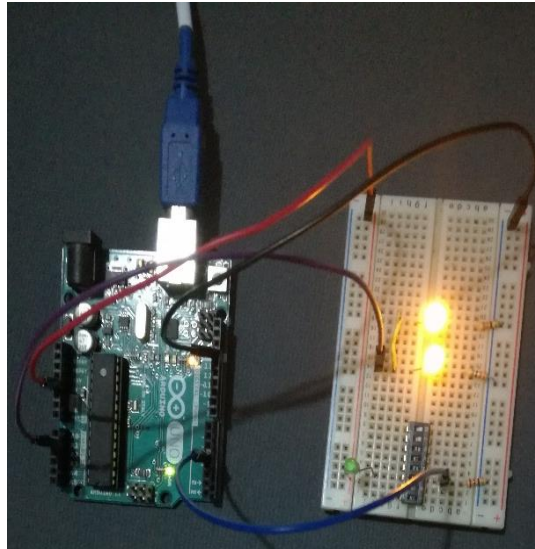


Imagen 4. 4 Indicadores muestran el estado abierto de las electroválvulas.

De forma contraria, cuando el SNmT2 detecta que el tinaco contiene agua (LED verde encendido), las electroválvulas tendrán que cerrarse y esto se ve reflejado con los indicadores apagados, (ver figura 4.5). Respondiendo así de forma satisfactoria en las pruebas realizadas a este segundo módulo.

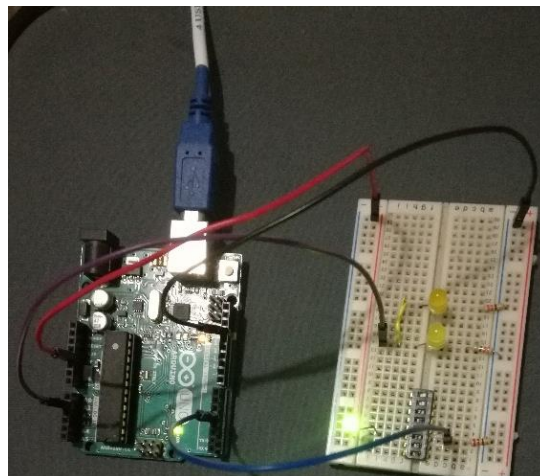


Imagen 4. 5 Indicadores muestran el estado cerrado de las electroválvulas.

4.3 Pruebas y resultados del circuito de control en conjunto entre módulos 1 y 2.

Como se ha descrito anteriormente, el funcionamiento de los módulos 1 y 2 se puede apreciar de manera completa, conjuntando ambos módulos en un solo circuito y en un solo algoritmo. A continuación, se muestra la figura 4.6, que describe el circuito completo entre los módulos 1 y 2:

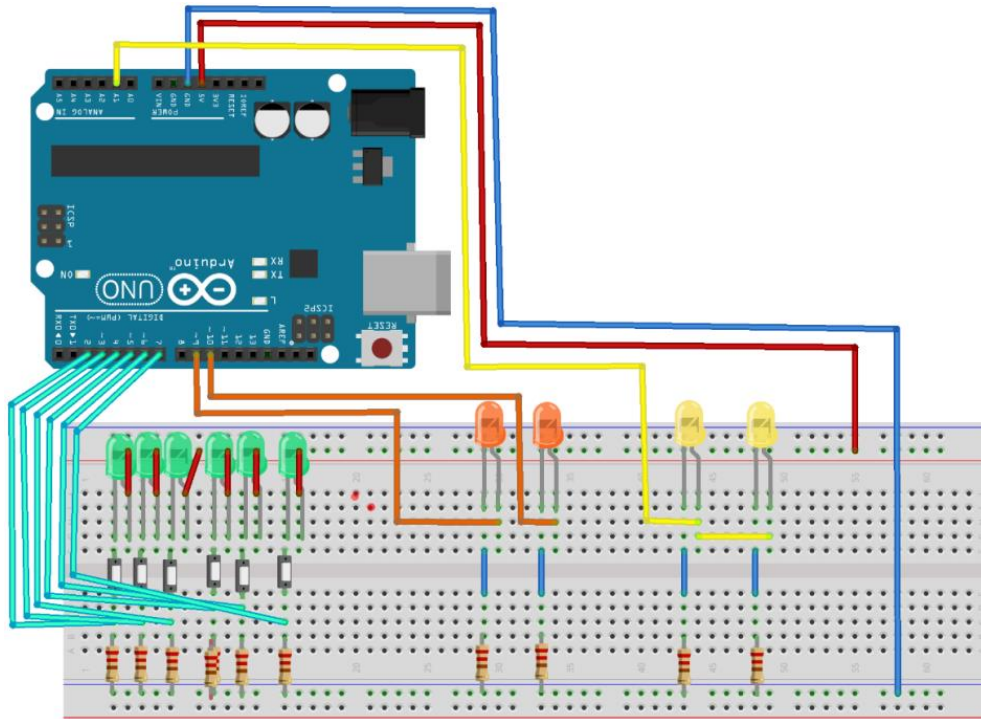


Imagen 4. 6 Circuito de control completo para el módulo 1 y 2.

Esta unión de módulos, tiene como finalidad crear un circuito más completo y robusto que permitiría un ahorro de espacio y de componentes, ya que el diseño de la instalación permite tanto en código como en componentes, la instalación de ambos módulos, de tal forma que estos se puedan implementar en uno solo.

Los resultados obtenidos se muestran de manera exitosa y para explicarlos se toma como apoyo las siguientes imágenes (4.7 y 4.8) :

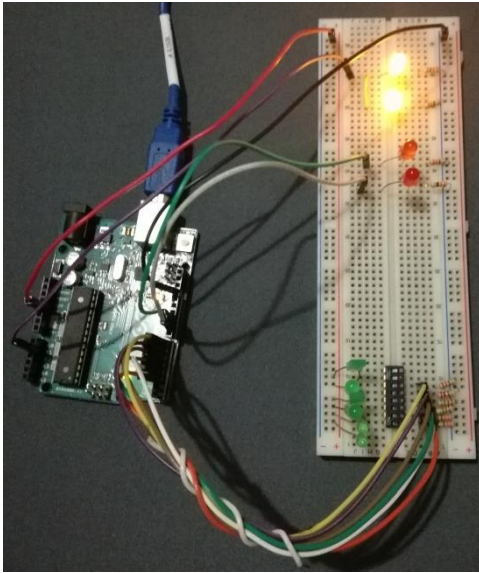


Imagen 4. 7 Interruptores muestran cisternas vacías, bombas apagadas y electroválvulas abiertas.

Los dispositivos usados son los mismos que los mencionados anteriormente en los apartados 4.1 y 4.2, en donde sobre la placa de pruebas, se observan los 6 interruptores, 6 indicadores de color verde para la visualización del estado de los sensores de nivel de agua, dos LED rojos sustituyendo a las bombas hidráulicas (módulo 1) y dos LED más de color amarillo para observar el estado de las electroválvulas (módulo 2).

En la imagen 4.7 se observa principalmente que los interruptores correspondientes a SNC1 y SNC2 (interruptores 5 y 6 respectivamente) se encuentran desactivados, indicando que las cisternas de almacenamiento se encuentran vacías, por lo que no hay forma de que alguna de las bombas de agua se

encuentren encendidas, tal como se muestra en la imagen, los LED de color rojo se mantienen apagados. Además, también se visualiza que los indicadores para las electroválvulas (LED amarillos) se encuentran

encendidos, esto demostrando que SNmT2 no registra señal alguna de que el tinaco para agua de lluvia contenga agua, permitiendo el flujo de esta (en caso de haber) proveniente del tinaco para el agua potable por las electroválvulas que se encuentran en estado abierto.

En otra de las pruebas (ver figura 4.8), se observa que el indicador número 6 se encuentra encendido, por lo que se interpreta que el SNC2 se encuentra activo al mismo tiempo que el interruptor número 3 (SNmT2) se encuentra inactivo, interpretando así, que existen las combinaciones necesarias para la activación de la bomba 2.

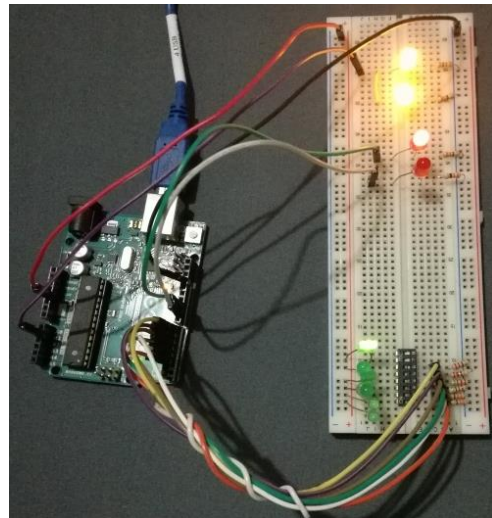


Imagen 4. 8 SNC2 se muestra activo y SNmT2 inactivo, bomba 2 enciende y las electroválvulas se mantienen abiertas.

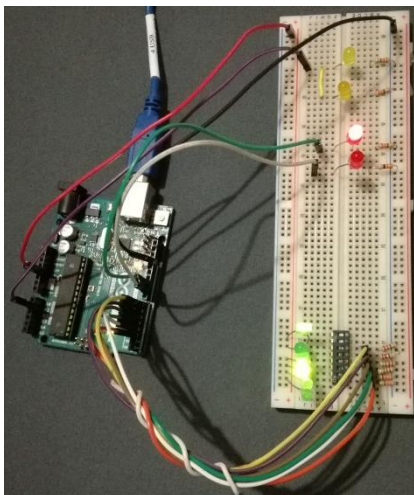


Imagen 4. 9 Activación del SNmT2 para el abastecimiento de los muebles. Electroválvulas 1 y 2 se cierran y bomba 2 se mantiene encendida.

Siendo que la bomba 2 se ha activado distribuyendo agua al tinaco correspondiente, se activa el SNM2, sabiendo así que existe el suficiente líquido para abastecer a los muebles, por lo que los indicadores correspondientes a las electroválvulas 1 y 2 (figura 4.9) se apagan, interpretando que estas se encuentran cerradas, impidiendo el flujo de agua proveniente del tinaco 1 y si permitiendo el abastecimiento de agua a los muebles con el líquido del tinaco 2.

Por último, una vez que el SNM2 se ha activado (interruptor 4), sabemos que el tinaco 2 ha sido llenado en su totalidad, por lo que la bomba 2 se apaga tal y como se muestra en la imagen 4.10.

Mostrando con todo lo anterior los resultados obtenidos, observando así que tanto dispositivos como algoritmo establecido funcionan en su totalidad.

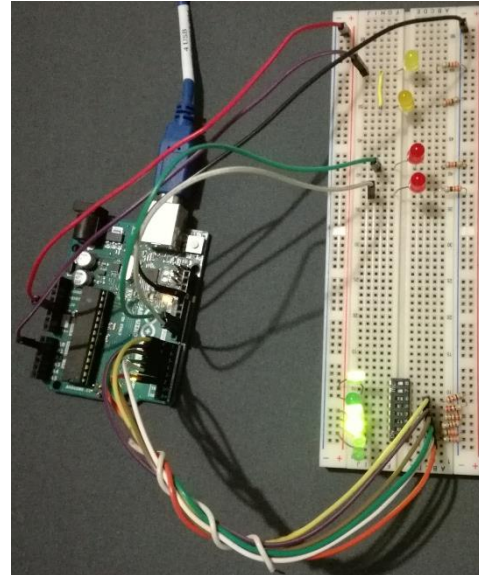


Imagen 4. 10 Tinaco 2 se llena, bomba 2 se apagada y electroválvulas se mantienen cerradas.

4.4 Pruebas y resultados del circuito de control del módulo 3.

Para el circuito del módulo 3, se requiere de dos sensores de lluvia, así como de 3 LED de color amarillo, usados como indicadores para visualizar el estado que tendrían las electroválvulas, siendo un estado abierto cuando los LED se encuentren encendidos; de forma contraria, si estos se encuentran apagados, las electroválvulas permanecerán cerradas. También se utilizan 3 resistencias de 220Ω como protección. Cabe mencionar que, para estas pruebas, los sensores de lluvia pueden ser sustituidos por potenciómetros, ya que estos al ser resistencias variables podrán tener resultados similares a los proporcionados por los sensores de lluvia. El armado de este circuito presenta las 2 placas de los sensores, sin embargo, para las pruebas se utilizó: un sensor y un potenciómetro como se muestra en la figura 4.11.

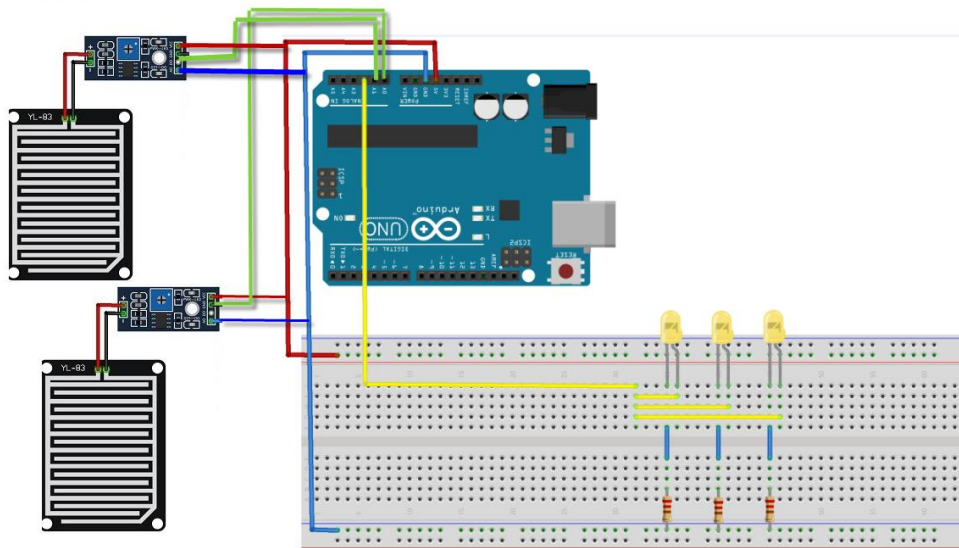


Imagen 4. 11 Circuito de control para el módulo 3.

Las pruebas a este circuito se basan principalmente en la variación de voltaje, tanto en el sensor de lluvia como en el potenciómetro, como herramienta de medición se utilizó el monitor serial del IDE de Arduino, con la finalidad de observar los resultados de manera más clara.

Como se ha descrito en el algoritmo de este módulo en el apartado 3.5.4.4, el microcontrolador proporciona valores que van de 0 a 1023, por lo que se deberán cumplir ciertas variables para lograr que las electroválvulas se abran permitiendo el flujo de agua a la cisterna correspondiente, lo anterior se logrará cuando el microcontrolador registre si y solo si, valores menores a los 350 en el rango anteriormente mencionado para ambos dispositivos (sensor de lluvia y potenciómetro), sí no se cumplen con las dos condiciones, las electroválvulas no se activarán.

A continuación, se muestran las 3 diferentes pruebas realizadas a este circuito con sus respectivos resultados:

En la primera prueba se coloca el potenciómetro a su nivel más alto de resistencia, con la finalidad de evitar el paso de corriente a través de él. En cuanto al sensor de lluvia, en esta prueba la placa se deja totalmente seca, como se muestra en la imagen 4.13. Recordando un poco del funcionamiento del sensor de lluvia mencionado en el apartado 2.12.1, solo cuando las pistas de la placa se encuentren mojadas, se creará un corto circuito controlado, con el fin de que el microcontrolador lea el voltaje en dicho dispositivo, por lo tanto, mientras la placa se encuentra seca, los valores serán los máximos (ver figura 4.12) no cumpliendo así con las condiciones para la apertura de las electroválvulas.

COM3 (Arduino/Genuino Uno)

```
Lectura1 de SLL2: 1022
Lectura1 de SLL1: 1023
Lectura1 de SLL2: 1021
Lectura1 de SLL1: 1022
Lectura1 de SLL2: 1023
Lectura1 de SLL1: 1023
Lectura1 de SLL2: 1023
Lectura1 de SLL1: 1023
Lectura1 de SLL2: 1023
Lectura1 de SLL1: 1023
Lectura1 de SLL2: 1023
Lectura1 de SLL1: 1023
Lectura1 de SLL2: 1023
Lectura1 de SLL1: 1023
Lectura1 de SLL2: 1023
Lectura1 de SLL1: 1023
Lectura1 de SLL2: 1023
```

Autoscroll

No cumple ninguna
condición

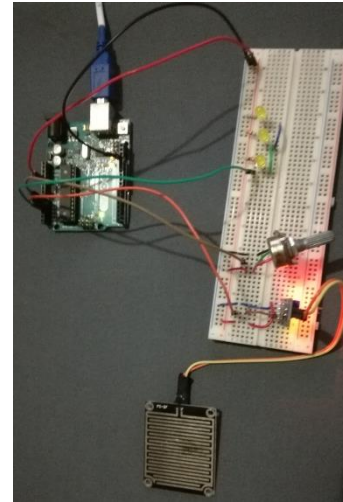


Imagen 4. 12 Lectura de condiciones en el monitor serial. Válvulas en estado cerrado.

Imagen 4. 13 Prueba con máxima resistencia en potenciómetro y placa del sensor de lluvia seca.

En la segunda prueba solo se trabaja con uno de los dos dispositivos, para esta prueba fue el potenciómetro el utilizado, disminuyendo el valor de la resistencia hasta proporcionar un valor menor a los 350, como se muestra en la figura 4.14.

COM3 (Arduino/Genuino Uno)

```
Lectura1 de SLL2: 999
Lectura1 de SLL1: 253
Lectura1 de SLL2: 999
Lectura1 de SLL1: 251
Lectura1 de SLL2: 1000
Lectura1 de SLL1: 252
Lectura1 de SLL2: 1000
Lectura1 de SLL1: 251
Lectura1 de SLL2: 1000
Lectura1 de SLL1: 251
Lectura1 de SLL2: 998
Lectura1 de SLL1: 252
Lectura1 de SLL2: 999
Lectura1 de SLL1: 251
Lectura1 de SLL2: 997
```

Autoscroll

Sólo se cumple una condición

Imagen 4. 14 Lectura de condiciones teniendo al potenciómetro con resistencia baja y sensor de lluvia seco.

Para la tercera prueba, se colocan gotas de agua sobre la placa del sensor de lluvia cubriendo ésta casi en su totalidad, proporcionando así un valor por debajo de los 350, cumpliendo así que ambos dispositivos muestren los valores requeridos necesarios (ver figura 4.15) para que las electroválvulas se abran.



```
COM3 (Arduino/Genuino Uno)

Lectura1 de SLL2: 379
Lectura1 de SLL1: 226
Lectura1 de SLL2: 366
Lectura1 de SLL1: 208
Lectura1 de SLL2: 366
Lectura1 de SLL1: 230
Lectura1 de SLL2: 392
Lectura1 de SLL1: 235
Lectura1 de SLL2: 399
Lectura1 de SLL1: 223
Lectura1 de SLL2: 388
Lectura2 de SLL1: 175
Lectura2 de SLL2: 324
Lectura1 de SLL1: 172
Lectura1 de SLL2: 333
```

Cumple ambas condiciones

Autoscroll

Imagen 4. 15 Lectura de condiciones teniendo al potenciómetro con resistencia baja y sensor de lluvia mojado.

Cabe recordar que, como medida de seguridad en la programación, se estipuló que una vez que los valores de los sensores sean menores a 350, deberán transcurrir 3 minutos y si se conservan los mismos valores será cuando las electroválvulas se abran como se muestra en la figura 4.16, en donde los indicadores amarillos se encuentran encendidos después de cumplir con ambas condiciones.

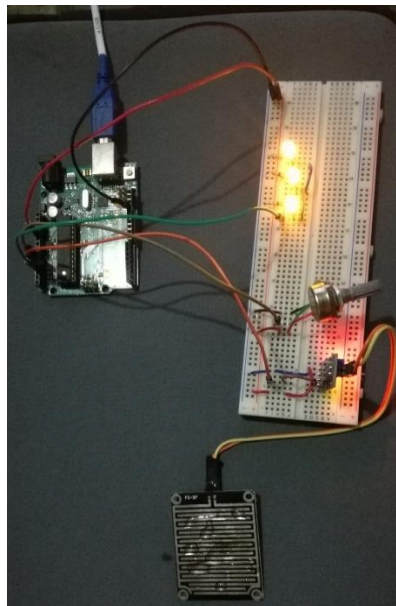


Imagen 4. 16 Cumplimiento de ambas condiciones y apertura de válvulas.

4.5 Pruebas al circuito del módulo 4.

Este circuito, para su construcción necesitó de dos LED, uno de color rojo, como indicador para la electroválvula que permitirá el flujo del agua templada, un LED más de color verde, indicando el estado de la electroválvula que controlará el flujo del agua fría, dos resistencias de protección de 220Ω para los indicadores, además de un sensor de temperatura ds18b20 de tipo encapsulado y una resistencia de $4.7k\Omega$ que reguló su corriente.

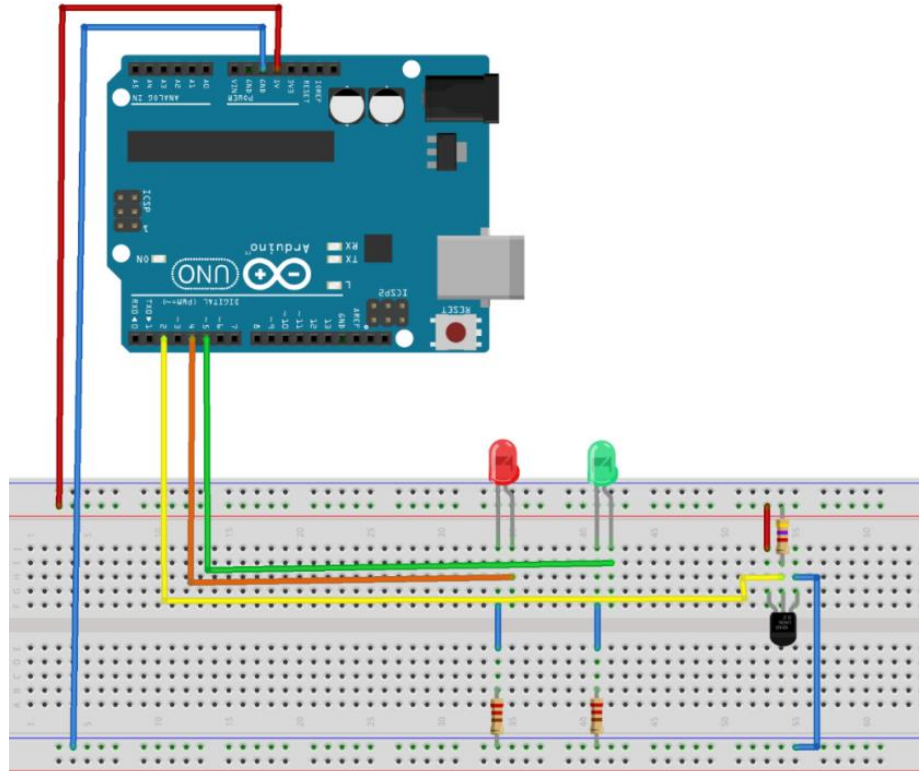


Imagen 4. 17 Circuito de control para el módulo 4.

Las pruebas a este circuito consistieron en elevar y disminuir la temperatura del sensor ds18b20 y observarla a través del monitor serial del IDE de Arduino, tal como se hizo en el módulo anterior, la diferencia estará en la información que se verá, ya que esta será la temperatura registrada por el sensor en grados centígrados.

Como se ha establecido en algoritmo correspondiente de este módulo, se sabe que si la temperatura registrada por el sensor esta fuera del rango establecido ($18^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$), el indicador que se encontrará activo será el de color verde.

La primera prueba consiste en medir la temperatura ambiente registrada por el sensor, tal como se muestra en la imagen 4.18.

En esta primera prueba, se observa mediante el monitor serial, una temperatura de 23.19 °C, siendo esta una temperatura que se encuentra dentro del rango establecido en el algoritmo de programación, el indicador encendido es el de color rojo representando a la electroválvula de control de flujo para el agua templada.

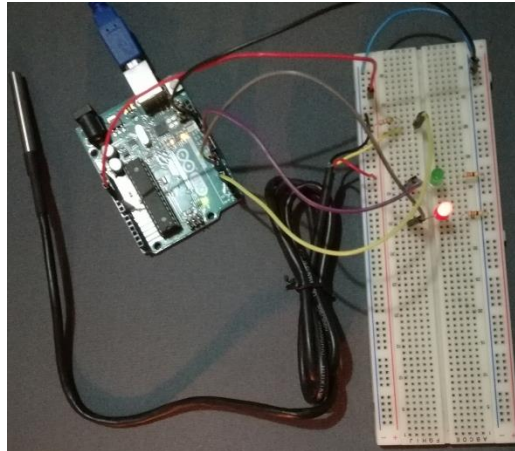


Imagen 4. 18 Medición de la temperatura ambiente.

En la imagen 4.19 se muestra el registro obtenido cada segundo por el sensor ds18b20 y mostrado por el monitor serial, siendo esta la temperatura ambiente.

COM3 (Arduino/Genuino Uno)

```
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.12 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.19 Grados Centigrados
23.12 Grados Centigrados
23.12 Grados Centigrados
23.12 Grados Centigrados
23.12 Grados Centigrados
```

Imagen 4. 19 Registros de la temperatura ambiente por el sensor ds18b20.

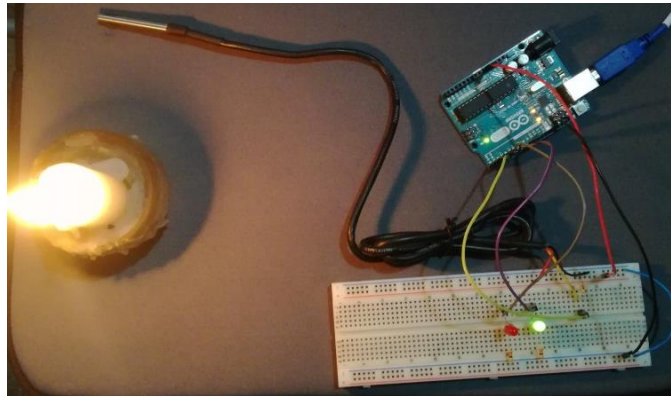


Imagen 4. 20 Aplicación de calor al sensor de temperatura.

Para una segunda prueba, se proporciona calor al sensor, reflejando temperaturas más elevadas que las del rango establecido en el monitor serial (ver imagen 4.20).

En la imagen 4.21 se observa que la temperatura registrada por el sensor, al acercarle una fuente de calor ronda los 40 ° C, saliendo del rango establecido, haciendo que el indicador rojo se apague y encendiendo el de color verde.

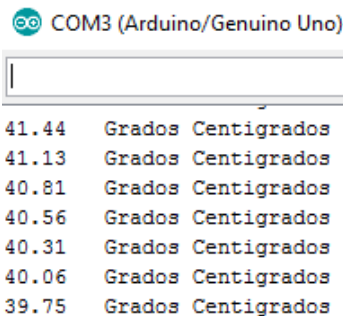


Imagen 4. 21 Registro de temperatura con la aplicación de calor.

Para la última prueba a este módulo, se disminuye la temperatura del sensor mediante la utilización de agua congelada.

Al realizar lo anterior, el monitor serial proporcionó temperaturas que rondan los 10 ° C como se observa en la imagen 4.22, por lo que esta se encuentra también fuera del rango, ocasionando que el indicador verde se active y el de color rojo se mantenga apagado (ver figura 4.23).

COM3 (Arduino/Genuino Uno)

9.06	Grados Centigrados
8.69	Grados Centigrados
8.94	Grados Centigrados
9.69	Grados Centigrados
10.31	Grados Centigrados
10.88	Grados Centigrados
10.44	Grados Centigrados
10.31	Grados Centigrados
10.75	Grados Centigrados
11.06	Grados Centigrados
10.50	Grados Centigrados
9.81	Grados Centigrados

Imagen 4.22 Registro de la disminución de temperatura aplicando frío con un hielo.

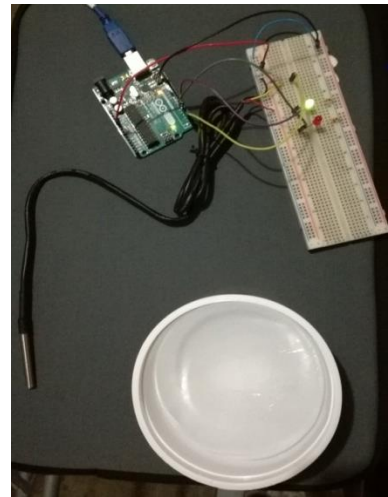


Imagen 4.23 Descenso de temperatura indica el incumplimiento de una de las condiciones.

4.6 Pruebas y resultados para la etapa de potencia.

Como bien se observa en los diagramas esquemáticos de todos los módulos, todos ellos cuentan con la sección en donde el circuito de control de 5 Volts queda aislado, y se trabaja con los transductores de voltaje mayor, como lo son las electroválvulas que operan a 12 V o las bombas hidráulicas que operan a 127 V, esta sección es la que se conoce como etapa de potencia.

Las pruebas realizadas en esta etapa, se llevan a cabo usando una electroválvula como se muestra en el circuito armado de la figura 4.24.

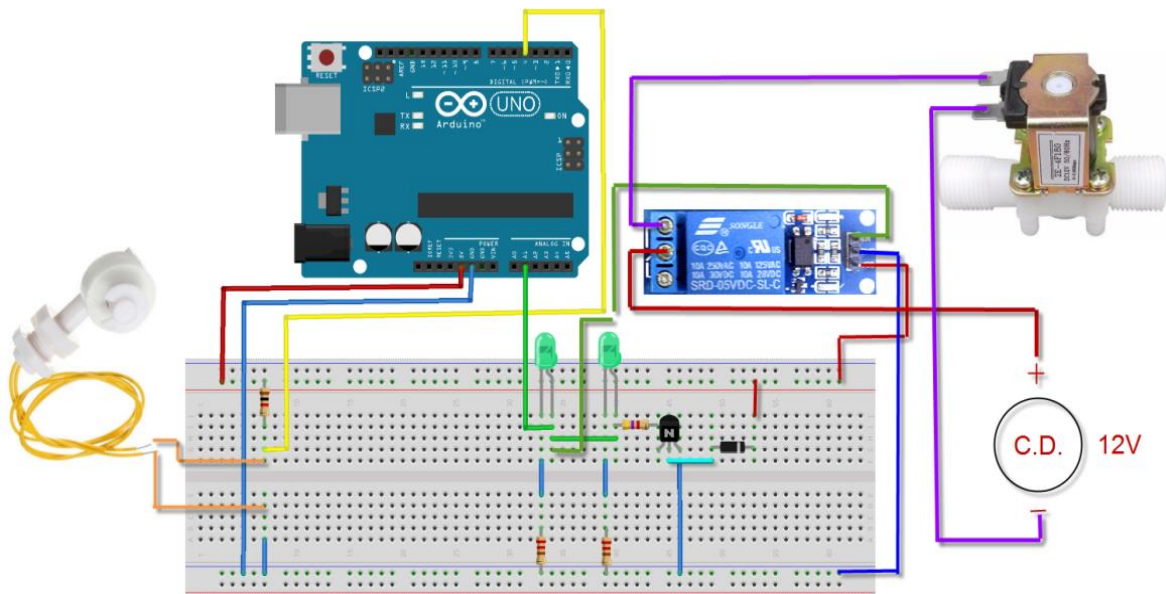


Imagen 4.24 Circuito de control con etapa de potencia.

Para ver los resultados de esta etapa lo más exacto posible, no solo se armó la parte compuesta por los 12 V, sino que se ha puesto a prueba con el módulo 2, con la intención de visualizar de manera más específica el comportamiento de un circuito completo.

Para lo anterior se utilizó un sensor de nivel de agua representando a SNmT2, un par de indicadores LED de color verde, que reflejan el estado de la electroválvula, dos resistencias de protección para los LED de 330Ω , un transistor TIP 121 usado como interruptor para activar o desactivar un relevador. Este último con el objetivo de separar la parte de control del circuito con la etapa de potencia, una resistencia de $4.7K\Omega$ para regular la corriente de base del transistor, un diodo 1N4007 conectado en inversa entre las terminales de la bobina del relevador, con el fin de evitar que la corriente remanente en la bobina del relé, retorne a la etapa de control del circuito y evitar que pueda dañarlo. Por último, la electroválvula, la cual será el dispositivo electromecánico a manipular.

Ya armado el circuito completo, las pruebas se realizan activando y desactivando el sensor de nivel de agua, para observar su comportamiento el cual no muestra incidencia alguna.

En la interpretación de este circuito implementado, se considera que cuando SNmT2 tiene un estado bajo, el tinaco 2 no contiene agua para proveer a los muebles hidráulicos conectados, por lo que las electroválvulas deberán estar abiertas para permitir que el agua del tinaco 1 fluya a través de ellas tal y como se muestra en la imagen 4.25 teniendo como referencia los indicadores verdes.

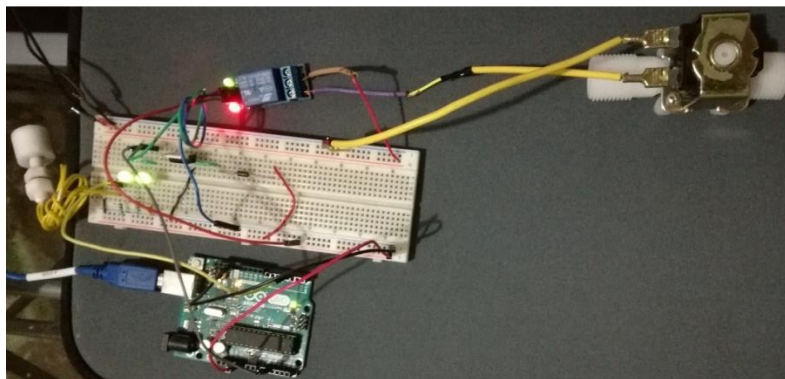


Imagen 4. 25 Pruebas a la activación de la electroválvula.

Cabe mencionar que en las pruebas que se realizan a la electroválvula, es difícil saber a simple vista cuál es su estado, es decir, saber si se encuentra abierta o cerrada. Por lo que para no realizar una pequeña instalación de plomería y dejar fluir el agua, se puede tomar de la electroválvula y soplar a través de ella, para ello será necesario considerar que ésta tiene un sentido de flujo el cual se puede saber por la flecha que se ubica en la base de la electroválvula, si los indicadores verdes se encuentran encendidos, al soplar a través de ella se podrá percibir como sale el aire por el otro extremo, de forma contraria, si los LED se encuentran apagados y se sopla a través de la electroválvula, esta no permitirá el flujo de aire.

Con las pruebas mencionadas anteriormente, se considera que los resultados obtenidos a la etapa de potencia fueron satisfactorios.



Conclusiones.

Para la realización de este proyecto, fue necesario investigar sobre la situación actual del agua en el planeta como los diferentes métodos de obtención de agua, tratamiento y distribución, lo cual confirmó la necesidad de tomar medidas para su óptimo aprovechamiento.

También se recaudó información sobre los diferentes métodos existentes para la recolección de agua de lluvia, encontrando así varios de ellos y analizándolos uno a uno, con la finalidad de saber cuáles son los puntos en común de estos y poder establecer el diseño de un método que pueda ser empleado, y a su vez que pueda satisfacer las funciones más básicas en los hogares. Además de investigar sobre los diferentes procesos que se llevan a cabo para el tratamiento que recibe el agua potable desde su extracción hasta su distribución en las comunidades.

Como un complemento, se estudian las diferentes formas que existen para la reutilización del agua, ahorro y reciclaje de esta, proporcionando información relevante con la que se puede generar conciencia, y llevar a buenas prácticas los diferentes métodos para contribuir en el apoyo a la conservación del vital líquido.

Se analizaron también los beneficios que puede generar la recolección de agua pluvial, realizando comparativas entre su calidad y la que ofrece el agua potable, detectando que la mayor parte de actividades que requieren de agua en un hogar, puede ser bien sustituido por el agua de lluvia, además de revisar datos estadísticos sobre los diferentes consumos, donde se pudo identificar que las actividades como el lavado de ropa o de autos es donde más agua se ocupa.

Sabiendo de los diferentes climas que existen en nuestro país debido a su gran extensión geográfica, se buscan los diferentes tipos de hidrologías por estados, con la intención de saber que tanto éxito se puede tener en la implementación de un diseño como el que se ha creado en este proyecto. Considerando que la recolección por más mínima que sea de agua pluvial es un buen logro, es claro que entre más llueva en una zona, será más el agua recolectada, lo que implicaría un mayor ahorro de agua potable y todas las consecuencias que esto traería, como se ha mencionado anteriormente en los puntos establecidos en la justificación.

Para la parte de selección de los sistemas de control, se optó por trabajar con un microcontrolador Atmega 328P, el cual es de un bajo costo y su funcionamiento fue el adecuado en las pruebas realizadas, aprovechando así, la compatibilidad de usarlo con la interfaz de Arduino como una de las principales ventajas.

Se investiga el uso, funcionamiento y características de las electroválvulas hidráulicas y se determina la utilización de estas, como dispositivo principal para el control de flujo de agua, permitiendo no tener contaminación por mezclas de agua de lluvia con agua potable.

También se analizan los diferentes sensores de nivel de agua existentes, seleccionando el de este proyecto por su simplicidad de uso, bajo costo y compatibilidad con el microcontrolador elegido, encontrando buenos resultados en su desempeño.

Se analizaron los diferentes sensores de temperatura encontrados en el mercado electrónico, observando una gran variedad de ellos con los que se puede trabajar de buena forma, sin embargo, se elige el sensor ds18b20 en su modelo de encapsulado por la característica que tiene



trabajando en condiciones de humedad, pues su acabado y construcción con cubierta metálica, lo hacen ideal para su uso con las electroválvulas hidráulicas.

Para la etapa de potencia, se eligen dispositivos básicos de la electrónica, encontrando en el camino la disyuntiva en la elección de un componente opto acoplador o un relevador, para la separación de la parte de control y la de potencia, eligiendo al final, al relevador por su costo además de que existe un módulo compatible con la placa de Arduino. Al final se logra una etapa de potencia eficiente que cumple con lo necesario para una posible implementación.

Para el módulo uno se había optado en primera instancia por colocar un juego de 4 electroválvulas, de tal forma que en la programación se indicara la apertura y cierre de estas, con el objetivo de usar una sola bomba hidráulica para la alimentación de los dos tinacos, sin embargo, se optó por descartar esta opción, pensando en un ahorro económico a largo plazo, tomando en cuenta el tiempo de vida de las electroválvulas y la de la bomba hidráulica, decidiendo así, el diseño para el módulo 1 con 2 bombas de agua en lugar de 4 electroválvulas.

En el segundo módulo, se decide la inclusión de dos electroválvulas, debido a que el diseño se plantea para una casa con una instalación hidráulica ya hecha, recalando que, para una instalación nueva, el diseño permite la inclusión de una sola electroválvula para permitir o no la alimentación de agua al W.C.

Es necesario mencionar que la sensibilidad de la placa FC-37 ocupada para las pruebas del tercer módulo no fue la esperada, ya que a pesar de que su complemento, el dispositivo YL-38 cuenta con un potenciómetro que regula la sensibilidad en cuanto a la detección de agua se refiere, no se alcanza un punto de precisión para los diferentes tipos de lluvia que se pudieran presenciar. Sin embargo, mediante la aplicación del algoritmo de programación, se alcanza un punto de equilibrio para que la falta de sensibilidad en la placa no influya en los resultados, especialmente en las lluvias ligeras.

Para el cuarto y último módulo, fue necesaria la búsqueda de información respecto a las temperaturas adecuadas que debe tener el agua con la que nos bañamos, con la finalidad de que el rango de temperatura adecuada sea la que se incluya en la programación, tomando en cuenta que la variación de temperatura entre el rango programado, será directamente con las llaves de la regadera, esto a consideración de los usuarios. Si se opta por un rango menor de temperaturas en la programación, será necesario recordar que hasta que el sensor no registre las temperaturas elegidas, las electroválvulas impedirán la salida de agua por la regadera.

Por último, teniendo como respaldo toda la información recabada para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este trabajo y las pruebas a los diferentes circuitos implementados, se concluye que el diseño de este sistema automatizado para la recolección y almacenamiento de agua pluvial además del reciclaje de agua potable en las regaderas, es un proyecto que cumple con lo establecido en el objetivo general, confirmando el diseño como un proyecto viable en su implementación, con el fin de aprovechar el agua de lluvia almacenándola y distribuyéndola de manera automatizada con ayuda de los diferentes dispositivos electromecánicos propuestos.



Trabajos futuros.

Tomando en cuenta el diseño de este sistema, como trabajos posteriores se puede considerar la implementación de este proyecto, teniendo como bases toda la información recabada y las diferentes pruebas realizadas.

Para ello será necesario considerar la creación de las tarjetas impresas de los diferentes circuitos establecidos.

Como un plus al módulo 3 para la detección de agua de lluvia, se puede pensar en la búsqueda y pruebas a un diferente sensor de lluvia, con la finalidad de lograr una mayor precisión en el cierre y apertura de las electroválvulas encargadas de permitir el acceso de agua de lluvia al depósito correspondiente, lo anterior específicamente para lluvias ligeras.

Además, también se puede pensar en la implementación de un display y un teclado matricial en el módulo 4, con el objetivo de poder seleccionar un rango de temperaturas para el agua al momento de que las personas se bañen. Esto pensando en que las temperaturas propuestas en este proyecto no sean las adecuadas para algunos usuarios.



Referencias

- Aceves, D. (Ed.). (28 de Agosto de 2014). *SlideShare*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2016, de <http://es.slideshare.net/dianaaceves39/memoria-de-calculo-hidraulico-de-casa-habitacion>
- Agencia catalana del agua. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P12801451031235034214068&profileLocale=es
- Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (s.f.). Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de http://www.aysa.com.ar/index.php?id_seccion=657
- Arduino (Ed.). (s.f.). *Arduino Software*. Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de <http://www.Arduino.cc/en/Main/Donate>
- Arduino (Ed.). (s.f.). *forum.Arduino*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <http://forum.Arduino.cc/index.php?topic=309771.0>
- Atmel (Ed.). (s.f.). *Atmel ATmega*. Recuperado el 06 de Octubre de 2016, de http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf
- Barrera, Y. S. (Ed.). (2013). *Turbiedad del agua.blogspot.mx*. Recuperado el 06 de Septiembre de 2016, de <http://turbiedaddelagua.blogspot.mx/p/contexto.html>
- Cardenas, A. (Ed.). (s.f.). *Ecolísima*. Recuperado el 01 de Septiembre de 2016, de <http://ecolisima.com/cuanta-agua-consumimos-al-dia/>
- Cofepris. (2010). Recuperado el 17 de Septiembre de 2016, de <http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Temas%20Interes/Tips%20Sanitarios/LavadoYDesinfeccionDeDepositos.aspx>
- Commons, C. (Ed.). (s.f.). *CCM*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <http://es.ccm.net/contents/397-procesador>
- CONAGUA (Ed.). (s.f.). *Resúmenes mensuales de temperatura y lluvia*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de <http://smn.cna.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Pron%C3%B3stico%20clim%C3%A1tico/Temperatura%20y%20Lluvia/PREC/2015.pdf>
- Conversation Club. (s.f.). Recuperado el 13 de Septiembre de 2016, de <http://conversation-club.tumblr.com/page/8>
- CorporateOffice.us (Ed.). (17 de Marzo de 2015). *Zona de estudio*. Recuperado el 18 de Agosto de 2016, de <http://marypnt.blogspot.mx/2015/03/disponibilidad-de-agua-dulce-y-salada.html>



CorreoFarmaceutico.com (Ed.). (s.f.). *TodoDermo*. Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de <http://www.correofarmaceutico.com/tododermo/cuidados-de-la-piel/la-temperatura-ideal-del-agua-de-la-ducha-entre-25-y-30-grados>

diarium.usal.es. (17 de Agosto de 2016). Obtenido de <https://diarium.usal.es/mikelea/karateka/>

Diseño y manufactura. (s.f.). Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de <https://sites.google.com/site/temasdedisenoymanufactura/Arduino>

EcuRed. (s.f.). Recuperado el 07 de Septiembre de 2016, de <https://www.ecured.cu/Microcontrolador>

Editora, X. (Ed.). (s.f.). *Revista Buena Salud*. Recuperado el 15 de Febrero de 2017, de <http://www.revistabuenasalud.com/ducha-diaria-que-temperatura-es-la-adecuada/>

Essbio. (s.f.). Recuperado el 19 de Agosto de 2016, de https://www.essbio.cl/comunidad/elagua_y_essbio_como_se_produce.php

Freepik. (s.f.). Recuperado el 20 de Enero de 2017, de http://www.freepik.es/vector-gratis/infografia-estadistica-de-agua_716145.htm

González, A. G. (15 de 07 de 2017). *Panama Hitek*. Obtenido de www.panamahitek.com/comunicacion-serial-con-Arduino/

Hendrickson, K. (Ed.). (s.f.). *Muy fitness*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2016, de http://muyfitness.com/niveles-ph-del-sobre_19049/

Hidropluviales. (s.f.). Recuperado el 07 de Septiembre de 2016, de <http://hidropluviales.com/captacion-agua-de-lluvia/>

Hogares-verdes.blogspot. (11 de Septiembre de 2011). Recuperado el 01 de Septiembre de 2016, de <https://hogares-verdes.blogspot.mx/2011/09/lavadoras-y-lavavajillas-que-consumen.html>

Importancia. (s.f.). Recuperado el Septiembre 09 de 2016, de <http://www.importancia.org/lluvia.php>

Jumapam. (17 de Agosto de 2016). Obtenido de <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/>

Metroscubicos, E. (Ed.). (26 de Octubre de 2012). *Metros Cúbicos*. (S. G. Montaña, Productor) Recuperado el 05 de Septiembre de 2016, de <http://www.metroscubicos.com/articulo/decoracion-y-hogar/2012/10/26/ideas-para-ahorrar-agua-y-dinero-en-casa>



- mikroe*. (02 de Enero de 2014). Recuperado el 15 de Octubre de 2016, de <http://mikroe.es/atmega328p-pu/>
- Ray Agua*. (30 de Octubre de 2012). Recuperado el 02 de Septiembre de 2016, de <https://rayagua.wordpress.com/2012/10/30/383/>
- Salud, S. d. (Ed.). (21 de 03 de 2017). *Secretaria de Salud*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2016, de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/anexo1.html>
- Sánchez, S. (Ed.). (s.f.). *Microcontroladores y sus aplicaciones*. Recuperado el 02 de Agosto de 2016, de <https://microcontroladoresesv.wordpress.com/arquitectura-de-los-microcontroladores/>
- Scotto, S. S. (Ed.). (07 de Julio de 2008). *SlideShare*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2016, de <http://es.slideshare.net/andresnoble/sistema-de-control-502542>
- Sitio Solar*. (2013). Recuperado el 17 de Agosto de 2016 , de <http://www.sitiosolar.com/los-sistemas-de-recoleccion-de-agua-de-lluvia/>
- SlideShare*. (04 de Marzo de 2010). Recuperado el 25 de Septiembre de 2016, de <http://es.slideshare.net/26mms2b/sistemas-de-control-3333373>
- Society, N. G. (Ed.). (s.f.). *National Geographic*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de <http://nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/acid-rain-overview>
- telecomunicación, E. d. (Ed.). (2011). *Ingeniatic*. Recuperado el 05 de Octubre de 2016, de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/517-microcontrolador>
- Trejo, J. A. (Ed.). (22 de Junio de 2008). *El siglo de torreón.com.mx*. Recuperado el 04 de Septiembre de 2016, de <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/359447.cuanta-agua-necesita-su-jardin-agropecuaria.html>