



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones**

**TEMA:**

---

“SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA DUCHA ELÉCTRICA  
MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE LA VOZ PARA PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES”

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN:** Domótica

**AUTOR:** Alex Darío Acosta López

**TUTOR:** Ing. Patricio Córdova, Mg.

Ambato - Ecuador

Julio 2015

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA DUCHA ELÉCTRICA MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE LA VOZ PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES”, del señor Alex Darío Acosta López, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requerimientos suficientes para que continúe los tramites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato julio, 2015

**EL TUTOR**

---

Ing. Patricio Córdova, Mg

## **AUTORIA**

El presente Proyecto de Investigación Titulado: “SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA DUCHA ELÉCTRICA MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE LA VOZ PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato julio, 2015

---

Alex Darío Acosta López

CC: 180410697-7

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad

Ambato, Julio 2015

---

Alex Darío Acosta López

CC: 180410697-7

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes revisó aprobó el Informe Final del Proyecto de Graduación Titulado “SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA DUCHA ELÉCTRICA MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE LA VOZ PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES” presentado por el señor Alex Darío Acosta López de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. José Vicente Morales Lozada, Mg.

.....

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Juan Pablo Pallo Noroña, Mg.

Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo, Mg.

.....

.....

**DOCENTE CALIFICADOR**

**DOCENTE CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA:**

*Este trabajo realizado con mucho esfuerzo dedico a Dios por haberme dado la sabiduría, la mentalidad e inteligencia para realizarlo con éxito.*

*A mis padres por guiarme por un buen camino e inculcarme como una persona de bien, por toda su comprensión, su apoyo moral e incondicional.*

*A todos quienes forman parte de mi familia por el apoyo que me han brindado a lo largo de este camino.*

*Alex Darío Acosta López*

## **AGRADECIMIENTO:**

*Agradezco a Dios, por brindarme la oportunidad de formar parte de esta vida tan maravillosa y poder disfrutar de ella mis metas y logros conseguidos con esfuerzo y dedicación.*

*A mi familia por la comprensión y apoyo incondicional en situaciones tanto buenas como malas.*

*A mis padres porque han luchado día a día para verme convertido en profesional.*

*A todas las personas que forman parte de mi vida, quienes fueron un gran apoyo durante el transcurso de este tiempo.*

*Alex Darío Acosta López*

## ÍNDICE

CAPÍTULO I .....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Delimitación.....	2
1.3.1 Delimitación de contenidos .....	2
1.3.2 Delimitación espacial.....	2
1.3.3 Delimitación temporal .....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos .....	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Antecedentes Investigativos.....	5
2.2 Fundamentación Teórica.....	7
2.2.1 Sistemas de Control .....	7
2.2.2 Sistema de control Automático.....	8
2.2.3 Motores eléctricos.....	8
2.2.4 Electroválvulas.....	12
2.2.5 Ducha Eléctrica.....	13
2.2.6 Microcontroladores .....	14
2.2.7 Sonido .....	15

2.2.8	Voz Humana .....	16
2.2.9	Procesamiento digital de voz .....	16
2.2.10	Digitalización de la voz .....	17
2.2.11	Técnicas para el reconocimiento de la voz .....	18
2.2.12	Módulos de reconocimiento de voz. ....	21
CAPÍTULO III.....		25
METODOLOGÍA.....		25
3.1	Modalidad de la Investigación .....	25
3.1.1	Modalidad.....	25
3.1.2	Nivel de conocimiento.....	26
3.2	Población y Muestra.....	26
3.3	Recolección de la Información.....	26
3.4	Procesamiento y análisis de datos .....	26
3.5	Desarrollo del Proyecto.....	27
CAPÍTULO IV .....		28
DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....		28
4.1	Análisis de requerimientos del Sistema .....	29
4.2	Selección de elementos .....	30
4.2.1	Ducha Eléctrica.....	30
4.2.2	Motor eléctrico de corriente continua .....	32
4.2.3	Dispositivos de programación .....	34
4.2.4	Triac.....	36
4.2.5	Relé electromagnético.....	37
4.2.6	Pantalla LCD.....	38

4.2.7	Módulo de reconocimiento de voz.....	39
4.2.8	Diseño del sistema .....	47
4.2.9	Diseño de la fuente de alimentación .....	48
4.2.10	Diseño del circuito de control .....	52
4.2.11	Implementación del prototipo .....	54
4.3	Pruebas de Funcionamiento .....	69
4.3.1	Ángulos de disparo .....	69
4.3.2	Cruce por cero.....	71
4.3.3	Ángulos de conducción.....	72
4.3.4	Trama.....	74
4.3.5	Visualización de estados .....	74
4.3.6	Corrección de errores.....	75
4.3.7	Determinación de la valides del sistema.....	76
CAPÍTULO V .....		78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		78
5.1	Conclusiones .....	78
5.2	Recomendaciones.....	79
Bibliografía .....		80
ANEXOS .....		83
Anexo A.....		84
Análisis económico del proyecto .....		84
Anexo B .....		85
Planos de disposiciones del sistema.....		85
Anexo C .....		86

Esquema del módulo de Control .....	86
Anexo D .....	87
Fotografías del sistema.....	87
Anexo E .....	88
Códigos de programación .....	88
Programación MATLAB .....	88
Programación del PIC en Software MICROCODE .....	89
Programación ARDUINO .....	91
Anexo F.....	105
Datasheet de los elementos electrónicos .....	105
Optotransistor 4N25 .....	105
Optotriac MOC3010.....	106
TIP 120 .....	107
Distribucion de pines del microcontrolador ATmega328 de Arduino .....	108
Distribución de pines del Microcontrolador PIC 16F628A .....	108
Distribución de pines de la pantalla LCD 16X2 .....	109
Significado de cada uno de los pines de la pantalla LCD .....	109
EasyVR Commander.....	110
Diagrama de las partes del módulo EasyVR Shield .....	110
Tabla de referencia del módulo EasyVR Shield .....	110
Anexo G.....	111
Configuración del Módulo EasyVR.....	111
Palabras Creadas por el Usuario.....	111
Anexo H.....	114

Dimensiones Físicas.....	114
Servomotor .....	114
Carcasa para la placa electrónica .....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Esquema de control lazo abierto .....	7
Figura 2. 2 Esquema de control lazo abierto .....	8
Figura 2. 3 Vista de un motor con rotor de jaula de ardilla y rotor de devanado .....	8
Figura 2. 4 Ancho de Pulso del servo en ángulos de 0, 90 y 180 grados .....	9
Figura 2. 5 Esquema de un servomotor eléctrico de baja potencia.....	10
Figura 2. 6 Esquema de un servomotor eléctrico de gran potencia .....	10
Figura 2. 7 Esquema de un motor PAP par bipolar .....	11
Figura 2. 8 Partes e instalación de una electroválvula .....	12
Figura 2. 9 Partes de la ducha eléctrica .....	14
Figura 2. 10 Esquema de bloques general de un microcontrolador.....	14
Figura 2. 11 Conversión A/D.....	17
Figura 2. 12 Conversión D/A.....	18
Figura 2. 13 Modelo de Markov para el reconocimiento del habla.....	18
Figura 2. 14 Modelo de Markov ergódico para el reconocimiento de locutor .....	18
Figura 2. 15 Matriz de Transición .....	19
Figura 2. 16 Neurona biológica .....	20
Figura 2. 17 Ejemplo de una red neuronal totalmente conectada .....	20
Figura 2. 18 Modelo de neurona artificial .....	21
Figura 2. 19 Diagrama de un reconocedor de voz .....	22
Figura 2. 20 Módulo de reconocimiento de voz FZ0475.....	24

### CAPÍTULO IV

Figura 4. 1 Etapas de elaboración del sistema .....	29
Figura 4. 2 Elementos para el desarrollo del prototipo.....	29
Figura 4. 3 Ducha Lorenzetti modelo maxi ducha.....	31
Figura 4. 4 Servomotor MS-645 .....	33

Figura 4. 5 Arduino Uno (ARDUINOmega328).....	35
Figura 4. 6 Triac TSR100AA60 .....	37
Figura 4. 7 Esquema del Triac TSR100AA.....	37
Figura 4. 8 Relé electromagnético .....	38
Figura 4. 9 Módulo LCD 16X2 .....	39
Figura 4. 10 Modulo Easy VR Shield.....	40
Figura 4. 11 Señal sonorizada.....	42
Figura 4. 12 Señal sonorizada en el dominio de la frecuencia.....	42
Figura 4. 13 Segmento de una vocal tratado con una ventana de Hamming.....	43
Figura 4. 14 Ventana de Hamming.....	43
Figura 4. 15 Transformada Rápida de Fourier en escala logarítmica .....	44
Figura 4. 16 Espectro de potencia en escala de Mel.....	45
Figura 4. 17 Esquema de reconocimiento de voz .....	46
Figura 4. 18 Esquema del sistema .....	47
Figura 4. 19 Diseño del Sistema .....	47
Figura 4. 20 Esquema de la fuente de alimentación .....	51
Figura 4. 21 Esquema de simulación del proyecto .....	52
Figura 4. 22 Configuración esquemática del Optotransistor 4N25 .....	54
Figura 4. 23 Esquema del circuito de cruce por cero.....	55
Figura 4. 24 Formas de onda del circuito de cruce por cero.....	55
Figura 4. 25 Esquema del Optotriac .....	56
Figura 4. 26 Esquema de acoplamiento del circuito de control y del circuito de potencia ..	57
Figura 4. 27 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 0-180(grados)..	57
Figura 4. 28 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 63,38- 116,62(grados) .....	58
Figura 4. 29 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 90-90(grados)..	58
Figura 4. 30 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 180-0(grados)..	58
Figura 4. 31 Conexión Servomotor-ARDUINO.....	62
Figura 4. 32 Modo de trabajo con la PC .....	63
Figura 4. 33 Adición de comando.....	63

Figura 4. 34 Grabación de la palabra.....	64
Figura 4. 35 Pista realizada en Eagle.....	67
Figura 4. 36 Pistas impresas en papel cauche.....	68
Figura 4. 37 Placa electrónica.....	68
Figura 4. 38 Ángulo de disparo a 180 grados.....	69
Figura 4. 39 Ángulo de disparo a 0 grados.....	70
Figura 4. 40 Ángulo de disparo a 63,38 grados.....	70
Figura 4. 41 Ángulo de disparo a 90 grados.....	71
Figura 4. 42 Cruce por cero.....	71
Figura 4. 43 Ángulo de conducción a 180 grados.....	72
Figura 4. 44 Ángulo de conducción a 0 grados.....	72
Figura 4. 45 Ángulo de conducción a 90 grados.....	73
Figura 4. 46 Ángulo de conducción a 116,62 grados.....	73
Figura 4. 47 Trama de la palabra encender.....	74
Figura 4. 48 Visualización de estados en la pantalla LCD.....	75
Figura 4. 49 Pruebas de funcionamiento.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Polaridades de las bobinas B1 y B2 en función del sentido de giro. ....	12
Tabla 2. 2 Símbolo de la electroválvula .....	13

### CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1 Parámetros frecuenciales de las señales de voz ... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 4. 2 Características .....	30
Tabla 4. 3 Características técnicas .....	31
Tabla 4. 4 Características Eléctricas .....	32
Tabla 4. 5 Comparación de motores eléctricos .....	32
Tabla 4. 6 Selección del servomotor .....	33
Tabla 4. 7 Selección de plataforma de Hardware Libre .....	34
Tabla 4. 8 Comparación entre microcontroladores PIC .....	35
Tabla 4. 9 Selección del Triac .....	36
Tabla 4. 10 Selección de Relé electromagnético .....	37
Tabla 4. 11 Selección de pantalla LCD .....	38
Tabla 4. 12 Módulos previamente estudiados.....	39
Tabla 4. 13 Técnicas utilizadas por la mayor parte de los módulos .....	41
Tabla 4. 14 Consumo del circuito .....	48
Tabla 4. 15 Características del Transformador .....	49
Tabla 4. 16 Cuadro de los cálculos de potencia.....	61
Tabla 4. 17 Características que forman parte del control de temperatura .....	77

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En la actualidad las personas que sufren de limitaciones en las extremidades superiores requieren de la ayuda de terceras personas para realizar actividades, como el aseo personal, ya que sus limitaciones les impiden desenvolverse al ducharse, es por ello que hoy en día la implementación de sistemas de control para personas que con discapacidad física está tomando gran incremento, ya que mejoran la calidad de vida, permitiéndoles desenvolverse sin la necesidad de algún tipo de ayuda.

El presente proyecto otorga una visión global, debido a que ayuda a estas personas a realizar la actividad del aseo personal fácilmente, para cumplir con este propósito se ha realizado una investigación del funcionamiento de duchas eléctricas y de dispositivos que permitan reconocer eficientemente la voz.

Se ha realizado un sistema que permita controlar la temperatura, el flujo de agua, el encendido y apagado de la ducha eléctrica a través de comandos de voz, con el fin de ofrecer independencia a la persona con discapacidad en las extremidades superiores.

## **ABSTRACT**

At present the people with limitations in the upper extremities require the assistance of third parties for activities such as grooming, as their limitations prevent them cope when showering, is why today the systems implementation control to people who suffer from certain limitations are taking big increase, and that improve the quality of life, allowing them to function without the need of any help.

This project provides a global view, because it helps people to undertake the activity of grooming easily to fulfill this purpose has conducted an investigation of the operation of electric showers and with means to efficiently recognize the voice.

There has been a system to monitor the temperature, the flow of water on and off electric shower through voice commands, in order to provide independence to people with disabilities in the upper extremity.

## ACRÓNIMOS

**AC**= Corriente Alterna

**DC**= Corriente Directa

**A**= Amperios

**V**= Voltios

**W**= Vatios

**PAP**= Motores Paso a Paso

**RAM**= Random Access Memory – Memoria de Acceso Aleatorio

**EPROM**= Erasable Programmable Read-Only Memory - Memoria de Lectura Programable y Borrable.

**NLP**= Natural Language Processing - Procesamiento del Lenguaje Natural

**DSP**= Digital signal Processing - Procesamiento Digital de Señales

**PCM**= Pulse Code Modulation - Modulación por Impulsos Codificados

**MOM**= Modelos Ocultos de Markov

**RNA**= Redes Neuronales Artificiales

**FFT**= Fast Fourier Transform – Transformada Rapida de Fourier

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Angulo de Conducción:** Es el número de grados de un ciclo de corriente alterna durante los cuales el TRIAC se encuentra encendido.

**Angulo de Disparo:** Es el número de grados de un ciclo de corriente alterna que transcurren antes de que el TRIAC sea encendido.

**Circuito de aislamiento:** Protege el circuito de control de circuito de potencia y su transmisión en mediante haces de luz.

**Detector de cruce por cero:** Detecta cada vez que la señal AC pasa por el punto cero.

**Dimmer:** Es aquel que sirve para regular energía.

**EasyVR Commander:** Software utilizado para realizar las grabaciones de voz.

**EasyVR shield:** Modulo de reconocimiento de voz adaptable a la placa ARDUINO.

**Giro:** Sentido de movimiento que se le da a un objeto, este puede ser horario o antihorario.

**Sincronización:** Es cuando dos fenómenos, eventos o estados ocurren al mismo tiempo.

**Haces de luz:** Son conjunto de rayos luminoso.

**IDE:** Software utilizado para programar la placa ARDUINO.

**Matlab:** Software utilizado para análisis de señales de voz.

**Microcode:** Software utilizado para programar el PIC.

**Resistencia eléctrica:** Es la igualdad de oposición que tienen los electrones al moverse a través de un conductor

**Señales Eléctricas:** Es la variación de la corriente en función del tiempo. Es la Variación de tensión en función del tiempo.

**Voz humana:** E un sonido emitido por una persona usando las cuerdas vocales para hablar.

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en un sistema de control de una ducha eléctrica mediante el reconocimiento de voz, permitiéndole a la persona con discapacitada la facilidad de tomarse un baño de forma automática sin realizar un mayor esfuerzo, evitando la necesidad de ayuda de terceras personas. El mismo que se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el primer capítulo se describe los problemas y dificultades que tiene las personas que sufren de discapacidad en las extremidades superiores, además se realiza la justificación del presente proyecto.

En el segundo capítulo se redacta el marco teórico, que consta de los diferentes tipos de sistemas de control que existen y cómo fueron elaborados cada uno para ayudar a las personas que sufren de limitaciones en sus extremidades, además se realiza un estudio de los dispositivos de reconocimiento de voz, duchas eléctricas y como están estructurados internamente.

En el tercer capítulo se detalla la metodología utilizada en el proyecto, haciendo referencia al tipo de investigación, recolección de información y las actividades que se realiza para cumplir con los objetivos propuestos inicialmente.

En el cuarto capítulo se describe como se realiza el desarrollo del sistema, es decir se cumple con las actividades establecidas en el capítulo tres, con el fin de cumplir con los objetivos propuestos.

Finalmente, en el quinto capítulo se redacta las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al concluir con el proyecto sistema de control automático de una ducha eléctrica mediante reconocimiento de la voz para personas con discapacidad en las extremidades superiores.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Tema

Sistema de control automático de una ducha eléctrica mediante reconocimiento de la voz para personas con discapacidad en las extremidades superiores.

### 1.2 Planteamiento del Problema

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), existe más de mil millones de personas que padecen de algún tipo de discapacidad, de los cuales cuatrocientos millones de personas, son aquellas que prevalecen en los países de bajos recursos económicos [1].

En el Ecuador, según datos proporcionados por el Registro Nacional de Discapacidades del CONADIS se puede identificar estadísticamente un total de 361487 personas con algún tipo de discapacidad. El 48,53% de estas personas con deficiencia se ven afectados de discapacidad física, los cuales requieren de adaptaciones al medio físico para la eliminación de barreras arquitectónicas que

dificultan su adecuado desenvolvimiento [2].

En la provincia de Tungurahua la Misión Solidaria “Manuela Espejo” identificó 11538 personas con discapacidad según el estudio Biopsicosocial Clínico y Genético de las Personas con Discapacidad en el Ecuador. De estas el 26,98% se encuentran en Ambato y sufren de discapacidad Física, es decir, personas con dificultad para caminar, correr, manipular objetos con las manos (Discapacidad en las extremidades superiores), entre otras [2][3]. Trecientas de estas personas son atendidas en la asociación ASOPLEJICAT (Asociación de Pléjicos de Tungurahua), mientras que el resto se encuentra recluido dentro de sus hogares, con falta de recursos económicos y dispositivos que ayuden desenvolverse independientemente.

El aseo personal, como el bañarse, es una de las actividades que usualmente se realiza de forma individual. Las personas con discapacidad física, especialmente las que sufren de limitaciones en las extremidades superiores requieren de ayuda de sus familiares o de terceras personas para poder llegar a efectuar esta actividad. Esto se debe a la dificultad de manipular objetos con sus manos, impidiéndoles realizar tareas y actividades de la vida diaria. Es por ello que la carencia de acceso a medios tecnológicos impide mejorar la calidad de vida de estas personas.

### **1.3 Delimitación**

#### **1.3.1 Delimitación de contenidos**

- ÁREA ACADÉMICA: Física y Electrónica
- LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas Electrónicos
- SUBLÍNEAS: Domótica

#### **1.3.2 Delimitación espacial**

El presente proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Ambato en el Barrio Santa Cruz en el domicilio correspondiente.

### **1.3.3 Delimitación temporal**

El proyecto se realizó en los once meses posteriores de su aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

## **1.4 Justificación**

El interés de desarrollar tecnologías que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad en las extremidades superiores, surge debido a la necesidad de poder realizar actividades en el entorno cotidiano, principalmente generar autonomía al efectuar el aseo personal, como es el bañarse.

La importancia del presente proyecto, es la ayuda que ofrece un dispositivo electrónico a la persona discapacitada, ofreciendo seguridad, confianza y especialmente independencia. De esta manera se cree que generará un gran impacto social ya que es un producto que otorgará facilidad de uso al tener la ventaja de poder controlar la temperatura y flujo del agua mediante comandos de voz, por lo que tendrá una gran acogida en el ámbito social y económico.

Los elementos y componentes electrónicos para la ejecución del proyecto se pueden obtener sin dificultad, haciéndolo factible. El objetivo principal es que las personas con discapacidad en las extremidades superiores puedan adquirirlas y se independicen higiénicamente mejorando su calidad de vida.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Implementar un prototipo de sistema de control automático para una ducha eléctrica mediante reconocimiento de la voz para personas con discapacidad en las extremidades superiores.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el funcionamiento de una ducha eléctrica.
- Identificar dispositivos electrónicos que permita reconocer eficientemente la voz.
- Diseñar un circuito que permita el control de flujo y temperatura de agua de una ducha eléctrica.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes Investigativos

Se han realizado investigaciones acerca de automatización como es el caso de María Claudia Dejo Sánchez, quien diseño un sistema de control digital de una ducha, “el cual permite obtener la temperatura deseada, guardar dicha configuración y poder acceder a ella fácilmente con la mínima manipulación del equipo, al presionar botones”. Esto con el fin de otorgar a las personas con limitaciones en las extremidades superiores un producto que les ayude a desenvolverse higiénicamente [4].

También se han hecho varias investigaciones acerca de cómo controlar equipos mediante la voz humana como es el caso de Bonacina Jonatan, Ruani Martin, Frontini María Julieta, que en su trabajo tratan acerca de una silla de ruedas inteligente. El propósito de este proyecto se centraba en ofrecer a las personas con cierta limitación, un producto que facilite su vida.

Este proyecto se enfoca en estudiar y desarrollar algoritmos los cuales permitan ofrecer al usuario un mejor servicio permitiendo el control de la silla de ruedas de una manera fácil y eficiente pudiendo de esta manera reconocer los patrones de voz y controlar los diferentes actuadores que hacen posible su navegación [5].

De la misma manera Paredes Jesús Fernando y Gutiérrez Garrido Antonio, quienes estudiaron el proceso de reconocimiento de voz para la elaboración de una silla de ruedas mediante una técnica la cual consistía en dos pasos básicos el primero constaba del entrenamiento de patrones mientras que el segundo consistía en la comparación de patrones. Mientras que para la parte mecánica se elaboró un diseño en el que se montaron 2 motores DC colocando un sistema de transmisión a través de un juego de engranajes acoplados con una flecha, un motor para cada rueda, la flecha es la encargada de transmitir movimiento a través de los engranes cónicos a las ruedas traseras para generar el movimiento.

El objetivo de este proyecto fue desarrollar una silla de ruedas automática guiada a través de comandos de voz, para que esta sirva de asistencia a personas cuádruplégicas o con alguna capacidad diferente, para permitirles un mayor grado de autonomía en lo que a su movilidad se refiere [6].

Así mismo, como en los alrededores del mundo en el país también existen investigaciones de este tipo como el siguiente proyecto que fue realizado por Marcelo Arévalo Luzuriaga, el cual se basa en un microcontrolador 16F877A como elemento maestro del comando y de 2 microcontroladores esclavos para la ejecución del reconocimiento de voz y manejo de los actuadores. Siendo el microcontrolador RCS 300 (Sensory) el encargado de realizar el almacenamiento y reconocimiento de los comandos de voz debido a sus altas prestaciones y características. Este prototipo fue montado sobre la estructura de una silla de ruedas y permitía una navegación manual y automática del equipo dependiendo la necesidad y la instrucción que realice el usuario [7].

## 2.2 Fundamentación Teórica

La pérdida de fuerza y movimientos en las extremidades superiores es una incapacidad de las personas para manipular objetos, este tipo de limitaciones es conocido comúnmente como discapacidad en las extremidades superiores que de la misma manera viene hacer una discapacidad Física o Motriz en la persona.

### 2.2.1 Sistemas de Control

Son sistemas electrónicos inteligentes creados con el fin de cumplir objetivos que surjan mediante una necesidad. Estos sistemas poseen dos formas de trabajo: Lazo Abierto y Lazo Cerrado.

- Lazo Abierto es aquel sistema que no depende de la señal de salida.
- Lazo Cerrado es aquel sistema que depende de la señal de salida.

El objetivo principal de un sistema de control es manipular las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de dispositivos electrónicos denominados microcontroladores. En la actualidad los sistemas de control son utilizados en todos los sectores de la industria, tales como: control de la calidad de los productos manufacturados, líneas de ensamble automático, control de máquinas, control por computadoras, sistema de potencia, robótica, etc [8]. A continuación se presenta los esquemas de sistema de control lazo abierto en la figura 2.1 y control de lazo cerrado en la figura 2.2



*Figura 2. 1 Esquema de control lazo abierto*

*Fuente: C. A. Bahón, C. R. Giner, "Tecnología de Sistemas de control," Universidad Politécnica de Cataluña, Primera Edición España, 2004.*

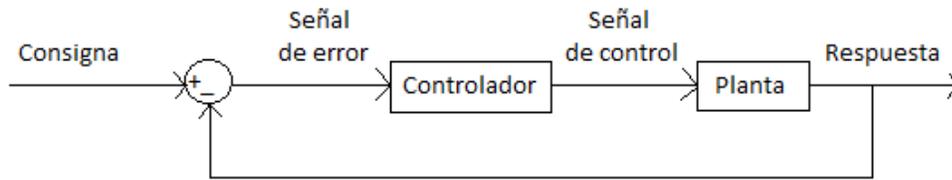


Figura 2. 2 Esquema de control lazo abierto

Fuente: C.A. Bahón, C. R. Giner, "Tecnología de Sistemas de control," Univercidad Politecnica de Cataluña, Primera Espeña, 2004.

### 2.2.2 Sistema de control Automático

El sistema de control automático es aquel que permite manipular elementos tecnológicos o dispositivos electrónicos SCR con mayor eficiencia, seguridad y comodidad. Estos sistemas se encargan de manipular entradas y salidas (sensores, Actuadores, etc). Los sistemas de control automático fueron creados para mejorar la calidad de vida de las personas.

### 2.2.3 Motores eléctricos

Son dispositivos eléctricos que por medio de fenómenos de campos magnéticos generados en sus bobinas permiten transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Los motores eléctricos se componen en dos partes [9]: una fija llamada estator y una móvil llamada rotor, como se muestra en la figura 2.3.

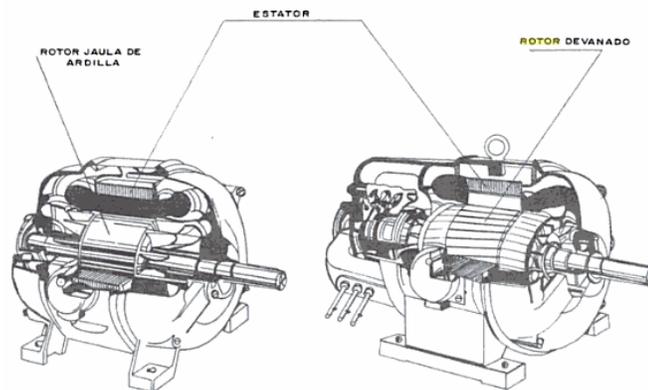


Figura 2. 3 Vista de un motor con rotor de jaula de ardilla y rotor de devanado

Fuente: G. E. Harpe, "El ABC de las máquinas eléctricas," Volumen II, México, 2004.

Existen motores eléctricos de corriente continua DC y de corriente alterna AC, los cuales son fabricados con diferentes estructuras y diferente fuerza de torsión.

Los motores eléctricos de corriente continua se clasifican en servomotores y motores a paso a paso.

### Servomotores

Son pequeños motores de eje controlado, que permite llevar a posiciones angulares específicas mediante el envío de señales (tren de pulsos) a su circuitería interna, estos pueden ser utilizados en diversas aplicaciones en el área de robótica.

Para su funcionamiento, el servomotor recibe un tren de pulsos que corresponden al movimiento a realizarse, y la duración de los pulsos indica el ángulo de giro del motor. Cabe recalcar que un servomotor se mueve de 0 a 180 grados y que la fuerza depende de su diseño interior, es decir, de la mecánica y material del cual están compuestos sus engranajes [10]. En la Figura 2.4 se observan los pulsos del servo en ángulos de 0, 90 y 180 grados.

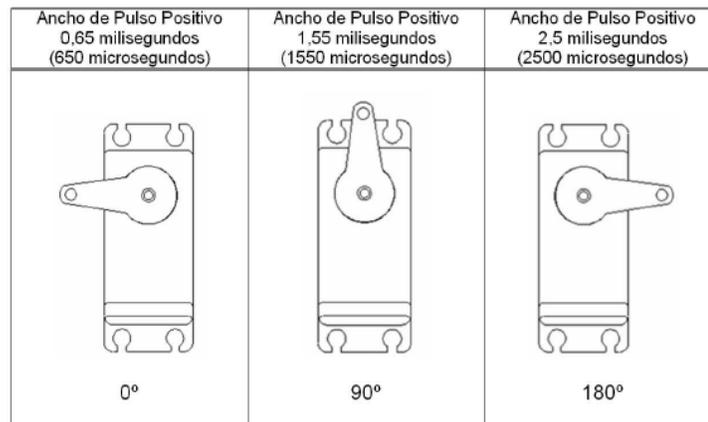


Figura 2. 4 Ancho de Pulso del servo en ángulos de 0, 90 y 180 grados

Fuente: Christian Bodington , "Basic Microcontroladores PIC," Ing. Electronica.

Existen dos tipos de servomotores los servomotores de baja potencia y los servomotores eléctricos de baja potencia

- **Servomotores eléctricos de baja potencia**

Son motores monofásicos con dos sentidos de marcha, en el cual los contactos C1 y C2 son contactos de seguridad de fin de carrera, si C1 está abierto el arrollamiento superior se alimenta directamente, mientras que el arrollamiento inferior se alimenta por medio de un condensador. Si C1 está abierto y C2 cerrado se invierte el arrollamiento al igual que el giro del motor [11]. En la figura 2.5 se muestra el esquema general del principio de un servomotor de baja potencia.

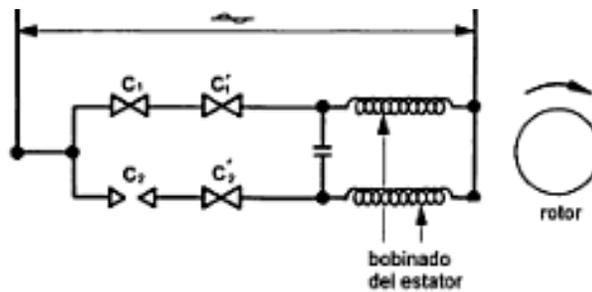


Figura 2. 5 Esquema de un servomotor eléctrico de baja potencia.

Fuente: A. J. Díaz, “Sistemas de regulación y control,” Primera edición, España, 2011

- **Servomotores Eléctricos de gran potencia**

Utiliza motores trifásicos, utilizan bobinas A, B que abran y cierran contactos para que giren en uno u otro sentido, siendo similares a los servomotores eléctricos de baja potencia [11]. En la figura 2.6 se muestra el esquema de un servomotor eléctrico de gran potencia.

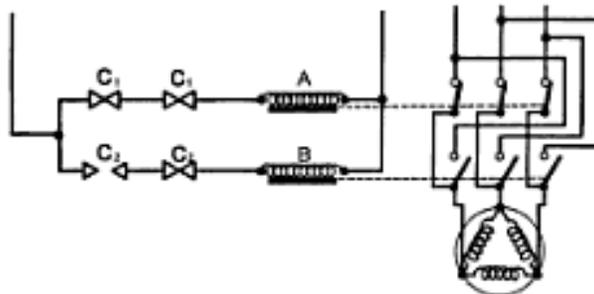


Figura 2. 6 Esquema de un servomotor eléctrico de gran potencia

Fuente: A. J. Díaz, “Sistemas de regulación y control,” Primera edición, España, 2011

## Motores Paso a Paso

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico capaz de desplazar su eje en un ángulo determinado por cada impulso discreto que recibe cada una de sus bobinas. Los motores Paso a Paso (PAP) son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos, como en robótica, en la tecnología aeroespacial, en maquinarias en computadores, etc. A diferencia de los motores de C.C. y los de C.A., los motores PAP tienen la ventaja de poder ser más precisos en cuanto a su velocidad, movimiento, enclavamiento y giros, la señal que requieren para su funcionamiento es de naturaleza digital [12] [13].

Existen Motores Paso a Paso unipolares y bipolares, la diferencia del uno del otro es que los motores unipolares poseen de 5 a 8 alambres y su funcionamiento es mucho más simple que los motores bipolares, “los cuales necesitan un integrado L293 que dispone de 2 puentes H (H-Bridge) o por lo menos se debe hacer un arreglo de 8 transistores, (4 PNP y 4 NPN)” [13]. En la figura 2.7 se puede observar la representación esquemática de un motor paso a paso.

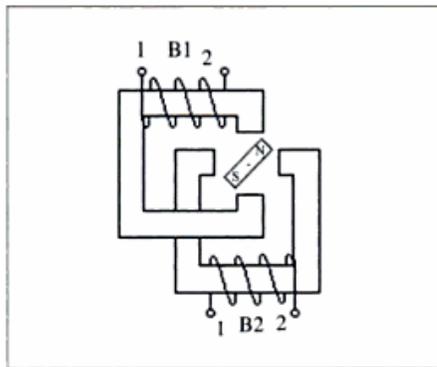


Figura 2. 7 Esquema de un motor PAP par bipolar

Fuente: E. Sanchíz, “Sistemas electrónicos digitales: Fundamentos y diseño de aplicaciones,” Universitat de Valencia, Valencia-Epaña, 2002.

Los giros en sentido horario y antihorario van a depender de cómo se alimenten las bobinas B1 y B2. En la tabla 2.1 podemos observar las polaridades las bobinas en función del sentido de giro.

Tabla 2. 1 Polaridades de las bobinas B1 y B2 en función del sentido de giro.

Sentido de Giro	B1		B2	
	1	2	1	2
Horario	0	0	-	+
	+	-	0	0
	0	0	+	-
	-	+	0	0
Antihorario	-	+	0	0
	0	0	+	-
	+	-	0	0
	0	0	-	+

Fuete: E. Sanchíz, “Sistemas electrónicos digitales: Fundamentos y diseño de aplicaciones,” Universitat de Valencia, Valencia-Epaña, 2002.

## 2.2.4 Electroválvulas

Las electroválvulas son actuadores que permiten controlar eléctricamente circuitos de fluidos de gas o de agua, a través de una bobina que posee internamente. Su funcionamiento permite el paso de gas o líquido a través de una tubería cuando se envía una señal eléctrica a la bobina. En la figura 2.8 se muestra las partes e instalación de una electroválvula. Generalmente los voltajes habituales para la bobina son: 12,24 y 110 voltios tanto de corriente alterna como de corriente continua [14].

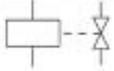
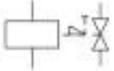


Figura 2. 8 Partes e instalación de una electroválvula

Fuete: Juan Carlos Martín, “Instalaciones Domóticas,” Electricidad y Electrónica, 2010.

En la Tabla 2.2 se observa los símbolos de electroválvulas.

Tabla 2. 2 Símbolo de la electroválvula

Dispositivo	Multifilar	Unifilar
Electroválvula		
Electroválvula con enclavamiento mecánico y rearme manual		

Fuete: J.C. Martín, “Instalaciones Domóticas,” *Electricidad y Electrónica*, 2010.

### 2.2.5 Ducha Eléctrica

Es un aparato que tiene la función de calentar el agua para facilitar a las personas el ducharse y este fue construido o elaborado con el fin de realizar el correspondiente aseo personal. La ducha eléctrica consta de una resistencia eléctrica incorporada al cabezal, la cual tiene la función de calentar el agua. “Cuando el agua fluye en el interior, la presión se infla como un diafragma que cierra los contactos eléctricos de la bobina del calentador. Una vez que el agua se detiene, el dispositivo se apaga automáticamente” [15]. Una ducha eléctrica utiliza tres niveles de temperatura:

- Baja con potencia de 2,75 [Kw]
- Alta con de potencia de 5,5 [Kw]
- Frío con de potencia de 0 [Kw]

El consumo de energía de duchas eléctricas en el nivel de calentamiento máximo es de alrededor de 5,5 [Kw] para 120 V y 6,8 [Kw] para 220V .

La ducha eléctrica tiene tres estados de calentamiento: Invierno, Verano y Normal. Estos varían conforme a las necesidades del usuario, es decir, la persona debe mover el interruptor de tres estados para calibrar la temperatura del agua. Hay que tomar en cuenta que la temperatura del agua también varía al aumentar o disminuir el flujo de agua [15]. En la figura 2.9 se puede observar las partes de una ducha eléctrica.

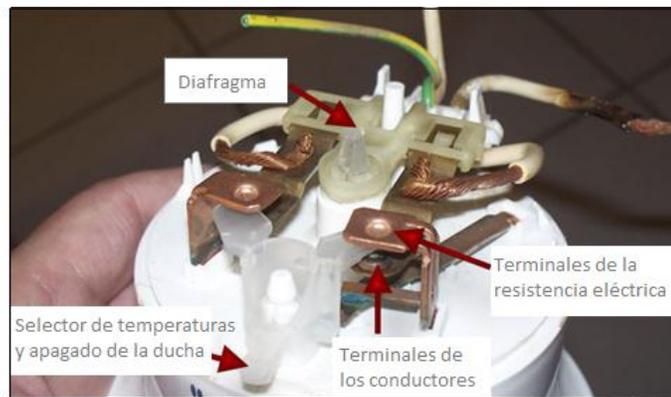


Figura 2. 9 Partes de la ducha eléctrica

Fuente: I. Guerrero, "Ducha Eléctrica. Funcionamiento y partes," [online]. México, 2011.

### 2.2.6 Microcontroladores

Es un circuito integrado programable, el cual posee en su interior entradas, salidas y memoria de almacenamiento para su total funcionalidad. Este circuito integrado posee internamente la CPU, memoria RAM, EPROM y elementos periféricos de forma que se puedan realizar todo un sistema de control simplemente conectando los elementos exteriores [13] [16]. En la figura 2.10 se presenta un esquema de bloques general de un microcontrolador.

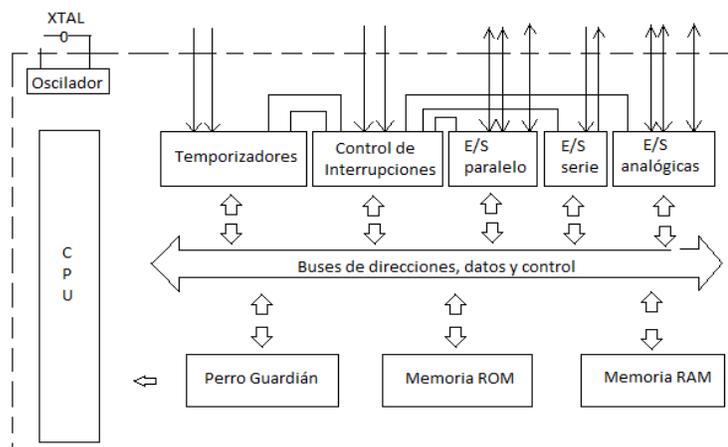


Figura 2. 10 Esquema de bloques general de un microcontrolador.

Fuente: Fernando E. V. Pérez, A. Pallas, "Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC," España, 2007.

Los microcontroladores disponen de un oscilador que genera los pulsos que sincronizan todas las operaciones internas. Al igual que en un microcomputador, el CPU es el cerebro del microcontrolador en la cual se incluyen los circuitos del ALU para realizar operaciones aritméticas y lógicas elementales con los datos binarios, además la CPU de un microcontrolador dispone de diferentes registros algunos de propósito general y otros para propósitos específicos [16].

En la actualidad existen diferentes tipos de microcontroladores, que se adaptan a las necesidades de trabajo de cada usuario, por lo que se ha convertido de gran utilidad para la electrónica, además que al trabajar con cualquier tipo de microcontrolador su programación no cambia ya que se puede utilizar y realizar su programación en diversos tipos de lenguaje.

### **2.2.7 Sonido**

Es la fluctuación de ondas de presión en el aire que son registradas por nuestro oído y el sistema nervioso. “Como base del sonido se tiene la vibración, estas vibraciones producen ondas sonoras que se transmiten a través del aire aunque en ocasiones también son transmitidas a través del aire y la tierra” [17].

La frecuencia del sonido está determinada por el número de vibraciones por segundo, Esta frecuencia será alta si el sonido es agudo y más baja si es grave. El sonido se caracteriza por tener una frecuencia determinada mientras que existe otro concepto el ruido en el cual su frecuencia es indeterminada. De esta manera se puede establecer un sistema de sonidos con frecuencias determinadas y exactas [18].

#### **Cualidades del sonido**

El sonido posee tres cualidades: Intensidad, tono y timbre.

- **Intensidad**

La intensidad del sonido se relaciona con la energía liberada por la fuente emisora y con la distancia a la cual se detecta, de tal manera que un sonido puede ser fuerte,

débil o moderado. El oído no percibe sonidos de todas intensidades es por ello que aquellos que son menores a un cierto nivel no son registrados.

La máxima intensidad que puede soportar el oído humano sin dañarse se denomina umbral de dolor, varía para cada persona y es prácticamente, independiente de la frecuencia del sonido [18].

- **Tono**

El tono de un sonido queda determinado por su frecuencia. Si ésta es elevada (ondas cortas) se dice que el sonido es agudo; si es baja, el sonido se califica como grave. El oído humano detecta ondas que vibran entre 20 y 20000 Hz. A frecuencias bajas el umbral auditivo es mayor que para las altas; es decir, se requiere mayor intensidad para percibir un sonido grave que uno agudo [18].

### **2.2.8 Voz Humana**

Es el sonido más completo y perfecto de la naturaleza, superior al de cualquier instrumento musical. “Nos permite funcionar dentro del grupo social al que pertenecemos, expresar prácticamente sin restricciones ideas, sentimientos, emociones y demás contenidos psíquicos, e influir en la actividad de los otros” [19].

### **2.2.9 Procesamiento digital de voz**

Es el estudio de la señal de voz mediante métodos que permiten procesar digitalmente estas señales, se le denomina digital, ya que las señales pasan a través de procesos tales como el muestreo, la cuantificación y la codificación para llegar completamente a ser una señal digital.

“El procesamiento de voz es un caso especial del Procesamiento Digital de Señales que se aplica a las señales de voz. Está ampliamente ligado al Procesamiento del Lenguaje Natural (Natural Language Processing, NLP) puesto que sus entradas o sus salidas pueden provenir o destinarse a aplicaciones de NLP” [20].

### 2.2.10 Digitalización de la voz

El proceso de digitalización de la señal de voz requiere previamente la conversión de la señal acústica a eléctrica mediante un micrófono, y la conversión de la señal analógica resultante a señal digital.

Para realizar el proceso de conversión de la señal análoga a digital es necesario realizar un muestreo de los valores de la señal cada cierto intervalo de tiempo, denominado periodo de muestreo ' $T_m$ '. Cuyo inverso es la frecuencia de muestreo ' $f_m$ '. “En este punto hay que tener en cuenta que el teorema de Nyquist establece que, para evitar fenómenos de aliasing en señales de paso bajo, es necesario muestrear como mínimo al doble del ancho de banda de la señal. Esto supone incorporar antes del muestreo un filtro de paso bajo antialiasing que limite el ancho de banda de la señal analógica, y elimine el ruido presente más allá del ancho de banda de la señal útil” [21].

Una vez realizado el proceso muestreo en el tiempo, es necesario discretizar los valores de amplitud mediante un convertidor analógico-digital, el cual deberá ser de un número suficientemente elevado de bits. Por ejemplo

- En telefonía digital se utiliza 8 bits.
- En audio con calidad de compact disc 16 bits.
- Para mezclas digitales de CD 20 bits.

La secuencia de muestras resultante recibe el nombre de muestras PCM [21]. Las figuras 2.11 y 2.12 resumen los pasos necesarios para realizar la conversión A/D y D/A respectivamente.



Figura 2. 11 Conversión A/D

Fuente: M. F. Zanuy, “Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia,”



Figura 2. 12 Conversión D/A

Fuente: M. F. Zanuy, "Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia,"

## 2.2.11 Técnicas para el reconocimiento de la voz

### Modelos Ocultos de Markov (MOM)

También denominado Hidden Markov Model (HMM) en terminología inglesa, es un autómata de estados finitos, utilizados para modelar la voz (una frase, una palabra, fonema, etc). En la figura 2.13 y 2.14 se la presentación de modelos de Markov.

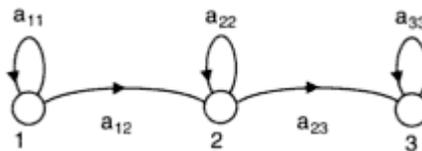


Figura 2. 13 Modelo de Markov para el reconocimiento del habla

Fuente: M. F. Zanuy, "Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia,"

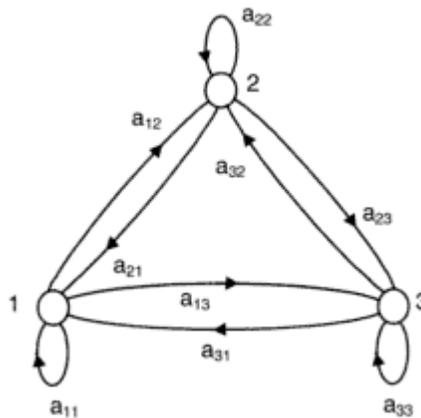


Figura 2. 14 Modelo de Markov ergódico para el reconocimiento de locutor

Fuente: M. F. Zanuy, "Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia,"

Se define la secuencia de características de la palabra de test como:  $y(1), y(2), \dots, y(t), \dots, y(T)$ . A esta secuencia de vectores se le suele llamar observaciones. Un HMM está siempre asociado a una palabra en concreto y es capaz de generar una secuencia de observaciones. Durante el proceso de reconocimiento, a partir de una secuencia de observaciones de entrada, se evalúa cuál de todos los HMM es que presenta mayor probabilidad de haber generado dichas observaciones, que es el correspondiente al modelo de la palabra a reconocer.

Un HMM genera observaciones cada vez que salta de un estado al otro. Cada vez que se obtiene un vector de características de las señales de voz ocurre una transición entre los estados del modelo. La probabilidad de estas transiciones se puede representar mediante una matriz de transición entre estados A:

$$A = \begin{bmatrix} a(1|1) & a(1|2) & \dots & a(1|S-1) & a(1|S) \\ & \dots & & & \\ & & a(i|j) & & \\ & & & \dots & \\ a(S|1) & a(S|2) & \dots & a(S|S-1) & a(S|S) \end{bmatrix}$$

Figura 2. 15 Matriz de Transición

Fuente: M. F. Zamuy, "Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia,"

Se asume que la probabilidad de transición entre estados no varían con el tiempo, de tal forma que el valor  $a(i|j)$  no dependen del instante  $t$  en el que ocurre la transición [21].

### Redes neuronales Artificiales (RNA)

Es una técnica que permite el procesamiento de información (datos) mediante la emulación del sistema nervioso a través de neuronas biológicas. Las neuronas biológicas reciben señales de otras neuronas a través de sus dendritas y transmiten señales generadas por el cuerpo de la célula a través del axón. Las neurona se comunican entre sí mediante trenes de pulsos de corta duración en el orden de los

milisegundos, el cual esta modulado a la frecuencia que varía entre los 100 [Hz]. En la figura 2.16 se aprecia la forma de una neurona biológica [21].

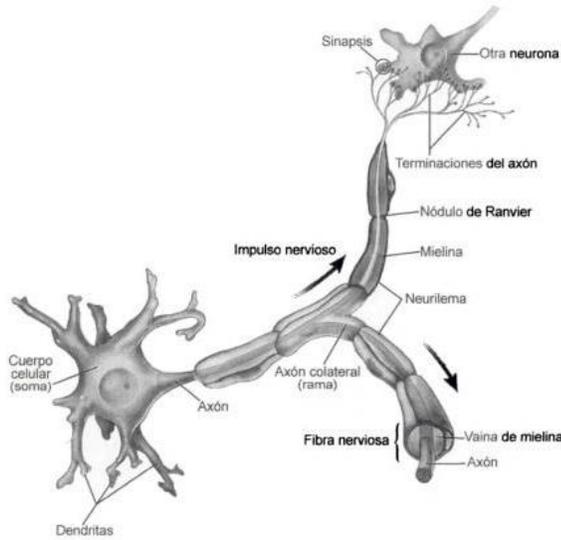


Figura 2. 16 Neurona biológica

Fuente: M. F. Zanuy, "Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia,"

En la figura 2.17 se puede observar el esquema con los elementos básicos de una red neuronal.

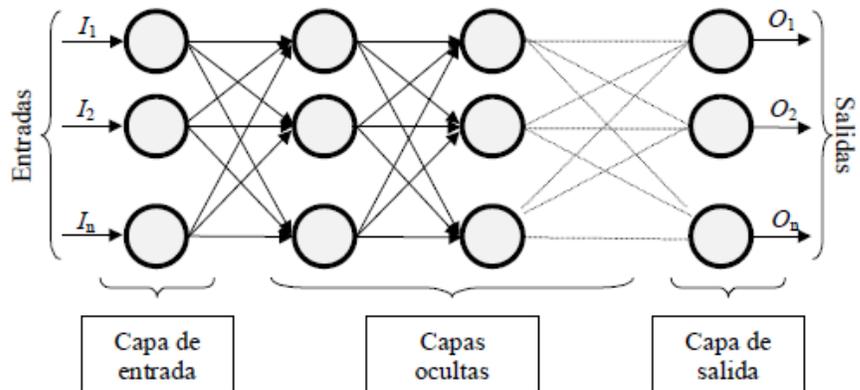


Figura 2. 17 Ejemplo de una red neuronal totalmente conectada

Fuente: Damián Jorge Matich, "Redes Neuronales: Conceptos básicos y aplicaciones," 2001

- **Modelo de neurona artificial**

Las redes neuronales artificiales pretenden emular la red neuronal biológica y se obtiene interconectando neuronas. Para ello se supone un modelo matemático simplificado de la neurona biológica.

Este modelo es una generalización del propuesto por McCulloch y Pitts en 1943:

$$y = f\left[\left(\sum_{i=1}^N w_i x(n-i)\right) - b\right] \quad \text{Ec. (2.1)}$$

En la figura 2.18 se muestra el modelo de una neurona artificial.

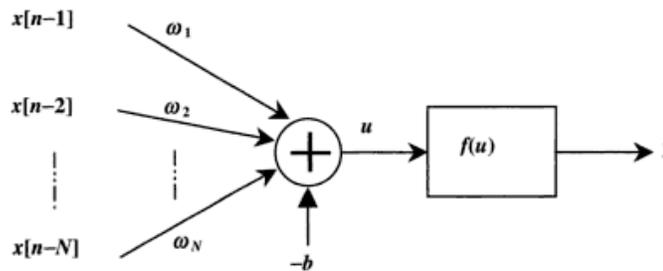


Figura 2. 18 Modelo de neurona artificial

Fuente: Marcous Faúndez Zanuy, “Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia,”

La neurona recibe del exterior un umbral  $b$  y  $N$  entradas a las que se asocian un conjunto de pesos  $w_i = (i = 1, \dots, N)$ . Aplicando el producto de los pesos por las entradas respectivas más el umbral o desplazamiento a una función de activación  $f(u)$ , se obtiene la salida [21].

### 2.2.12 Módulos de reconocimiento de voz.

Son dispositivos electrónicos que permite reconocer o identificar señales de onda producidas por la voz, estos permiten la interacción entre usuario máquina y los cuales fueron diseñados especialmente para aplicaciones robóticas y manipular dispositivos electrónicos de manera fácil y sencilla.

Existen diferentes tipos de módulos de reconocimiento de voz cada uno dispone de un software que permitan relacionar y guardar el lenguaje oral dentro del microcontrolador que posee internamente, para luego dar el uso necesario en diferentes aplicaciones.

Los reconocimientos de voz emplean cuatro tipos de procesos de información: modelos acústicos, diccionario, modelo del lenguaje, sistema de dialogo o conversacionales [22].

- Los modelos acústicos proporcionan información sobre las características y propiedades de los sonidos.
- El diccionario muestra que conjunto de sonidos forman cada palabra del vocabulario.
- El modelo del lenguaje combina las palabras para formar frases.
- Los sistemas de dialogo suelen disponer de predicciones sobre el contenido de la siguiente frase que pronunciará el locutor.

En la figura 2.19 se muestra el esquema típico de un reconocedor de voz.

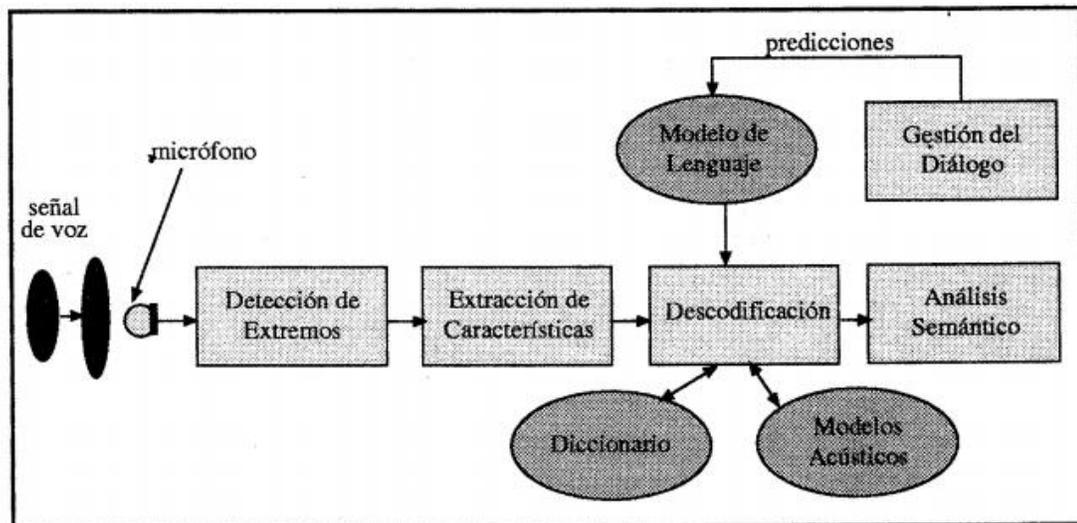


Figura 2. 19 Diagrama de un reconocedor de voz

Fuente: Daniel Tapias Merino, "Sistemas de reconocimiento de voz en las telecomunicaciones", 1999.

El funcionamiento del reconocedor consiste en el ingreso de la señal por el micrófono la cual se convierte en una señal analógica que posteriormente es convertida en secuencias de unos y ceros.

- La señal digitalizada pasa al detector de extremos, donde se detecta la presencia de voz.
- El extractor de características “calcula una serie de parámetros de la señal de voz que tiene información relevante para el proceso de reconocimiento” [22].
- La decodificación se apoya en los modelos acústicos, diccionarios, los modelos del lenguaje y las predicciones para generar la frase reconocida.
- El analizador semántico extrae el significado de la frase que es utilizado por el gestor de diálogo para hacer una predicción sobre la siguiente interacción con el usuario.

Existen muchos tipos de reconocedores de voz especializados en resolver problemas concretos, a continuación se presenta una clasificación de los sistemas de reconocimiento atendiendo a varios criterios [22].

#### **Según el número de locutores que pueden reconocer**

- **Dependiente del locutor:** reconoce la voz de la persona que posteriormente ha grabado o lo ha entrenado.
- **Multi locutor:** Reconoce la voz de un conjunto de personas.
- **Independiente del locutor:** Reconocen la voz de cualquier persona.

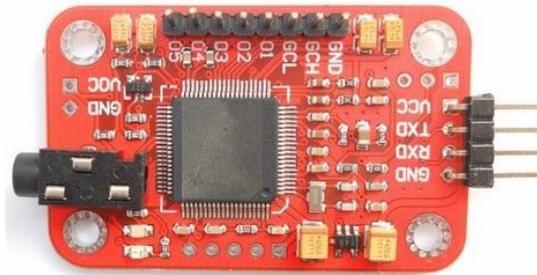
#### **Según el canal**

- Reconocedores a través de micrófono.
- Reconocedores para la red telefónica.

#### **Según el tiempo de respuesta**

- **Reconocedores de tiempo real:** tiempo de respuesta suficientemente rápida permitiendo interacción con el usuario.
- **Resto:** reconocedores en el que el tiempo de respuesta no es un factor importante.

En la figura 2.20 se puede apreciar la placa electrónica de un módulo de reconocimiento de voz dependiente del habla (locutor).



*Figura 2. 20 Módulo de reconocimiento de voz FZ0475*

*Fuente: <http://www.electronicaestudio.com/i/f/SHT-151.jpg>*

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Modalidad de la Investigación**

##### **3.1.1 Modalidad**

En el proyecto se realizó investigación aplicada debido a que se usó los conocimientos que se adquirieron en previa investigación.

También se realizó investigación Experimental puesto que se realizaron pruebas para el desarrollo del proyecto, consiguiendo cumplir todos los objetivos planteados.

Así mismo, se realizó una investigación bibliográfica-documental para conocer más acerca del tema, se utilizaron fuentes como libros, revistas, publicaciones científicas. De tal forma que se profundice en el tema para adquirir conocimientos que ayuden a la formulación de la propuesta.

### **3.1.2 Nivel de conocimiento**

La presente investigación llego al siguiente nivel de conocimiento:

La investigación fue de tipo exploratorio, puesto que permitió al investigador conocer el entorno donde se desarrolla el problema, para de esta manera conocer los parámetros que se deben tomar en cuenta en el desarrollo de la investigación.

La fase descriptiva ayudó a identificar y analizar el problema en cada una de sus partes, y así tener un acercamiento mayor al mismo, lo que permitió tener una mejor visión del objeto de estudio.

### **3.2 Población y Muestra**

Para el presente proyecto no se contó con población, puesto a las características que provee el proyecto y la información requerida pudo ser tomada de fuentes bibliográficas como libros, tesis anteriores, revistas científicas, Internet, trabajos de investigación, papers, patentes etc.

### **3.3 Recolección de la Información**

Para el desarrollo del presente proyecto se recopiló información de libros, internet, revistas científicas, trabajos de investigación, papers, guía del tutor, etc.

### **3.4 Procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento y análisis de datos se llevó a cabo los siguientes aspectos:

- Recolección de datos
- Análisis de la información obtenida, que ayudaran a plantear la mejor alternativa de solución.
- Estudio de todas las propuestas de solución planteadas
- Determinación de la mejor alternativa
- Planteamiento de la propuesta de solución.

### **3.5 Desarrollo del Proyecto**

El desarrollo de este proyecto se realizó en base a:

- Investigación de los diferentes tipos de duchas eléctrica.
- Análisis del funcionamiento de las duchas eléctricas.
- Análisis de los módulos de reconocimiento de voz.
- Elección del módulo de reconocimiento de voz.
- Diseño del circuito de control de flujo y temperatura de agua de una ducha eléctrica.
- Construcción del circuito de control.
- Realización de pruebas de funcionamiento del sistema.
- Corrección de los errores encontrados en las pruebas de funcionamiento.
- Determinación de la validez del sistema.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

El presente proyecto está orientado al diseño e implementación de un sistema de control automático de una ducha eléctrica para facilitar el aseo personal de las personas con ciertas limitaciones en las extremidades superiores, el cual consta de un circuito que permite el control de temperatura y flujo del agua mediante el reconocimiento de la voz. Para lo cual se utiliza una ducha eléctrica, microcontroladores, un módulo de reconocimiento de voz y dispositivos electrónicos que permitan establecer las condiciones y requerimientos del sistema.

En la figura 4.1 se indica el esquema de los puntos que permitieron el desarrollo del sistema.

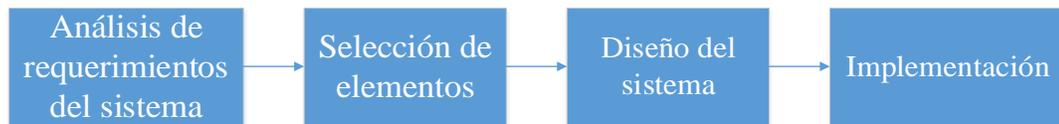


Figura 4. 1 Etapas de elaboración del sistema

Fuente: El Autor

#### 4.1 Análisis de requerimientos del Sistema

El sistema de control automático consta de ducha eléctrica, motor eléctrico, microcontroladores, Triac, Relé, Pantalla LCD y un módulo, que permitirán el control del sistema a través de la programación y configuración de los dispositivos, tomando en cuenta los parámetros necesarios tanto para el control de temperatura como para el control de flujo del agua.

En la figura 4.2 se presenta el esquema sistemático de los elementos que se requieren para desarrollar el prototipo, los cuales serán estudiados de acuerdo a los requerimientos del sistema.

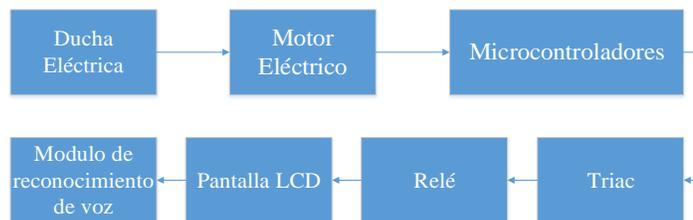


Figura 4. 2 Elementos para el desarrollo del prototipo

Fuente: El Autor

Por lo que se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos para su respectivo funcionamiento:

- Motor eléctrico con buen torque [Kg.cm] de manera que posea la fuerza necesaria para mover la llave de agua.
- Microcontrolador que sea reprogramable en caso de necesitar modificaciones de la codificación de programa.

- Triac con gran capacidad de soportar altas potencia [W] y corriente [A].
- Relé con capacidad de soportar elevadas corrientes [A].
- Pantalla LCD que contenga una buena visualización.
- Módulo de reconocimiento de voz que tenga una buena recepción de la señal del habla.

## 4.2 Selección de elementos

### 4.2.1 Ducha Eléctrica

El sistema requiere de una ducha eléctrica con capacidad de calentar el agua, la ducha no debe sobrepasar los 50 amperios [A] de consumo de corriente y 5500 watts [W] de potencia, ya que en el país se utiliza o trabaja con 110 voltios [V] de corriente alterna (AC). Además debe estar en perfectas condiciones y especialmente al alcance de personas con bajos recursos económicos. En la tabla 4.1 se presenta las características de las duchas eléctricas previamente estudiadas.

*Tabla 4. 1 Características*

<b>Parámetros</b>	<b>Lorenzetti</b>	<b>Rioplast</b>	<b>Kontiki</b>
<b>Temperatura</b>	3 opciones	3 opciones	3 opciones
<b>Sistema de puesta a tierra</b>	Si	Si	Si
<b>Tensión (voltios)</b>	110-220	110-220	110-220
<b>Grado de protección IP</b>	IP24	IP24	IP24
<b>Costo</b>	Entre los 25\$	Entre los 40\$	Entre los 60\$

*Fuente: El Autor*

Por las características expuestas en la tabla se puede notar que las duchas son fabricadas con el mismo fin, que es calentar el agua, ya sea para las distribuciones de 110 o 220 voltios. La diferencia es su costo debido al material con el que son elaborados y al modelo de ducha eléctrica. Debido a que existen diferentes modelos de duchas y su costo varía dependiendo la marca se escoge una ducha Lorenzetti

con modelo simple. En la figura 4.3 se puede observar la estructura externa de una ducha Lorenzetti.



*Figura 4. 3 Ducha Lorenzetti modelo maxi ducha.*

*Fuente: [http://www.lorenzetti.com.br/site\\_in/produto.asp?id=DC0015](http://www.lorenzetti.com.br/site_in/produto.asp?id=DC0015)*

En la tabla 4.2 se observa las características técnicas de las duchas Lorenzetti.

*Tabla 4. 2 Características técnicas*

<b>Características técnicas</b>	
<b>Presión de funcionamiento</b>	10 a 400kPa(1 a 40mca***)
<b>Grado de protección</b>	IP24
<b>Sistema de puesta a tierra</b>	si
<b>Manguera con ducha manual</b>	si

*Fuente: [http://www.lorenzetti.com.br/site\\_in/produto.asp?id=DC0015](http://www.lorenzetti.com.br/site_in/produto.asp?id=DC0015)*

Donde:

\* Para distancias de hasta 30 metros, utilizando conductores de mayor sección.

\*\* mca metros de columna de agua

IP24 Grado de protección contra el polvo mínimo, es decir esferas de 12,5 [mm] de diámetro no entran en el dispositivo por completo. El dispositivo tiene un grado de protección contra chorros de agua.

En la tabla 4.3 se observa las características eléctricas de las duchas Lorenzetti.

Tabla 4. 3 Características Eléctricas

<b>Características Eléctricas</b>			
<b>Tensión [V]</b>	<b>Potencia [W]</b>	<b>Cables(mm2)**</b>	<b>Disyuntor (A)</b>
127	3200	4	30
127	4500	6	40
127	5500	10	50
220	3200	2.5	20
220	4500	4	25
220	5500	4	30

Fuente: [http://www.lorenzetti.com.br/site\\_in/produto.asp?id=DC0015](http://www.lorenzetti.com.br/site_in/produto.asp?id=DC0015)

#### 4.2.2 Motor eléctrico de corriente continúa

El sistema requiere de un motor eléctrico con torque lo suficientemente fuerte para mover una llave de paso, debido a que se necesita controlar el flujo de agua. Por lo que utilizar una electroválvula ON/OFF no es factible, ya que esta tiene dos posiciones: abierto y cerrado. Existen electroválvulas proporcionales las cuales no se toma en cuenta para realizar el proyecto debido a su elevado precio. En la tabla 4.4 se presenta una comparación de los motores eléctricos de corriente continua previamente analizados.

Tabla 4. 4 Comparación de motores eléctricos

<b>Parámetros</b>	<b>Motor</b>	
	<b>Paso a paso</b>	<b>Servomotor</b>
<b>Ángulo de giro</b>	0,72° a 90°	0°, 90° y 180°
<b>Cambio de giro</b>	Complicado	Fácil de invertir
<b>Ruido y vibración</b>	Notable	Muy pequeño
<b>Velocidad</b>	Lento de 1000 a 2000 rpm	Rápido de 3000 a 5000 rpm
<b>Circuito de control</b>	Complicado	Sencillo

Fuente: El Autor

Al analizar las características principales de los motores electrónicos se opta por un servomotor, ya que la llave de paso de agua no necesita moverse más allá de los 180 grados. Además de que posee una de las grandes ventajas que es su velocidad y torque de giro lo cual es indispensable para realizar el correspondiente control de flujo de agua.

Para establecer el servomotor más adecuado al sistema desarrollado se realizó la evaluación de distintos servomotores presentados en la tabla 4.5.

*Tabla 4. 5 Selección del servomotor*

<b>Servomotor</b>	<b>GS-9025MG</b>	<b>HS422</b>	<b>MS-645</b>
<b>Torque</b>	2,5 [Kg.cm]	4,1[ Kg.cm]	9,6 [Kg.cm]
<b>Alimentación</b>	4.8-6 [V]	4.8-6 [V]	4.8-6 [V]
<b>Tipo de engranaje</b>	Platico	Plastic	Metal
<b>Peso</b>	13 [g]	45,5 [g]	55,2 [g]
<b>Tipo de motor</b>	3 polos	3 polos	3 polos
<b>Velocidad</b>	0,11 sec/60°	0.16 sec/60°	0.20sec/60°

*Fuente: El Autor*

Para ejercer el giro sobre la perilla se necesita un torque de más de 9 [KG.cm], por esta razón se ha seleccionado el servomotor MS-645 ya que es el más óptimo para realizar este trabajo, gracias a la gran capacidad de torque que posee.

En la figura 4.4 se muestra el servomotor MS-645 el cual se utilizó en el presente proyecto.



*Figura 4. 4 Servomotor MS-645*

*Fuente: Fotografía tomada con el celular por el Autor*

### 4.2.3 Dispositivos de programación

El sistema requiere de dispositivos de programación, de tal manera que permita cambiar o modificar la codificación interna del programa, esto para futuras actualizaciones del prototipo. Debido a que el sistema requiere de una comunicación entre dos dispositivos de programación, se optó por una tarjeta de Hardware libre y un microcontrolador PIC ya que utilizar dos tarjetas de Hardware Libre incrementaría el presupuesto del prototipo.

#### Tarjeta Hardware Libre

Para la selección de la tarjeta se realizó un análisis de las siguientes plataformas de Hardware Libre, detalladas en la tabla siguiente.

*Tabla 4. 6 Selección de plataforma de Hardware Libre*

<b>Plataforma</b>	<b>Arduino</b>	<b>Sky PIC</b>	<b>Netduino</b>
<b>Alimentación</b>	7-12 [V]	5-2 [V]	7.5-12 [V]
<b>Microcontrolador</b>	AT mega 328	16F8X y 18FXX	STMicro STM32FX
<b>Comunicación con PC</b>	Serial	Serial	Serial
<b>Entradas Analógicas</b>	6	Si	6
<b>Entradas Digitales</b>	14	Si	22
<b>Velocidad de reloj</b>	16 [MHz]	20 [MHz]	48 [MHz]

*Fuente: El Autor*

Una vez analizadas las características de cada una de las plataformas de Hardware libre, se optó por la tarjeta Arduino, debido a que su entorno de programación IDE es fácil y sencillo, ya que posee una similaridad con la programación en C.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la Tarjeta Arduino Uno, ya que cuenta con las entradas y salidas digitales, capacidad de almacenamiento, velocidad de procesamiento aceptable y especialmente por su bajo costo.

En la figura 4.5 se observa la forma física del Arduino Uno.

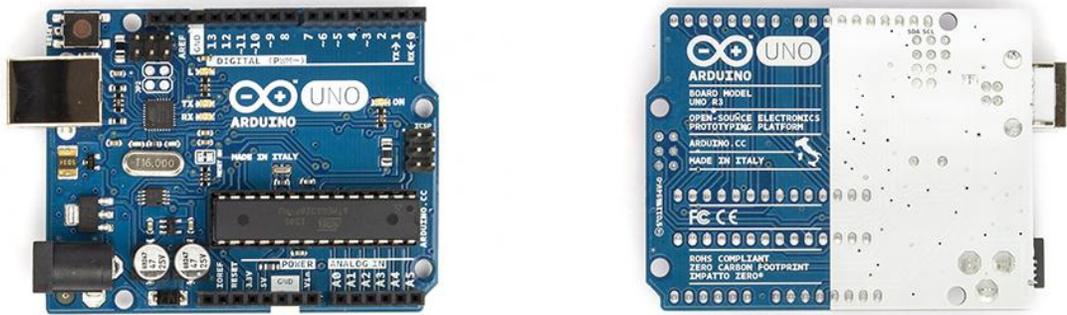


Figura 4. 5 Arduino Uno (ARDUINOmega328)

Fuente: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

### Microcontrolador PIC

En la siguiente tabla se detallan el análisis de los microcontroladores PIC.

Tabla 4. 7 Comparación entre microcontroladores PIC

PIC	16F628A	16F876	16F877A
<b>Memoria de datos</b>	224 bytes RAM, 128 bytes EEPROM	368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM	368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM
<b>Memoria de programa</b>	FLASH, 1K de instrucciones de 14 bits c/u	FLASH, 8K de instrucciones de 14 bits c/u	FLASH, 8K de instrucciones de 14 bits c/u
<b>Instrucciones</b>	35	35	35
<b>Frecuencia Máxima</b>	20MHz	20 MHz	20 MHz
<b>Timer</b>	3	3	3
<b>Corriente Máxima</b>	150mA	250mA	250mA
<b>Voltaje de alimentación</b>	2 a 5,5 V	2 a 5,5 V	3 a 5,5 V
<b>Oscilador</b>	XT	XT, RC, HS, LP	XT, RC, HS, LP
<b>Número de pines</b>	18	28	40

Fuente: El Autor

El PIC 16f628A se ha considerado el más óptico, ya que se tomó en cuenta las características que posee cumpliendo las necesidades que requiere el sistema, detalladas a continuación:

- Número de entradas y salidas digitales requeridas
- Memoria de almacenamiento con capacidad requerida
- Velocidad de procesamiento aceptable
- Bajo costo

#### 4.2.4 Triac

El sistema requiere de un dispositivo de potencia denominado Triac, el cual por medio de este es posible la manipulación de la temperatura del agua, ya que permite controlar o manipular el voltaje mediante disparos controlados por un circuito de control. A continuación se muestra los Triacs previamente analizados.

*Tabla 4. 8 Selección del Triac*

<b>Parámetros</b>	<b>BTA40</b>	<b>BTB41</b>	<b>TSR100AA</b>
$I_{T(RMS)}$	40 A	40 A	100 A
$V_{DRM}/V_{RRM}$	600V y 800V	600V y 800V	600V y 650V
$I_{GT}$	50 mA	50 mA	50 mA

*Fuente: El Autor*

De las características antes mencionadas se puede observar que los Triacs poseen características similares, y la única diferencia es la alta corriente que soportan. Se elige el Triac TSR100AA ya que tiene la capacidad de soportar hasta 100 amperios de corriente haciéndolo ideal para soportar los 50 amperios de corriente que circulan por la ducha eléctrica. En la figura 4.6 se puede observar como es físicamente un Triac TSR100AA y en la figura 4.7 se observa el esquema interno del Triac TSR100AA.



Figura 4. 6 Triac TSR100AA60

Fuente: El Autor

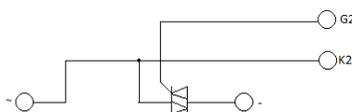


Figura 4. 7 Esquema del Triac TSR100AA

Fuente: [http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/sanrex/TSR100AA40\\_60\\_Spec\\_sheet.pdf](http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/sanrex/TSR100AA40_60_Spec_sheet.pdf)

#### 4.2.5 Relé electromagnético

El sistema requiere de un Relé electromagnético que trabaje como interruptor al ser controlado por un dispositivo externo, de tal manera que permita habilitar y deshabilitar la circulación de la corriente hacia la ducha, por lo que es indispensable que el relé tenga la capacidad de soportar altas corrientes. En la tabla siguiente se presentan los relés previamente analizados.

Tabla 4. 9 Selección de Relé electromagnético

Relés electromagnéticos	BOSCH	GAMA	VLAIR
Alimentación (bobina)	8-12 [V]	12-14 [V]	8-12 [V]
Pines	5	5	5
Corriente que soporta	50 [A]	80 [A]	40 [A]
Corriente (bobina)	160 [mA]	160 [mA]	160 [mA]
Resistencia (bobina)	69-80 [Ohm]	69-80 [Ohm]	69-80 [Ohm]

Fuente: El Autor

Tomando en cuenta la corriente que consume la ducha eléctrica se ha considerado un Relé capaz de soportar 80 amperios [A] de corriente haciendo eficiente el uso del mismo. En la Figura 4.8 se puede apreciar la forma de un relé electromagnético.



Figura 4. 8 Relé electromagnético

Fuente: El Autor

#### 4.2.6 Pantalla LCD

La pantalla LCD es de gran importancia para el proyecto ya que permite a los usuarios, en este caso a la persona discapacitada a visualizar los parámetros que se encuentren activado ya sea el encendido, apagado de la ducha, el control de temperatura y el control de caudal del agua, además de los estados en que se encuentran.

En la tabla 4.10 se detalla las características de los módulos LCDs

Tabla 4. 10 Selección de pantalla LCD

<b>Pantalla LCD</b>	<b>16X1</b>	<b>16X2</b>	<b>16X4</b>
<b>Alimentación</b>	4,7-5,3 [V]	4,7-5,3 [V]	4,7-5,3 [V]
<b>Pin de datos</b>	8	8	8
<b>Ajuste de contraste</b>	Con resistencia variable	Con resistencia variable	Con resistencia variable
<b>Corriente</b>	260 [mA]	260 [mA]	260 [mA]
<b>Filas</b>	1	2	4
<b>Columnas</b>	16	16	16

Fuente: El Autor

Tomando en cuenta los estados que se necesita visualizar se optó por una pantalla LCD de 16X2, es decir, dos filas y dieciséis columnas, ya que son económicos y especialmente fáciles de programar.

En la figura 4.9 se aprecia la forma física de un módulo LCD.



Figura 4. 9 Módulo LCD 16X2

Fuente: <http://www.hobbytronics.co.uk/lcd-16-2-backlight-blue>

#### 4.2.7 Módulo de reconocimiento de voz

El sistema requiere de un dispositivo electrónico que permita reconocer señales de voz, para así, de esta manera poder entrelazar una comunicación hombre-máquina. Adicionalmente el dispositivo debe poseer características las cuales permitan adaptarse a la placa Arduino Uno ya que a través de este se controlará y manipulará cada uno de los elementos de salida que requiere el proyecto. En la siguiente tabla se muestra los dispositivos electrónicos de reconocimiento de voz previamente estudiados.

Tabla 4. 11 Módulos previamente estudiados

MÓDULO	Voice Recognition v2	Easy VR Shield	VR Stamp
<b>Compatible</b>	Tarjeta Arduino y PIC	Arduino	Utiliza su misma tarjeta de programación
<b>Reconocimiento de palabras</b>	Una sola palabra	Más de una palabra	Más de una palabra
<b>Modos</b>	Dependiente del habla	Dependiente del habla e Independiente del habla	Dependiente del habla e Independiente del habla
<b>Alimentación</b>	4,5-5,5 [V]	3,3-5 [V]	3-3,6 [V]
<b>Corriente</b>	Menor a 40 [mA]	12 [mA]	26 [mA]
<b>Softwares</b>	Access Port	Easy Commander Quick T2SI™	Sensory Loader 4(SL4) QuickSynthesis™ 4. Quick T2SI™,

Fuente: El Autor

Se ha considerado el módulo de reconocimiento de voz EasyVR Shield, ya que se puede adaptar de manera simple al Arduino Uno, debido a que el módulo es fabricado especialmente para acoplarse a esta tarjeta, brindando grandes ventajas y mayor comodidad de uso.

El EasyVR shield es un módulo "esclavo" de comunicación a través de una interfaz serie asíncrona (comúnmente conocido como Interfaz UART), con las siguientes características:

- Velocidad de transmisión: 9600 baudios (predeterminado), 19200, 38700, 57600, 115200.
- Estructura de palabra: 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada.

Además dispone de una memoria interna donde se guardan los sonidos a reconocer, previamente grabados con un software específico. Puede almacenar hasta 32 sonidos diferentes dependientes del locutor [23].

En la Figura 4.10 se puede observar físicamente como está constituido el módulo EasyVR Shield.



*Figura 4. 10 Modulo Easy VR Shield*

*Fuente: <http://arduino.cl/easyvr-shield-2-0/>*

### Análisis comparativo de las técnicas de reconocimiento de voz

En la siguiente tabla se presenta las principales características de las técnicas de reconocimiento de voz previamente mencionadas en el capítulo dos.

Tabla 4. 12 Técnicas utilizadas por la mayor parte de los módulos

<b>HMM(Modulos Ocultos de Markov)</b>	<b>RNA (Redes Neuronales Artificiales)</b>
Se basa en la comparación de patrones tipo estocásticos, debido a que posee algoritmos de entrenamiento y reconocimiento.	No son algorítmicas, es decir, no se programan siguiendo una secuencia predefinida de instrucciones.
Se lo utiliza por dos etapas la una para formar palabras usando modelos acústicos y el otro para modelar el lenguaje que va a estar sujeto a las restricciones gramaticales.	Generan sus propias reglas para asociar la respuesta a su entrada, es decir, aprenden por ejemplos y de sus propios errores.
Modelos de HMM: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos de Izquierda a Derecha</li> <li>• Modelos Ergódico</li> </ul>	Topologías de RNA: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perceptron</li> <li>• Backpropagation</li> <li>• Hopfield</li> <li>• Kohonen</li> </ul>

Fuente: El Autor

Cabe indicar que se desconoce la técnica de reconocimiento de voz que utiliza el módulo EasyVR, ya que sus creadores (Empresa Veear) reservan este tipo de información así como elementos electrónicos como integrados y otros dispositivos que utilizan para la creación de la misma, de esta manera evitar copias, duplicas de sus dispositivos.

En vista que la mayor parte de los módulos de reconocimiento de voz utilizan las técnicas de los Modelos Ocultos de Markov se procede a realizar un análisis matemático para tener una idea logística.

- **Análisis Matemático**

Señal de voz sonorizada en el dominio del tiempo

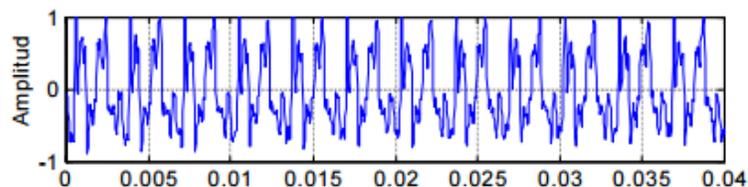


Figura 4. 11 Señal sonorizada

Fuente: [http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1\\_IntroReconocimientoVoz.pdf](http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1_IntroReconocimientoVoz.pdf)

Para trabajar en el dominio de la frecuencia se requiere obtener el espectro de la señal, el cual se obtiene mediante la Transformada Rápida de Fourier

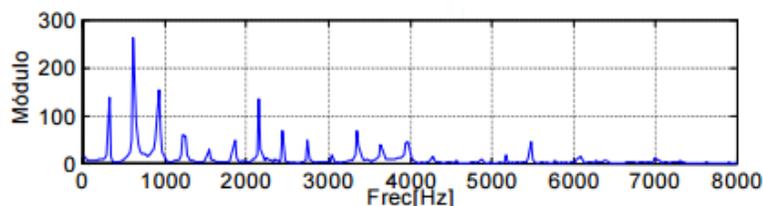


Figura 4. 12 Señal sonorizada en el dominio de la frecuencia

Fuente: [http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1\\_IntroReconocimientoVoz.pdf](http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1_IntroReconocimientoVoz.pdf)

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_0(k)W^{nk} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

➤ **Análisis Cepstral**

El modelo source-filter, descompone la señal de voz S, en excitación E y un filtro lineal caracterizado por su respuesta en frecuencia H(f).

Se sabe que en el dominio temporal se puede expresar con una convolución:

$$S(t) = H(t) * E(t) \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Siendo H la respuesta al impulso del filtro.

En el dominio de la frecuencia:

$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

Siendo  $S(f) = |S(f)|e^{jw}$

Donde:

**H(f)** es la envolvente del espectro

**E(f)** los detalles que se aproximan a impulsos.

En la figura se observa un ejemplo del espectro obtenido de la FFT de un segmento de una vocal tratado con una ventana de Hamming.

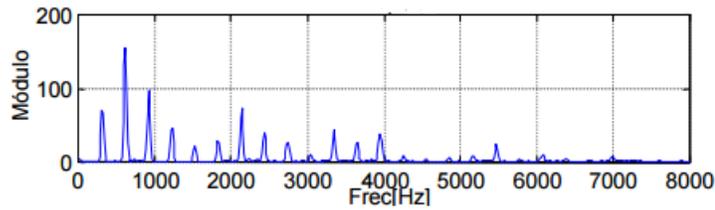


Figura 4. 13 Segmento de una vocal tratado con una ventana de Hamming

Fuente: [http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1\\_IntroReconocimientoVoz.pdf](http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1_IntroReconocimientoVoz.pdf)

Ventana de Hamming:

$$Wn = \begin{cases} 0,54 - 0,46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) & \text{si } 0 \leq n \leq N - 1 \\ 0 & \text{si } 0 > n > N \end{cases} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

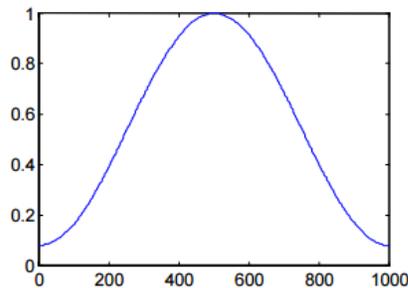


Figura 4. 14 Ventana de Hamming

Fuente: [http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1\\_IntroReconocimientoVoz.pdf](http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1_IntroReconocimientoVoz.pdf)

Aplicando la escala logarítmica nos queda:

$$\log |S(f)| = \log |H(f)| + \log |E(f)| \quad \text{Ec. (4.4)}$$

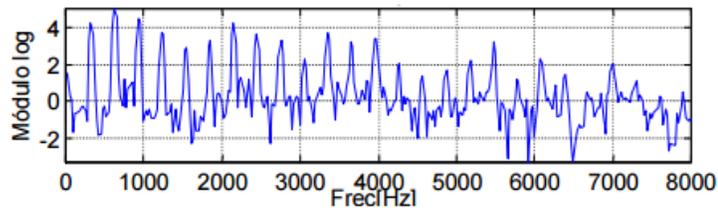


Figura 4. 15 Transformada Rápida de Fourier en escala logarítmica

Fuente: [http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IAI\\_IntroReconocimientoVoz.pdf](http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IAI_IntroReconocimientoVoz.pdf)

### ➤ Análisis en escalas no lineales

La escala de frecuencia Mel es la que se aproxima a la sensibilidad del oído humano y se representa de la siguiente manera:

$$m = 2595 \log\left(1 + \frac{f}{700}\right) \quad \text{Ec. (4.5)}$$

ó

$$m = \frac{1000}{\ln\left(1 + \frac{1000}{700}\right)} \ln\left(1 + \frac{f}{700}\right)$$

Donde:

f= Frecuencia en [Hz]

Usando una escala de este tipo, se trata de tener el mejor compromiso entre la resolución frecuencia tiempo, ya que usa un ancho de banda pequeño en baja frecuencia lo que permite resolver armónicos, y en alta frecuencia un ancho de banda más grande que permita buena resolución de ráfagas temporales. A continuación tenemos el espectro de potencia en dB transportado a la escala Mel:

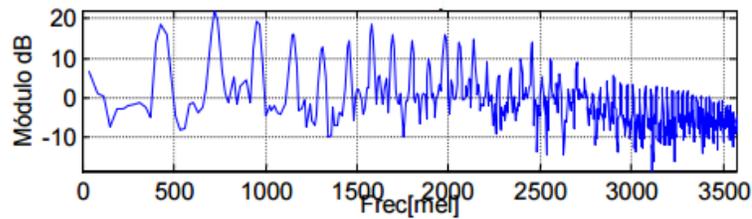


Figura 4. 16 Espectro de potencia en escala de Mel

Fuente: [http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1\\_IntroReconocimientoVoz.pdf](http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1_IntroReconocimientoVoz.pdf)

### ➤ Modelos Ocultos de Markov

Para el reconocimiento del habla la técnica de los Modelos Ocultos de Markov utiliza las cadenas de Markov, las cuales son procesos discretos en el tiempo. Estas dependen del estado actual del proceso y además poseen la propiedad de las probabilidades que describen como evolucionará el proceso en el futuro.

La cadena homogénea es cuando la probabilidad no depende del tiempo para ir del estado “i” al estado “j”. Se lo representa de la siguiente manera [24]:

$$P(x_n = j | x_{n-1} = i) \quad \text{Ec. (4.6)}$$

#### *Probabilidades de transición*

Las cadenas homogéneas finitas de Markov son sucesiones de “n” experimentos con “m” transiciones posibles, por lo que la probabilidad de una respuesta particular depende del resultado anterior. Se lo representa de la siguiente manera [24].

$$p_{ij} = P(x_n = j | x_{n-1} = i) \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Donde:

$p_{ij}$  = probabilidades de transición.

Si  $p_{ij} > 0$  se dice que el estado “i” puede comunicarse con el estado “j”.

$$\sum_{j=1}^m p_{ij} = 1 \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Con los valores obtenidos se procede a formar una matriz cuadrática (m x m) de transición T.

$$T=[p_{ij}] \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mm} \end{bmatrix}$$

En la figura 4.17 se puede observar un esquema representativo del tratamiento de la señal para el reconocimiento de voz (palabras).

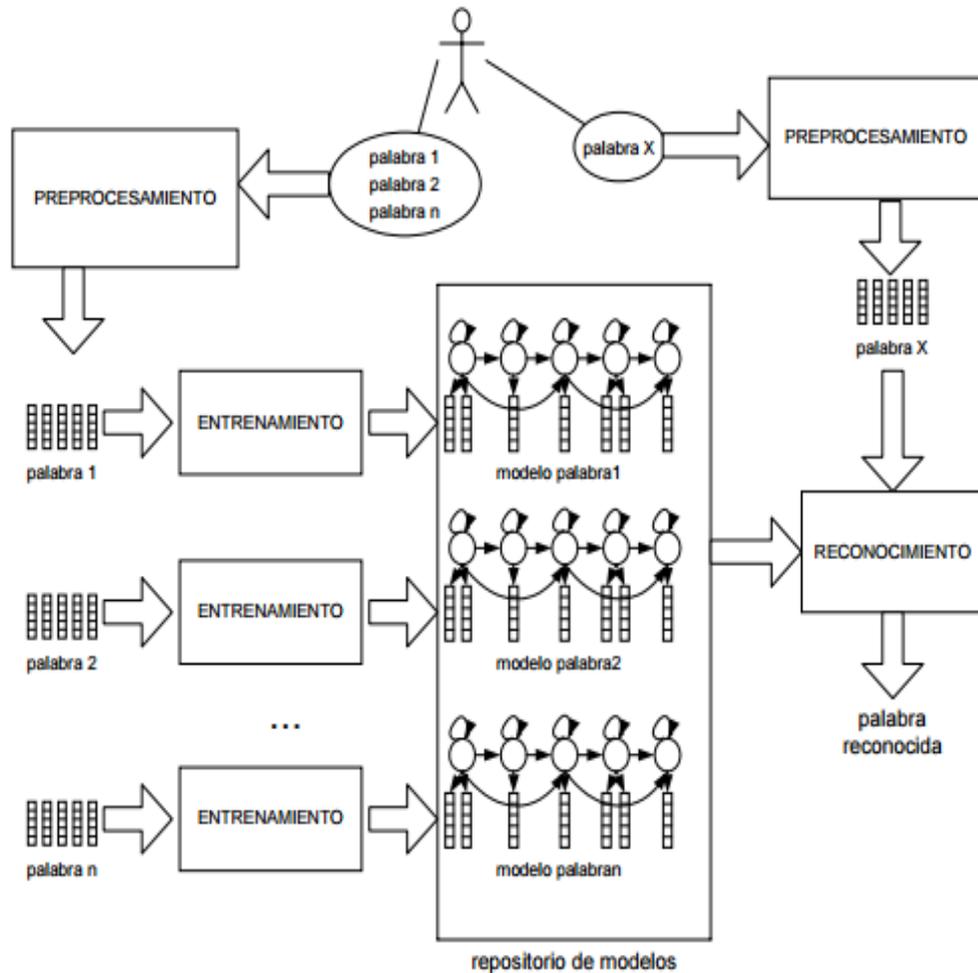


Figura 4. 17 Esquema de reconocimiento de voz

Fuente: [http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1\\_IntroReconocimientoVoz.pdf](http://www.secyt.frba.utn.edu.ar/gia/IA1_IntroReconocimientoVoz.pdf)

#### 4.2.8 Diseño del sistema

El sistema tendrá el siguiente esquema.



Figura 4. 18 Esquema del sistema

Fuente: El Autor

En la Figura 4.19 se detalla gráficamente cada una de las partes de como está constituido el sistema.

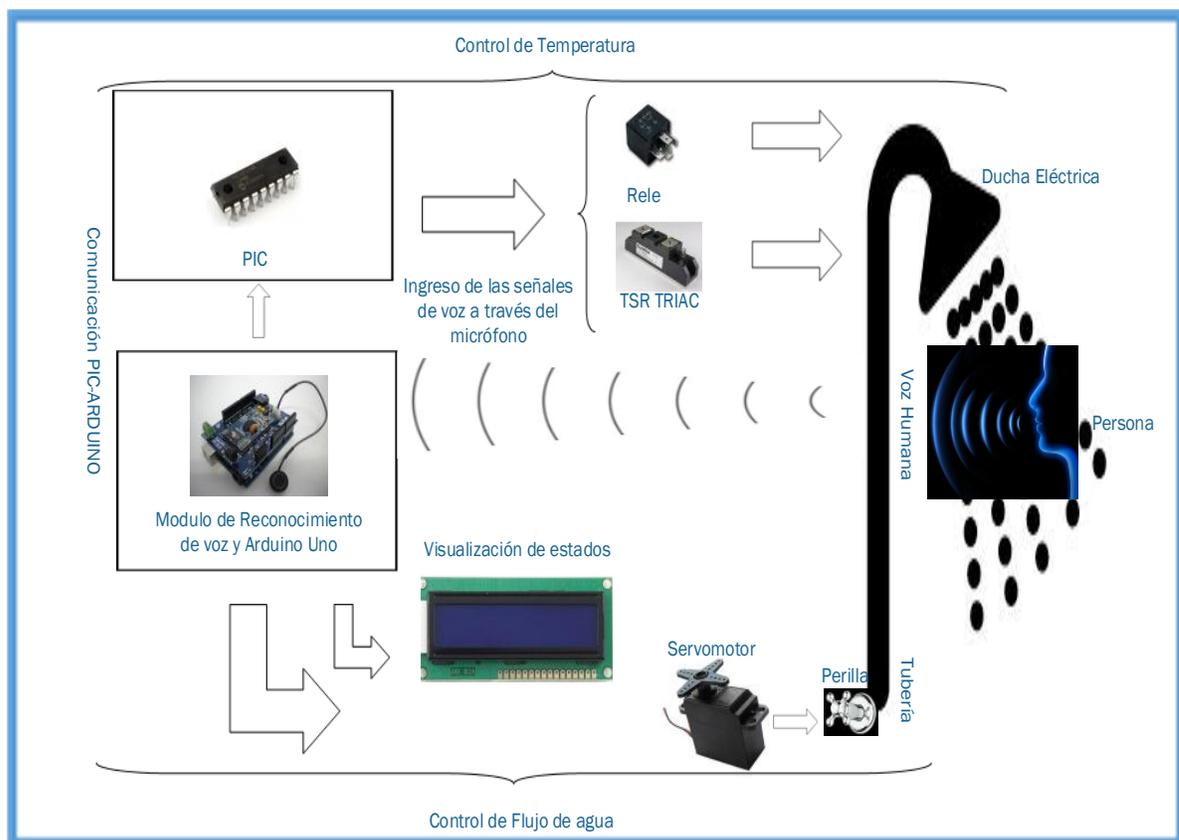


Figura 4. 19 Diseño del Sistema

Fuente: El Autor

#### 4.2.9 Diseño de la fuente de alimentación

La Fuente para el sistema debe ser capaz de abastecer el circuito de control, ya que dicho circuito requiere que se trabaje con alimentaciones de voltajes de 12VDC y a 6VDC.

Se debe tomar a consideración cuanto consume de corriente los elementos que conforman la fuente para determinar la carga total de consumo del sistema.

*Tabla 4. 13 Consumo del circuito*

<b>CONSUMO DEL CIRCUITO</b>		
	<b>Corriente máxima</b>	<b>Potencia</b>
<b>PIC 16F628A</b>	150mA	0,75W
<b>Relé</b>	160mA	1,92W
<b>MOC 3010</b>	50mA	0,25W
<b>MOC 4n25</b>	10mA	0,05W
<b>ARDUINO</b>	300mA	1,8W
<b>Total</b>	1550mA	4,77W

*Fuente: El Autor*

Realizando un análisis de la corriente y potencia que utilizan los dispositivos electrónicos a utilizar, se toma en cuenta el consumo de potencia total para la elección del transformador.

En la tabla 4.14 se observan las características principales que posee el transformador.

Tabla 4. 14 Características del Transformador

<b>CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR</b>	
<b>Tap central</b>	Si
<b>Entrada del transformador</b>	120VAC-60Hz
<b>Salidas del Transformador</b>	18VAC-60Hz y 9VAC-60Hz
<b>Corriente</b>	2 [A]
<b>Potencia</b>	36 [W]

Fuente: El Autor

Las características que posee el transformador lo hace ideal para la elaboración de la fuente dado a que el circuito que se alimentará con la fuente tiene un consumo total de 4,77 [W] y el transformador soporta hasta 36 [W].

#### 4.2.9.1 Cálculos para la fuente de 12V

Se utilizara un puente de diodos considerando los terminales +9V y -9V para la etapa de rectificación de la onda y para el cálculo del condensador se debe tomar en cuenta el voltaje máximo ( $V_{max}$ ).

$$V_{max} = V_o * \sqrt{2} \quad \text{Ec. [4.1]}$$

Donde  $V_o$  es el voltaje que entrega el transformador a través de sus terminales en este caso 18V. Reemplazando tenemos el siguiente voltaje:

$$V_{max} = 18V * \sqrt{2}$$

$$V_{max} = 25,5V$$

Al voltaje obtenido se le debe restar 1.4V debido a que es el valor que consume el par de diodos por cada ciclo. Por lo tanto el voltaje máximo será:

$$V_{max} = 25,5 - 1,4$$

$$V_{max} = 24,1V$$

El valor del condensador se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{5 * I}{f * V_{max}} \quad \text{Ec. [4.2]}$$

Dónde:

$I$  = corriente máxima del transformador

$f$  = frecuencia de la red

$V_{max}$  = voltaje máximo calculado

Reemplazando los valores correspondientes obtenemos el valor del condensador electrolítico.

$$C = \frac{5 * 2A}{120 * 24,1V}$$

Se utiliza 120 frecuencia puesto que a la salida del rectificador esta se reduce.

$$C = 3457\mu F$$

Después del filtro se requiere un regulador de voltaje, en este caso el LM7812 ya que este regulador es fijo y se consigue obtener el voltaje lineal deseado. Seguido del regulador se coloca un capacitor de 0,1 $\mu$ F ya que actuará como filtro que se encargara de minimizar el ruido y las caídas de tensión provocadas por el capacitor.

#### 4.2.9.2 Cálculos para la fuente de 5V

Se utilizara un puente de diodos considerando los terminales +9V y 0V para la etapa de rectificación de la onda y para el cálculo del condensador se debe tomar en cuenta el voltaje máximo ( $V_{max}$ ), donde  $V_o$  es el voltaje proveniente del transformador.

$$V_{max} = V_o * (\sqrt{2}) - 1,4V$$

Se le resta 1,4V ya que es el voltaje consumido del par de diodos.

$$V_{max} = 9V * (\sqrt{2}) - 1,4$$

$$V_{max} = 11,3V$$

Para determinar un valor del condensador se utiliza la fórmula 4.4 ya utilizada con anterioridad, y reemplazando los valores actuales tenemos:

$$C = \frac{5 * I}{f * V_{max}}$$

$$C = \frac{5 * 2A}{120 * 11,3V}$$

Se utiliza 120 frecuencia puesto que a la salida del rectificador esta se reduce.

$$C = 7374\mu F$$

Después del filtro se requiere un regulador de voltaje, en este caso el LM7805 ya que este regulador es fijo y de esta manera se consigue obtener el voltaje lineal deseado. De la misma manera al igual que en caso anterior se coloca un capacitor de 0,1uF seguido del regulador ya que actuará como filtro que se encargara de minimizar el ruido y las caídas de tensión provocadas por el capacitor.

A continuación se muestra en la figura 4.20 el esquema de la fuente de alimentación

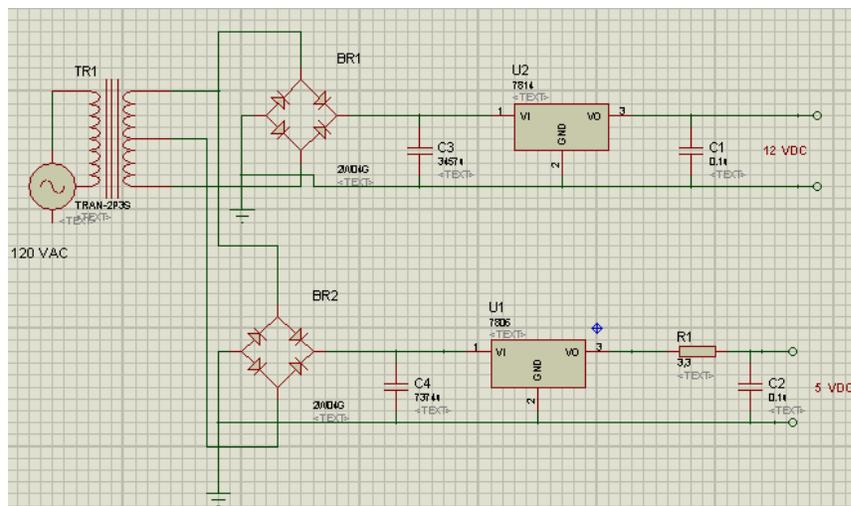


Figura 4. 20 Esquema de la fuente de alimentación

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

#### 4.2.10 Diseño del circuito de control

El circuito de control del proyecto consta de un servomotor que se encargara de mover la llave de agua permitiendo el control del flujo del agua en tres estados denominados Máximo, Medio, Mínimo. Este está conectado al Arduino Uno directamente y es manipulado a través del módulo de reconocimiento de voz. También consta de la elaboración de un dimmer, el cual permite controlar la temperatura del agua en cuatro estados denominados Temperada, Tibia, Caliente, Desactivar. Estos estados son controlados con comandos de voz con la ayuda del módulo de reconocimiento de voz a través del Arduino Uno y del microcontrolador PIC16f628A. En la figura 4.21 se aprecia el esquema de la simulación del proyecto.

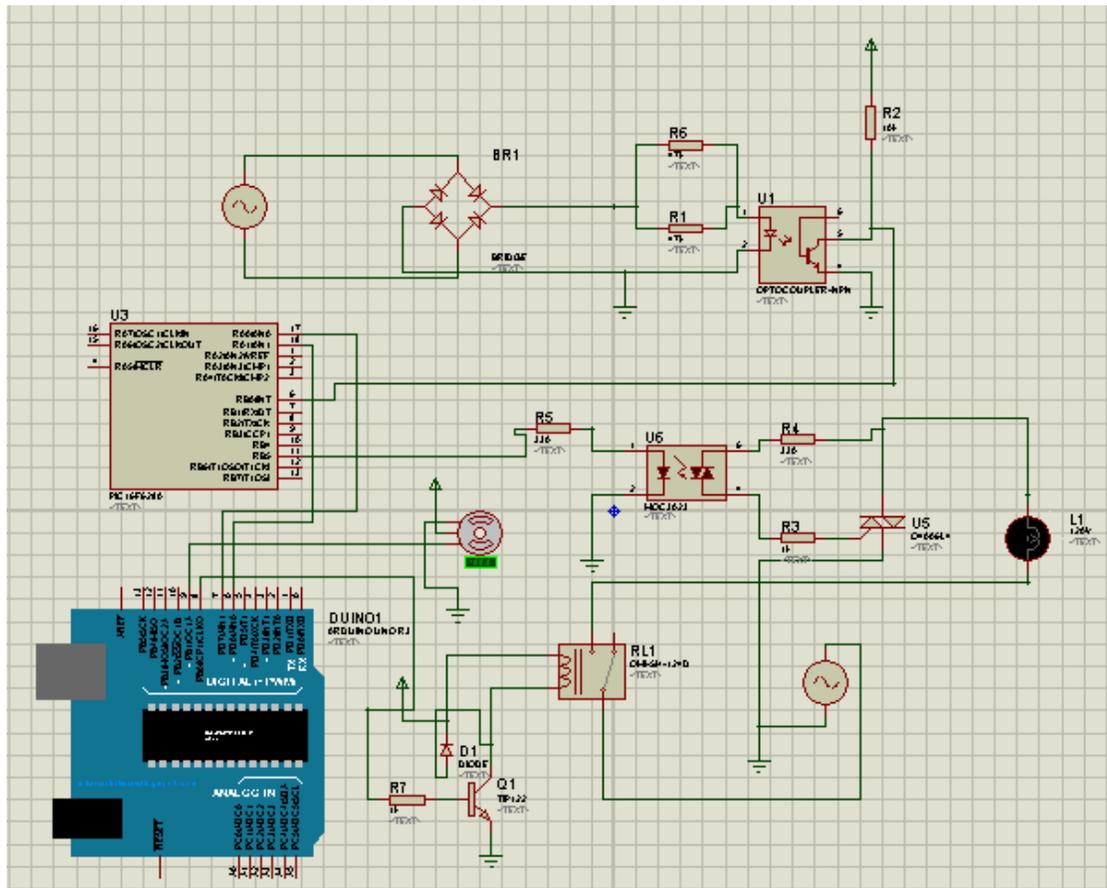


Figura 4. 21 Esquema de simulación del proyecto

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

Cabe aclarar que el foco representa a la ducha eléctrica en la figura 4.21 ya que en el software que se realizó la respectiva simulación no posee una ducha eléctrica como herramienta. Para realizar un dimmer capaz de controlar el ángulo de conducción se utiliza elementos electrónicos de alta potencia, debido a que por la ducha circula aproximadamente 50 [A] de corriente y consume 5500 [W] vatios de potencia.

Se utiliza una tarjeta Hardware libre y un microcontrolador PIC debido que al realizar el control de temperatura se utiliza un comando que impide que se realice otras tareas, tanto para la tarjeta Arduino Uno con lenguaje de programación de IDE como para el microcontrolador PIC con lenguaje de programación PICBasic.

**Attachinterrupt:** lenguaje de Programación de Arduino

**ON INTERRUPT:** lenguaje de Programación PicBasic PRO

Para el módulo de reconocimiento de voz se utiliza el Arduino Uno debido a que le módulo está diseñado específicamente para adaptarse a Arduino.

El módulo Easy VR Shield se puede utilizar en modo dependiente del habla, es decir grabar la voz de la persona de quien reconocerá en dicha aplicación, y el modo independiente del habla quiere decir que no hay la necesidad de grabar la voz de la persona, solo basta con escribir la acción que se desea realizar, pero para utilizar este método se necesita un software denominado QUICKT2I. Para la utilización de este software se necesita una licencia la cual no es gratuita y su costo está por encima de los 250 euros.

En este caso se utiliza el modo dependiente del habla ya que el proyecto es solamente un prototipo y mediante este demostrar cuan eficiente resultaría su aplicación, es importante mencionar que al utilizar el modo dependiente del habla se aplicaría en domicilios con alguna persona que sufra con cierta discapacidad ya que solamente dicha persona podrá hacer uso del proyecto, debido a que se grabara la

voz de la persona con deficiencia en las extremidades superiores. Es claro que el proyecto podría ser aplicado a una fundación con problemas de discapacidad o para el uso general de todas las personas siempre y cuando se adquiriera la licencia para de esta manera utilizar el modo independiente del habla. Para configurar el módulo EasyVR Shield se requiere del software llamado EasyVR Commander, diseñado específicamente para interactuar entre el módulo y el computador, ofreciendo la facilidad y la comodidad de grabar, borrar o corregir las palabras ingresadas en la memoria del módulo.

#### 4.2.11 Implementación del prototipo

##### Control de fase

Para el control de fase se realiza un circuito denominado detector de cruce por cero, el cual es el encargado de generar pulsos cada vez que la señal de 110 voltios cambie de ciclo. Se utiliza un optotransistor 4N25, ya que una de sus aplicaciones es detectar el retorno a cero de una señal, lo que lo hace ideal para el desarrollo del prototipo. El 4n25 posee internamente un led infrarrojo y un transistor. En la figura 4.22 se aprecia la configuración interna de un optotransistor.

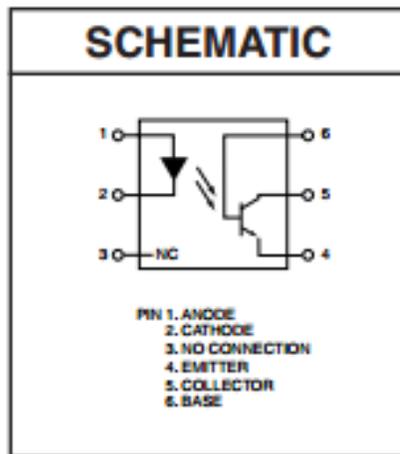


Figura 4. 22 Configuración esquemática del Optotransistor 4N25

Fuente: <http://pdf.datasheetcatalog.net/datasheet/54airchild/4N25.pdf>

Para alimentar el led infrarrojo se utiliza un puente de diodos, debido a que este requiere de corriente continua para su funcionamiento. Este se comunica o interactúa con el transistor a través de emisiones de luz (haces de luz). La señal de cruce por cero se toma del colector que se encuentra conectado a 5 voltios con una resistencia, y el emisor se conecta a tierra cerrando el circuito. En la figura 4.23 se muestra el esquema del circuito de cruce por cero, mientras que en la 4.24 se muestra la forma de onda rectificada y los pulsos que se generan en cada cruce por cero de la onda rectificada.

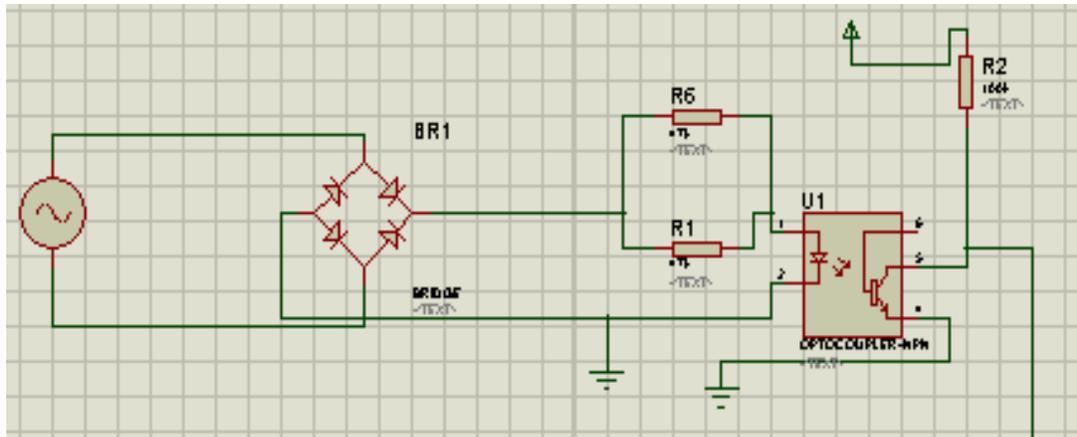


Figura 4. 23 Esquema del circuito de cruce por cero

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

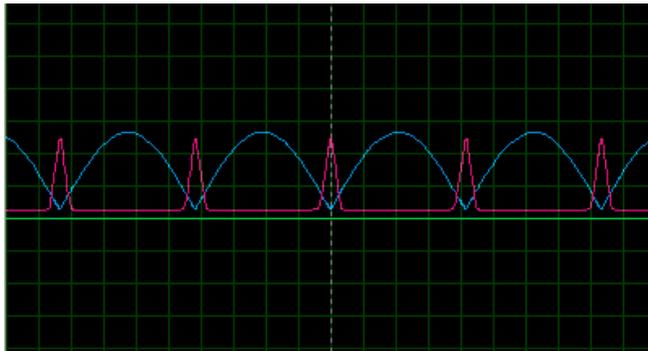


Figura 4. 24 Formas de onda del circuito de cruce por cero

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

La señal de cruce por cero se manipula a través del PIC mediante el comando ON INTERRUPT el cual es activado por el pin RB0. Una vez activada la interrupción entra en un ciclo llamado PROG en el cual se programa el control del ángulo de disparo, de tal manera que los parámetros programados dentro del ciclo PROG dependen de las señales provenientes desde el microcontrolador Arduino Uno, que es el encargado de recibir (leer) las señales de voz provenientes del módulo de reconocimiento de voz a través de la librería EasyVR mediante el comando “easyvr.recognizeCommand(group)”.

Como protección del circuito de control se utiliza un optotriac 3010, ya que sirve como ayuda al transmitir señales entre circuitos de diferentes potenciales e impedancias, es decir, aislando el circuito de control del circuito de potencia, evitando de esta manera que no se dañe el etapa de control al producirse cualquier tipo de anomalía eléctrica en la etapa de potencia, así como cortocircuitos, sobrecargas, etc. En la figura 4.25 se muestra el esquema de un optotriac.

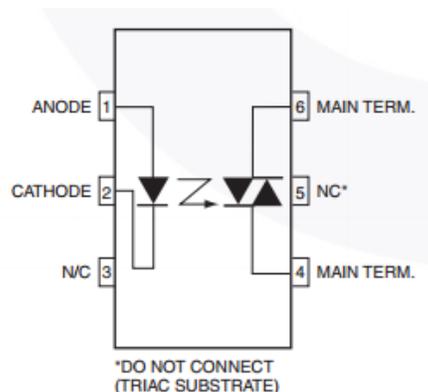


Figura 4. 25 Esquema del Optotriac

Fuente: <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/MO/MOC3023M.pdf>

Hay que tomar en cuenta que el optotriac no solamente sirve de aislamiento entre el circuito de control y el circuito de potencia, también sirve de acoplamiento a la señal que entrega el PIC para que produzca el disparo el Triac.

En la figura 4.26 se presenta el esquema del circuito de control acoplado a través del optotriac al circuito de potencia.

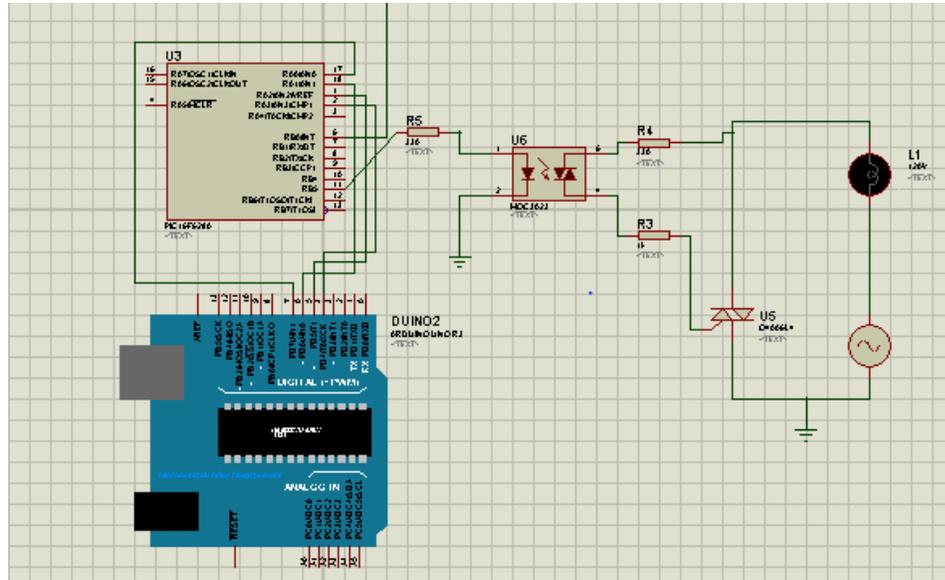


Figura 4. 26 Esquema de acoplamiento del circuito de control y del circuito de potencia

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

Para visualizar los ángulos de disparo y de conducción se toma imágenes de la simulación realizada en Proteus. En las figuras se pueden observar las formas de ondas con sus respectivos ángulos de disparo y ángulos de conducción. En la figura 4.27 con un disparo a  $0^\circ$ , en la figura 4.28 con un disparo a  $163,38^\circ$ , en la figura 4.29 con disparo  $90^\circ$  y en la figura 4.30 con disparo  $180^\circ$ .



Figura 4. 27 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 0-180(grados)

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

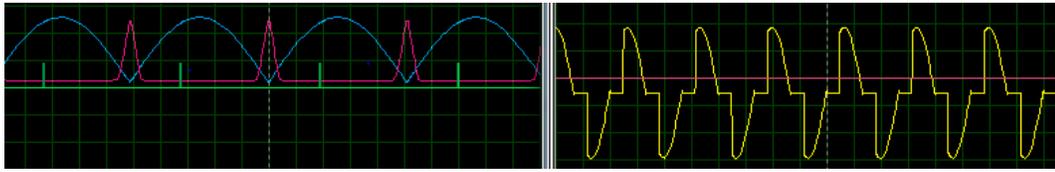


Figura 4. 28 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 63,38-116,62(grados)

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor



Figura 4. 29 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 90-90(grados)

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

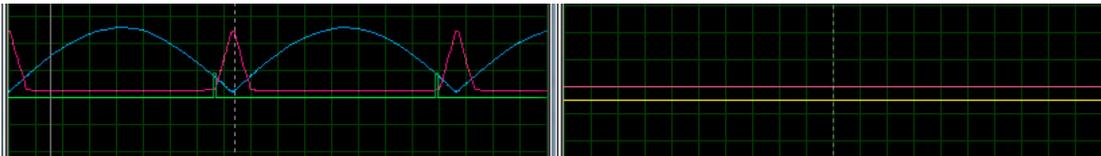


Figura 4. 30 Formas de ondas, ángulo de disparo y ángulo de conducción 180-0(grados)

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

Como se puede observar en las figuras el disparo a cero grados inicia después de que termina la señal de cruce por cero, de la misma manera sucede con el disparo a 180 grados, pero esta vez antes de que inicie la señal de cruce por cero. Esto es porque se debe obviar la parte en que dura la señal de cruce por cero, ya que esta sincronizada con la señal rectificadora cada vez que la onda retorna a cero, y mandar un disparo al Triac en el momento que dure la señal de cruce por cero suele generar errores produciendo un mal funcionamiento.

Los ángulos de disparo codificados en el software de programación PicBasic PRO se expresa en grados de la siguiente manera:

- 0 grados (d=0)
- 63,38 grados (d=2500)
- 90 grados (d=3550)
- 180 grados (d=7100)

### Calculo de la Potencia con ángulos de disparo

- **Calculo de la potencia con un ángulo de 90°**

$$\varphi = 90^\circ$$

$$P = \frac{[V_{max}^2 \times (\pi - \varphi + 0,5 \text{ Sen } 2\varphi)]}{2\pi RL} \quad \text{Ec. [4.3]}$$

El voltaje máximo es igual:

$$V_{max} = V_0 * \sqrt{2}$$

Donde  $V_0$  es el voltaje de entrada de línea y reemplazando nos queda:

$$V_{max} = 120V * \sqrt{2}$$

$$V_{max} = 169,70V$$

La carga se calcula con los siguientes datos:

$$P = 5500W$$

$$V = 120V$$

$$P = \frac{V^2}{RL} \quad \text{Ec. [4.4]}$$

Despejamos la carga y nos queda:

$$RL = \frac{V^2}{P}$$

Reemplazamos los valores y obtenemos el valor de la carga.

$$RL = \frac{120^2}{5500W}$$

$$RL = 2,62\Omega$$

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 90^\circ + 0,5 \text{ Sen } 2 * 90^\circ)]}{2\pi * 2,62\Omega}$$

Pasamos los valores angulares a radianes.

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 90^\circ * \frac{\pi}{180^\circ} + 0,5 \text{ Sen } 2 * 90^\circ)]}{2\pi * 2,62\Omega}$$

$$P = 2747,91W$$

➤ **Calculo de la potencia con un ángulo de 180°**

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 180^\circ + 0,5 \text{ Sen } 2 * 180^\circ)]}{2\pi * 2,62\Omega}$$

Pasamos los valores angulares a radianes.

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 180^\circ * \frac{\pi}{180^\circ} + 0,5 \text{ Sen } 2 * 180^\circ)]}{2\pi * 2,62\Omega}$$

$$P = 0W$$

➤ **Calculo de la potencia con un ángulo de 63,38°**

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 63,38^\circ + 0,5 \text{ Sen } 2 * 63,38^\circ)]}{2\pi * 2,2\Omega}$$

Pasamos los valores angulares a radianes.

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 63,38^\circ * \frac{\pi}{180^\circ} + 0,5 \text{ Sen } 2 * 63,38^\circ)]}{2\pi * 2,62\Omega}$$

$$P = 4261,43 [W]$$

➤ **Calculo de la potencia con un ángulo de 0°**

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 0^\circ + 0,5 \text{ Sen } 2 * 0^\circ)]}{2\pi * 2,62\Omega}$$

Pasamos los valores angulares a radianes.

$$P = \frac{[169,70^2 \times (\pi - 0^\circ * \frac{\pi}{180^\circ} + 0,5 \text{ Sen } 2 * 0^\circ)]}{2\pi * 2,62\Omega}$$

$$P = 5495,82 [W]$$

En la siguiente tabla se detallan los datos de los cálculos de la potencia.

*Tabla 4. 15 Cuadro de los cálculos de potencia*

<b>Ángulos</b>	<b>180°</b>	<b>90°</b>	<b>63,38°</b>	<b>0°</b>
<b>Voltaje</b>	169,70 [V]	169,70 [V]	169,70 [V]	169,70 [V]
<b>Resistencia</b>	2,62Ω	2,62Ω	2,62Ω	2,62Ω
<b>Potencia</b>	0 [W]	2747,91 [W]	4261,43 [W]	5495,82 [W]

*Fuente: El Autor*

## Control del Servomotor

Como se mencionó con anterioridad para el control de flujo de agua se utiliza un servomotor el cual se encarga de girar la llave de agua en tres tiempos. Estos movimientos se logran a través del ARDUINO, mediante los comando “agua.warite(pos)”, donde:

- Agua es una variable de tipo servo “Servo”
- Pos es una variable de tipo entero “int”.

La información que se maneja a través de la variable “pos” llega la servomotor a través del comando “”agua.attach(9)”, donde “attach(9)” es la que permite que la información viaje a través del pin número 9 de la placa Arduino.

Para abrir la llave de agua se requiere mover el servomotor de forma anti horario, por lo que se procede a mover el servomotor de 180 a 0 grados permitiendo el movimiento mencionado. Con la palabra “ENCENDER” y “NORMAL” el servomotor se mueve 50 grados de forma descendente, es decir a la variable “pos” se le agrega un valor de 150, mientras que con la palabra “MÍNIMO” la variable “pos =168” y por ultimo con la palabra “MÁXIMO” la variable “pos=128”. Cabe mencionar que el servomotor realiza mayor esfuerzo al momento de cerrar la llave de agua, es decir al regresar a su estado inicial almacenado en la variable “pos=180”, y para realizar dicho esfuerzo se requiere un servomotor con torque mayor a 9kg. En la figura 4.31 se puede observar las conexiones del servomotor-Arduino.

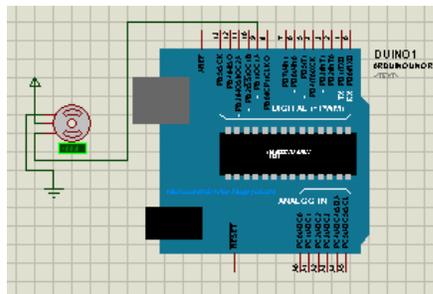


Figura 4. 31 Conexión Servomotor-ARDUINO

Fuente: Imagen capturada del simulador Proteus por el Autor

## Configuración del Módulo EasyVR

Para realizar las grabaciones de voz de la persona en el módulo EasyVR, se utiliza el software EasyVR Commander. Para lo cual se necesita que el jumper del módulo se encuentre conectado en modo de comunicación con la computadora (PC). En la figura 4.32 se puede observar el jumper conectado en modo PC.

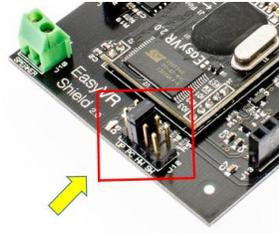


Figura 4. 32 Modo de trabajo con la PC

Fuente: El Autor

Se procede a establecer la conectividad entre el software EasyVR Commander y la PC, Para de esta manera realizar las grabaciones de las palabras. La herramienta “Add Command”, permite agregar o activar en el área de trabajo del Software la escritura para dar un nombre a la palabra. En la figura 4.33 se aprecia el ingreso la adicción de una nueva palabra en el área de trabajo.

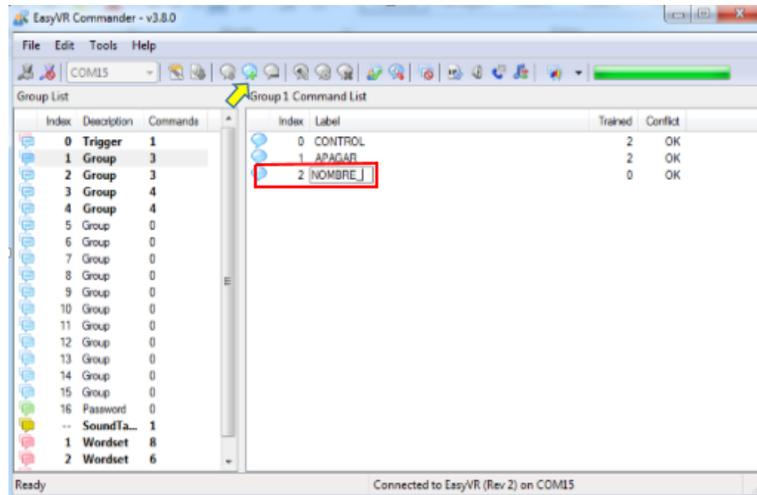


Figura 4. 33 Adición de comando

Fuente: El Autor

Con el comando “Train Comander” se procede a realizar la grabación, la cual al presionar aparece una ventanilla. Presionando “Phase 1” pide que se pronuncie la palabra por dos veces, ya que de esta manera el software se asegura que la palabra a grabarse es la correcta.

En la figura 4.34 se observa cómo se procede a grabar la palabra.

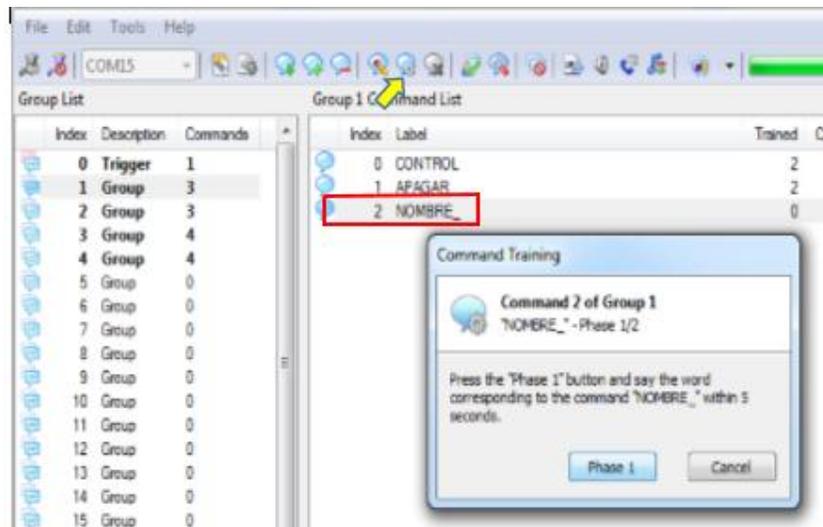


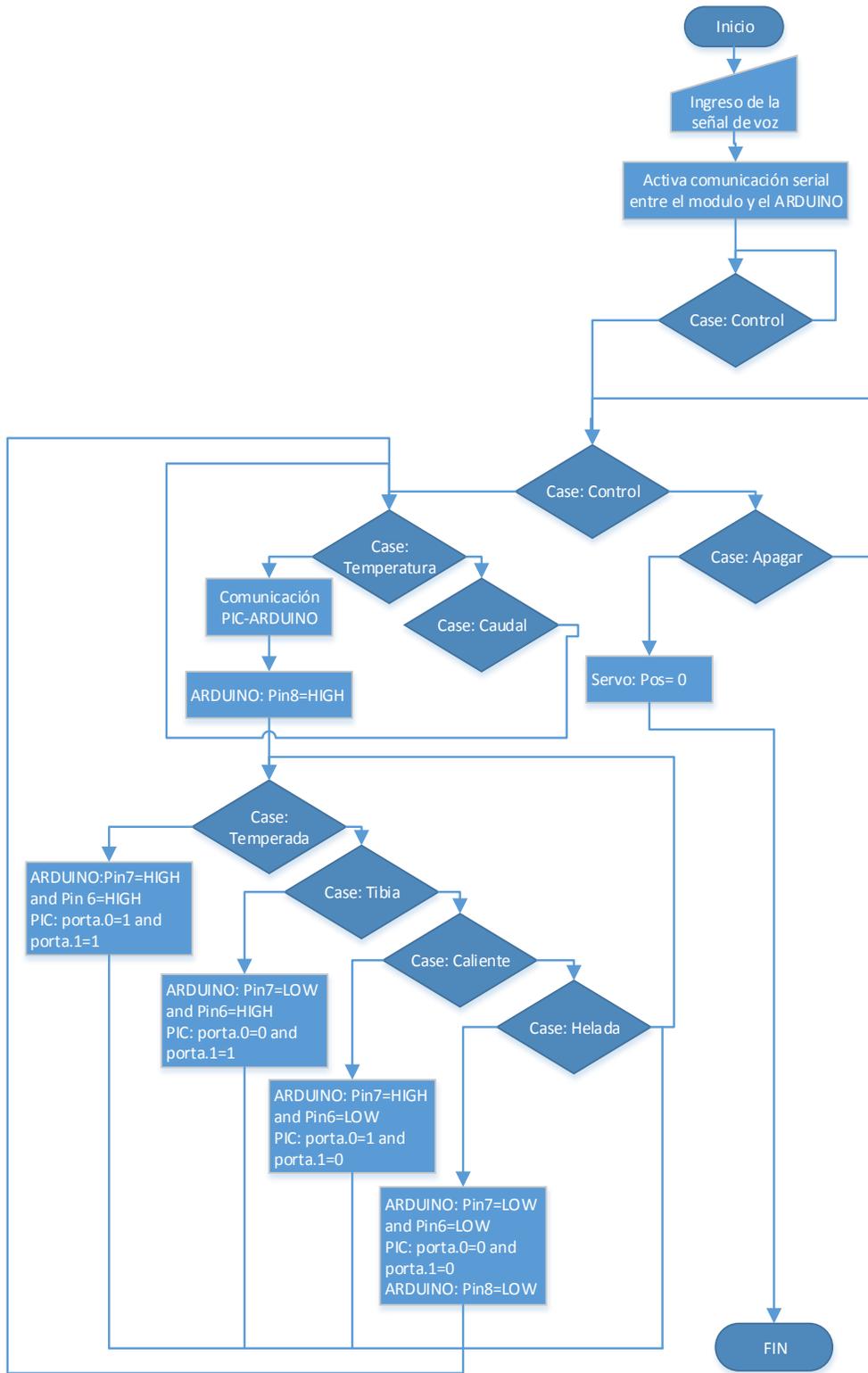
Figura 4. 34 Grabación de la palabra

Fuente: El Autor

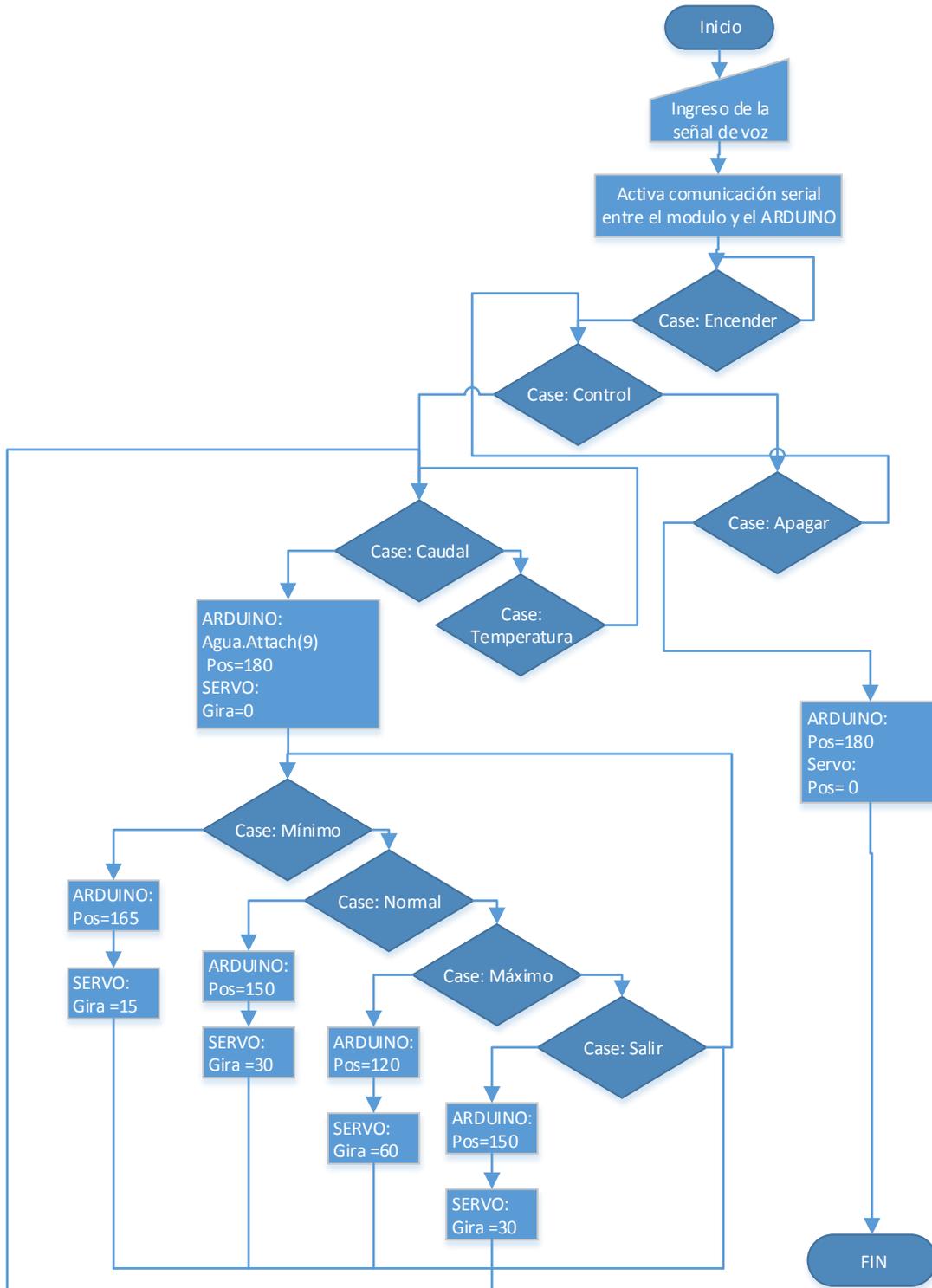
El procedimiento mencionado con anterioridad, se utiliza para realizar el resto grabaciones de las palabras que el usuario desee adicionar, ya sea en el grupo 1, grupo 2, grupo 3 etc.

Al desconectarse del software EasyVR Commander automáticamente se guarda la configuración preestablecida. Para usar en modo de trabajo el módulo se tiene que cambiar el jumper a “SW” y de esta manera proceder a trabajar en el código de programación en el software “IDE” de Arduino.

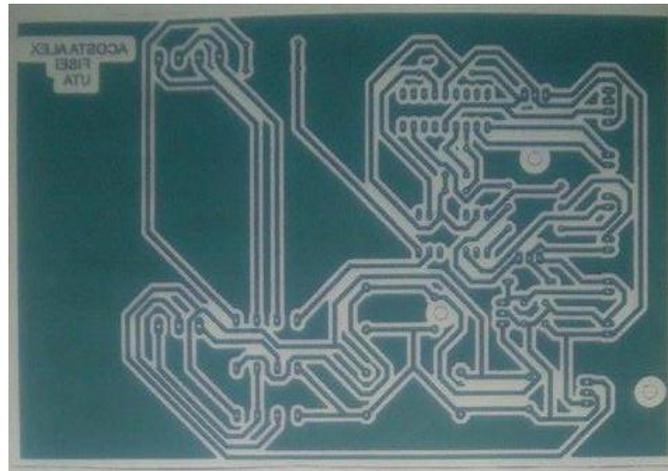
## Flujograma del control de temperatura del agua



## Flujograma del control de flujo de agua







*Figura 4. 36 Pistas impresas en papel cauche*

*Fuente: Fotografía tomada con el celular por el Autor*

Elaboradas las pistas se procede a soldar cada uno de los elementos elegidos y de esta manera poder realizar las pruebas de funcionamiento y realizar ajustes o las correcciones necesarias de los errores que se presenten. En la figura 4.37 se puede apreciar la placa electrónica elaborada.



*Figura 4. 37 Placa electrónica*

*Fuente: Fotografía tomada con el celular por el Autor*

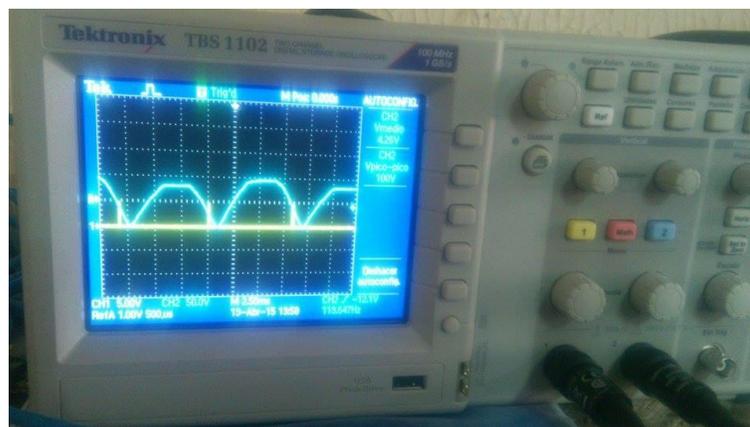
### 4.3 Pruebas de Funcionamiento

Una vez culminado el proyecto se procede a realizar las pruebas correspondientes del funcionamiento del sistema, las cuales se detallan posteriormente en esta sección, y mediante los resultados obtenidos se puede comprobar la validez del proyecto elaborado.

Se tomó imágenes de las señales del circuito diseñado, además de las señales de comunicación entre el Modulo de reconocimiento de voz y la placa ARDUINO con el sistema en funcionamiento para de esta manera apreciar cómo trabajan internamente.

#### 4.3.1 Ángulos de disparo

En las figuras siguientes se puede observar en el osciloscopio los ángulos de disparos que se generan mediante el PIC a base de códigos de programación.



*Figura 4. 38 Ángulo de disparo a 180 grados*

*Fuente: El Autor*

Como se puede apreciar en la figura 4.38 se ha tomado una fotografía del funcionamiento del circuito encargado de generar los ángulos de disparo, en este caso se puede apreciar la imagen con ángulo de disparo de 180 grados.

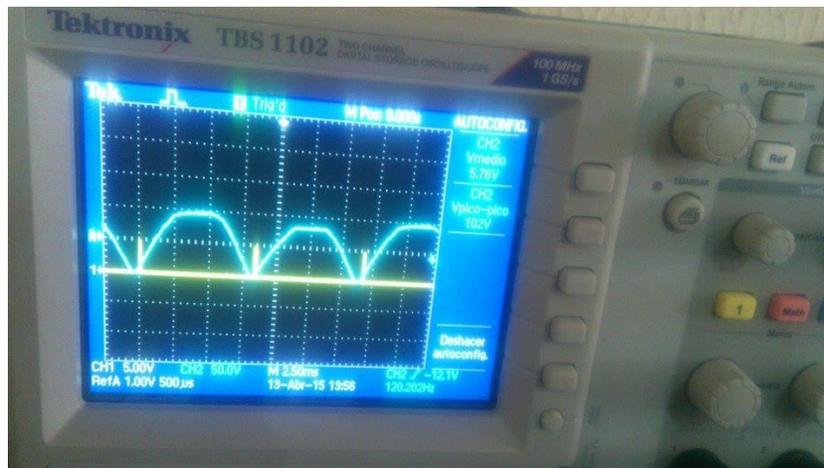


Figura 4. 39 Ángulo de disparo a 0 grados

Fuente: El Autor

En la figura 4.39 se puede apreciar la imagen en el osciloscopio del disparo generado con un ángulo de cero grados.



Figura 4. 40 Ángulo de disparo a 63,38 grados

Fuente: El Autor

En la figura 4.40 se puede apreciar la imagen en el osciloscopio de la señal de disparo generada con un ángulo de 63,38 grados.



*Figura 4. 41 Ángulo de disparo a 90 grados*

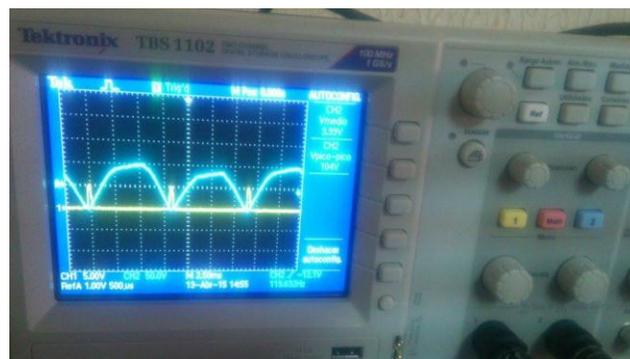
*Fuente: El Autor*

En la figura 4.41 se puede observar la imagen en el osciloscopio de la señal de disparo generada con un ángulo de 90 grados.

#### **4.3.2 Cruce por cero**

Para generar estos ángulos de disparo se ha tomado como referencia la señal de cruce por cero, ya que gracias a esta señal se puede realizar la correspondiente programación e ir generando cada ángulo de disparo según las necesidades del proyecto.

En la figura 3.42 se pude apreciar la señal de cruce por cero tomada del circuito en funcionamiento a través del osciloscopio.



*Figura 4. 42 Cruce por cero*

*Fuente: El Autor*

### 4.3.3 Ángulos de conducción

A continuación se presenta las imágenes de los angulos de conduccion que correspondiente mente se aplica en la ducha electrica, ya que de esta manera es como se controla la temperatura del agua para posteriormente sea utilizada por la persona discapacitada.



Figura 4. 43 Ángulo de conducción a 180 grados

Fuente: El Autor

Como se puede observar la figura 4.43 la forma de onda demuestra que la ducha eléctrica no recibe voltaje, debido a que se utiliza un ángulo de disparo de 180 grados, que generalmente produce un ángulo de conducción de 0 grados, es decir la ducha eléctrica recibe cero voltios, por lo que el agua se encuentra en un estado de temperatura fría.

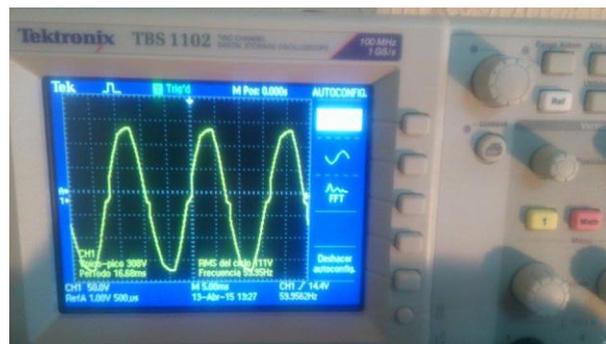


Figura 4. 44 Ángulo de conducción a 0 grados

Fuente: El Autor

En la figura 4.44 la forma de onda demuestra que la ducha eléctrica recibe todo el voltaje, debido a que se utiliza un ángulo de disparo de 0 grados, que generalmente produce un ángulo de conducción de 180 grados, es decir la ducha eléctrica recibe 110 voltios, en este caso la ducha eléctrica funciona al máximo de su capacidad por lo que la temperatura del agua se encuentra en un estado Caliente.

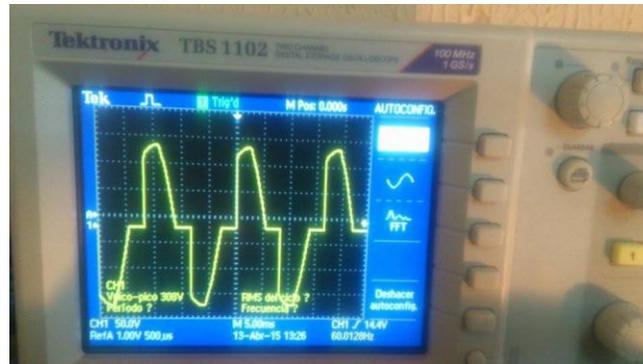


Figura 4. 45 Ángulo de conducción a 90 grados

Fuente: El Autor

Como se puede observar en la figura 4.45 la forma de onda demuestra que la ducha eléctrica recibe más de la mitad del voltaje, debido a que se utiliza un ángulo de disparo de 63,38 grados, que generalmente produce un ángulo de conducción de 116,62 grados, es decir la ducha eléctrica recibe 71,27 voltios, por lo que el agua se encuentra en un estado de temperatura Tibia.

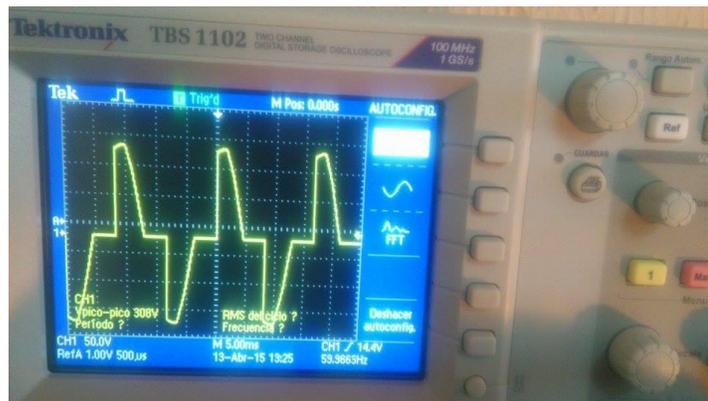


Figura 4. 46 Ángulo de conducción a 116,62 grados

Fuente: El Autor

En la figura 4.46 la forma de onda demuestra que la ducha eléctrica recibe la mitad del voltaje, debido a que se utiliza un ángulo de disparo de 90 grados, que generalmente produce un ángulo de conducción de 90 grados, es decir la ducha eléctrica recibe 55 voltios, por lo que el agua se encuentra en un estado de temperatura Templada.

#### 4.3.4 Trama

Todos los estados de temperatura nombrados anteriormente son activados por comandos de voz, así como el control de flujo de agua. En la figura 4.47 se puede ver la imagen de la señal de comunicación entre el módulo de reconocimiento de voz y Arduino de la palabra encender, la cual activa el servomotor moviéndose 30 grados en sentido antihorario, permitiendo el flujo de agua.

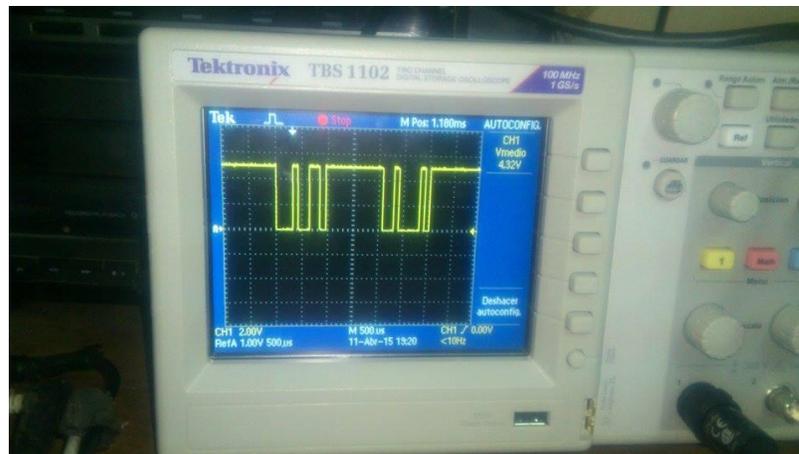


Figura 4. 47 Trama de la palabra encender

Fuente: El Autor

#### 4.3.5 Visualización de estados

Los estados son visualizados en una pantalla LCD, tanto del control de temperatura como del control de flujo de agua y así como el encendido y apagado de la ducha eléctrica. Esto permite que el usuario tenga presente dentro de qué estado se encuentra, es decir si se encuentra controlando la temperatura o el flujo de agua. En la figura 4.48 se puede apreciar la imagen donde la pantalla LCD, donde se visualiza

el estado de ducha encendida (DUCHA ON) y el estado de temperatura (TEMPERATURA).



*Figura 4. 48 Visualización de estados en la pantalla LCD*

*Fuente: El Autor*

#### **4.3.6 Corrección de errores**

Al realizar las primeras pruebas del circuito elaborado se encontraron inconvenientes en el funcionamiento, como es el caso del servomotor y Arduino, ya que al estar conectados a una misma fuente de alimentación estos dejan de trabajar correctamente. El servomotor al trabajar a su capacidad máxima requiere de 1500mA y el Arduino al acoplarse con easyVR shield requiere de un consumo extra de corriente.

El regulador de voltaje de 5 voltios soporta como máximo hasta 1 amperio de corriente según el Datasheet, pero hay que tener en cuenta que ningún dispositivo se le puede hacer trabajar al máximo de su capacidad, ya que tienden a bloquearse o dañarse, provocando alteraciones a los circuitos o dispositivos alimentados y mucho peor quemándolos.

Para solucionar los inconvenientes se utiliza dos baterías de 6 voltios, la una se alimenta al servomotor y la otra al acoplamiento de la tarjeta Arduino con el módulo EasyVR. Estas baterías están formadas cada una por 4 pilas, que sumadas en serie otorgan el voltaje y corriente suficiente.

Para el circuito de control se conserva la fuente de alimentación diseñada, ya que los 12 voltios se utilizan para alimentar el relé electromagnético y la de 5 voltios para alimentar el PIC.

#### 4.3.7 Determinación de la valides del sistema

Al realizar las pruebas de funcionamiento se demuestra que el sistema desarrollado cumple con los objetivos propuestos, ya que satisface a la persona discapacitada proporcionándole una fácil utilización de la ducha eléctrica para el respectivo aseo personal que es el ducharse, además que su diseño resulta cómodo y también adaptable siempre y cuando se adquiriera la licencia que permita utilizar la forma independiente del módulo de reconocimiento de voz y con esto el sistema pueda ser utilizado por cualquier persona. A continuación en la figura 4.49 se presenta el sistema completamente instalado y además dándole el uso correspondiente.



Figura 4. 49 Pruebas de funcionamiento

Fuente: El Autor

En el siguiente cuadro se detallan las temperaturas utilizadas y sus características principales que forman parte para su variación.

Tabla 4. 16 Características que forman parte del control de temperatura

<b>Características</b>	<b>Temperada</b>	<b>Tibia</b>	<b>Caliente</b>
Voltaje en la resistencia de 2,62 Ohmios de la ducha eléctrica.	84,86 [V]	105,69 [V]	119,99 [V]
Potencia	2747,91 [W]	4261,43 [W]	5495,82 [W]
Corriente que circula por la resistencia eléctrica	32,38 [A]	40,32 [A]	45,80 [V]
Ángulo de disparo	90 grados	63,38 grados	0 grados
Ángulo de conducción	90 grados	116,62	180 grados
Ángulo de giro de la llave de agua realizado con el servomotor	30 grados en sentido antihorario	30 grados sentido antihorario	30 grados sentido antihorario
Tiempo de respuesta del calentamiento del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 segundos estado fijado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 segundos estado fijado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 segundos estado fijado</li> </ul>

Fuente: El Autor

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

El calentamiento del agua en una ducha eléctrica dependen de los valores de las resistencias que se encuentran internamente (2,62 y 5,24 Ohmios), lo que es inversamente proporcional, es decir, entre más pequeño sea el valor de la resistencia se consigue calentar más el agua.

Los tres estados de temperatura (Temperada, Tibia, Caliente) se consiguieron al establecer o fijar una fluidez de agua apropiada y al realizar el control de fase en la ducha eléctrica sobre la resistencia de 2,62 Ohmios.

El Software EasyVR Commander permite mejorar la grabación de una palabra sin necesidad de ser borrada gracias a la herramienta de trabajo “Erase Training”, evitando de esta manera generar o crear un nuevo código de programación en Arduino Uno.

La principal ventaja que presenta el dispositivo electrónico desarrollado es que genera independencia a la persona con deficiencia en las extremidades superiores, ya que posee un circuito dimmer encargado de controlar la temperatura y un servomotor que controla el flujo de agua, mediante comandos de voz.

El sistema puede ser reprogramado para ofrecer mayor facilidad de uso a la persona discapacitada; esto se logra una vez estableciendo la temperatura y flujo de agua que requiere la persona discapacitada. Estos son almacenados y activados con el estado “encender”, y son desactivados con el estado “apagar”, haciendo rápido y eficiente el uso de la ducha.

## **5.2 Recomendaciones**

La comunicación serial entre el Arduino Uno y el PIC genera inestabilidad en el funcionamiento del prototipo; debido a que algunos datos de la trama de comunicación del control de temperatura llegan al PIC al momento que se produce el cruce por cero.

Debe realizarse un pre entrenamiento con cada una de las palabras guardadas en el módulo de reconocimiento de voz, cabe resaltar que el grabado de las palabras y el pre entrenamiento se los debe realizar en el software EasyVR Commander.

Es recomendable utilizar fuentes independientes para alimentar los dispositivos electrónicos, esto por seguridad y para de esta manera evitar cualquier tipo de inconvenientes.

La implementación del sistema en la forma independiente del habla elevaría el costo del sistema, pero se obtendría una gran ventaja ya que se generalizaría el uso para todas las personas, es decir, personas que sufran de algún tipo de discapacidad y personas sin ninguna deficiencia.

## **Bibliografía**

- [1] OMS, "Organización Mundial de la Salud", 2013. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/summary\\_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf?ua=1)
- [2] CONADIS, "Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades", 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.conadis.gob.ec/index.php>.
- [3] Misión solidaria, "Manuela Espejo", 2103. [En línea]. Disponible en: <http://www.vicepresidencia.gob.ec/manuela-espejo-identifica-a-11-133-personas-con-discapacidad-en-tungurahua-al-momento-son-ya-146-885/>
- [4] M. C. Sánchez, "Diseño de una ducha automatizada para personas con discapacidad en las extremidades superiores," Tesis, Departamento de Ingeniería Electrónica, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2012. Disponible en: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1526/DEJO\\_SANCHEZ\\_MARIA\\_DUCHA\\_AUTOMATIZADA.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1526/DEJO_SANCHEZ_MARIA_DUCHA_AUTOMATIZADA.pdf?sequence=1)
- [5] J. Bonacina, M. Ruani, J. Frontini, "Introducción a la Ingeniería Artificial- Silla de Rueda Inteligente," Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina, 2011. Disponible en: [http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/Silla\\_Rueda\\_Bonacina\\_Ruani\\_Frontini.pdf](http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/Silla_Rueda_Bonacina_Ruani_Frontini.pdf)
- [6] F. Paredes, A. Gutiérrez "Silla de Ruedas Controlada por Voz," Asociación mexicana de Mecatrónica A.C., Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Pachuca, Sahagún, México, 2007. Disponible en: <http://www.mecamex.net/anterior/cong06/articulos/60734final.pdf>
- [7] M. Luzuriaga, "Sistema de navegación automática controlada por voz para una silla de ruedas" Juan Jesús García Domínguez, Tesis, Departamento de Ciencias en la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccia, Quito, Ecuador, 2010. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4422/1/Arevalo.pdf>

- [8] C. A. Bahón, C. R. Giner, “Tecnología de Sistemas de control,” Universidad Politécnica de Cataluña, Primera Edición España, 2004.
- [9] G. Harpe, “El ABC de las máquinas eléctricas,” Volumen II, México, 2004.
- [10] C. Bodington, “Basic Microcontroladores PIC,” Ing. Electronica. Disponible en: [www.conexion electronica.com](http://www.conexion electronica.com)
- [11] A. J. Díaz, “Sistemas de regulación y control,” Primera edición, España, 2011
- [12] E. Sanchíz, “Sistemas electrónicos digitales: Fundamentos y diseño de aplicaciones,” Universitat de Valencia, Valencia-Epaña, 2002.
- [13] C. Reyes, “Microcontroladores PIC programación en Basic,” Tercera Edicion, Impreso Quito-Ecuador, 2008.
- [14] J. Martín, “Instalaciones Domóticas,” Electricidad y Electrónica, 2010.
- [15] I. Guerrero, “Ducha Eléctrica. Funcionamiento y partes,” [online]. México, 2011. Disponible en: <http://iguerrero.wordpress.com/2011/01/11/ducha-electrica-funcionamiento-y-partes/>
- [16] E. Fernando, V. Pérez, A. Pallas, “Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC,” España, 2007.
- [17] B. E. Jiménez, “La Contaminación Ambiental en México,” Colegio de ingenieros Ambiental de México, 2011, Pag 583.
- [18] M. R. Castro, “Música Para Todos: Una Introducción Al Estudio de la Música,” Universidad de Costa Rica, Segunda Edición, 2003 Pag 6-7
- [19] Walker de Buiraz Marta, Líbera de Pedelabor de Mónica Victoria, “Vos y tu Voz” 2013, Pag 19-20
- [20] J. A. Reyes, Procesamiento digital de voz [Online], Disponible en: <http://profesores.fi-b.unam.mx/jareyc/Voz/Tema1.pdf>

[21] M. F. Zanuy, "Tratamiento digital de voz e imagen y aplicación a la multimedia," Pag 38

[22] D. T. Merino, "Sistemas de reconocimiento de voz en las telecomunicaciones," 1999. Disponible en:  
file:///C:/Users/Personal/Downloads/Dialnet  
SistemasDeReconocimientoDeVozEnTelecomunicaciones-227026%20(4).pdf

[23] Sparkfun, "Productos", 2013. [En línea]. Disponible en:  
<https://www.sparkfun.com/products/11884>

[23] TIGAL KG, "EasyVR 2.0 User Manual," Release 3.6.5, Austria, 25-11-2013.

[24] J. Diazaraque, "Modelos Ocultos de Markov-Cadenas de Markov," Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España, 2004. [En línea]. Disponible en:  
<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/PEst/tema4pe.pdf>

# **ANEXOS**

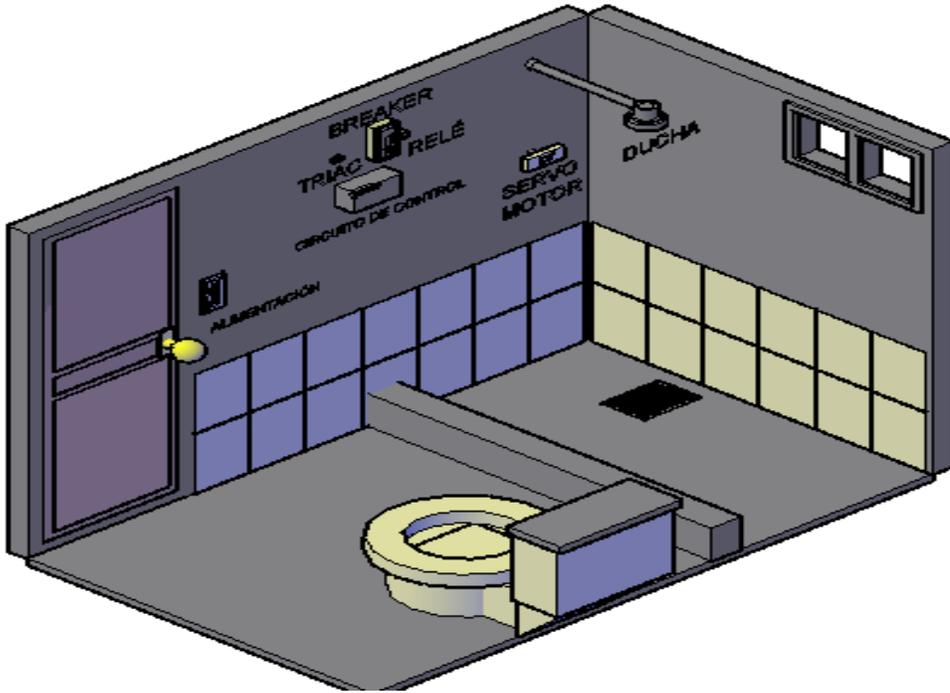
## Anexo A

### Análisis económico del proyecto

Cantidad	Material	Costo unitario (USD)	Costo total(USD)
1	Ducha electrica	25.00	25.00
1	Arduino uno	35.00	35.00
1	Modulo EasyVR	55.00	55.00
1	PIC16f628A	7.00	7.00
1	Servomotor	35.00	35.00
1	Trasformador	12.00	12.00
1	Triac TSR 100 [A]	70.00	70.00
1	Rele 80 [A]	15.00	15.00
1	Transformador	12.00	12.00
2	Disipadores de Calor	1.00	2.00
8	Pilas Energizer	1.00	8.00
1	Cable de poder	1.50	1.50
1	LCD 16X2	12.00	12.00
2	Reguladores de voltaje	1.00	2.00
2	Porta pilas	0.50	1.00
1	Componentes electrónicos	15.00	15.00
1	Carcasa	15.00	15.00
150	Mano de obra	2.33	349.50
Total			672.00

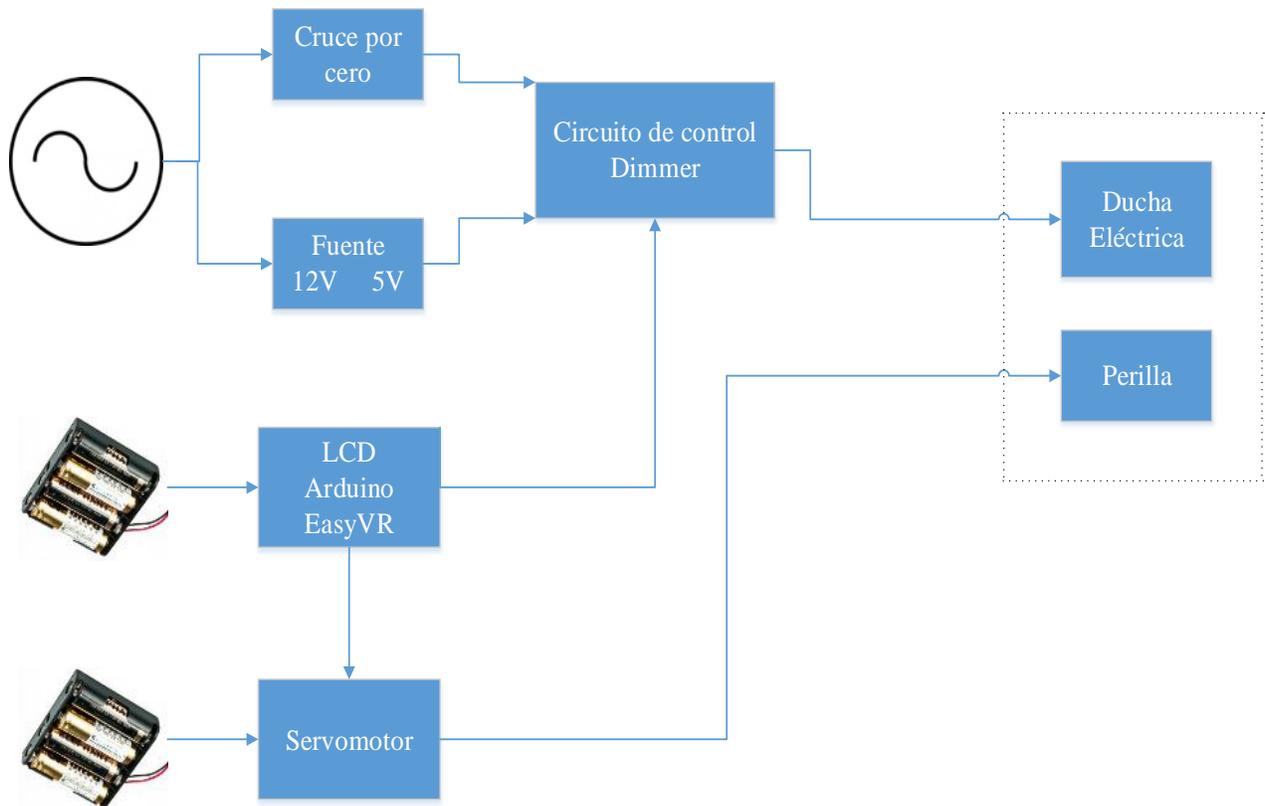
## Anexo B

### Planos de disposiciones del sistema



## Anexo C

### Esquema del módulo de Control



## Anexo D

### Fotografías del sistema



## Anexo E

### Códigos de programación

#### Programación MATLAB

```
[x fs]=wavread('encender.wav');  
sound(x,fs)
```

```
figure(1)
```

```
plot(x)
```

```
Fs=fs/2;
```

```
L=length(x);
```

```
NFFT=2^nextpow2(L);
```

```
Y=fft(x,NFFT)/L;
```

```
f=linspace(0,Fs/2,NFFT/2+1);
```

```
figure(2)
```

```
plot(f,2*abs(Y(1:NFFT/2+1)))
```

```
title('Espectro de x(t)')
```

```
xlim([300 3000])
```

```
xlabel('frecuencia (Hz)')
```

```
ylabel('|Y(f)|')
```

## Programación del PIC en Software MICROCODE

```
include "modedefs.bas"
```

```
x var word
```

```
d var word
```

```
y var word
```

```
i var byte
```

```
j var byte
```

```
k var byte
```

```
z var byte
```

```
trisa=%00111111
```

```
trisb.0=1
```

```
TRISB.1=1
```

```
TRISB.5=0
```

```
ON INTERRUPT GOTO cruce ; en caso de existir una interrupción ir a verde
```

```
INTCON = %10010000 ;habilita la interrupción B.0
```

```
OPTION_REG=0
```

```
CMCON=7
```

```
PROG:
```

```
  if (porta.0=1 and porta.1=1) then
```

```
    d=3500
```

```
  else
```

```
    if (porta.0=0 and porta.1=1) then
```

```
      d=2500
```

```
else
  if (porta.0=1 and porta.1=0) then
    d=0
  else
    if (porta.0=0 and porta.1=0) then
      d=7600
    endif
  endif
endif
endif
```

GOTO PROG

DISABLE ;deshabilita las interrupciones en el handler

cruce: ;handler de la interrupción

pauseus d

high portb.5

pauseus 100

low portb.5

pauseus 100

INTCON = %10010000 ;habilita la interrupción B.0

RESUME ;retorna a programa principal donde ocurrió la inte.

ENABLE ;Habilita las interrupciones después del handler

END

## Programación ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Servo.h>
#if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
    #include "Arduino.h"
    #include "Platform.h"
    #include "SoftwareSerial.h"
#else
    #ifndef CDC_ENABLED
        // Shield Jumper on SW
        SoftwareSerial port(12,13);
    #else
        // Shield Jumper on HW (for Leonardo)
        #define port Serial1
    #endif
#else // Arduino 0022 - use modified NewSoftSerial
    #include "WProgram.h"
    #include "NewSoftSerial.h"
    NewSoftSerial port(12,13);
#endif
#include "EasyVR.h"

EasyVR easyvr(port);

//Groups and Commands

enum Groups
```

```
{  
    GROUP_0 = 0,  
    GROUP_1 = 1,  
    GROUP_2 = 2,  
    GROUP_3 = 3,  
    GROUP_4 = 4,  
};
```

enum Group0

```
{  
    G0_ENCENDER = 0,  
};
```

enum Group1

```
{  
    G1_CONTROL = 0,  
    G1_APAGAR = 1,  
};
```

enum Group2

```
{  
    G2_TEMPERATURA = 0,  
    G2_CAUDAL = 1,  
    G2_AUTOMATICO = 2,
```

```
};
```

```
enum Group3
```

```
{
```

```
    G3_TEMPERADA = 0,
```

```
    G3_TIVIA = 1,
```

```
    G3_CALIENTE = 2,
```

```
    G3_DESACTIVAR = 3,
```

```
};
```

```
enum Group4
```

```
{
```

```
    G4_MINIMO = 0,
```

```
    G4_NORMAL = 1,
```

```
    G4_MAXIMO = 2,
```

```
    G4_SALIR = 3,
```

```
};
```

```
Servo agua;
```

```
int pos=180;
```

```
int rele=8;
```

```
int fade;
```

```
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);
```

```
EasyVRBridge bridge;
```

```

int8_t group, idx;

void setup()
{
  DDRD= B11111111; //asigana el puerto "D" como salidas
  agua.attach(9);
  agua.write(pos);
  pinMode(rele,OUTPUT);
  lcd.begin(16,2);
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("DUCHA OFF");

#ifdef CDC_ENABLED
  // bridge mode?
  if (bridge.check())
  {
    cli();
    bridge.loop(0, 1, 12, 13);
  }
  // run normally
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Bridge not started!");
#else
  // bridge mode?
  if (bridge.check())

```

```

{
  port.begin(9600);
  bridge.loop(port);
}
Serial.println("Bridge connection aborted!");
#endif

port.begin(9600);

while (!easyvr.detect())
{
  Serial.println("EasyVR not detected!");
  delay(1000);
}

easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, LOW);
Serial.println("EasyVR detected!");
easyvr.setTimeout(5);
easyvr.setLanguage(4);
group = EasyVR::TRIGGER; //<-- start group (customize)
}

void action();

void loop()
{
  easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, HIGH); // LED on (listening)

```

```

Serial.print("Say a command in Group ");
Serial.println(group);
easyvr.recognizeCommand(group);

do
{
    // can do some processing while waiting for a spoken command
}
while (!easyvr.hasFinished());

easyvr.setPinOutput(EasyVR::IO1, LOW); // LED off

idx = easyvr.getWord();
if (idx >= 0)
{
    // built-in trigger (ROBOT)
    // group = GROUP_X; <-- jump to another group X
    return;
}
idx = easyvr.getCommand();
if (idx >= 0)
{
    // print debug message
    uint8_t train = 0;
    char name[32];

```

```

Serial.print("Command: ");
Serial.print(idx);
if (easyvr.dumpCommand(group, idx, name, train))
{
    Serial.print(" = ");
    Serial.println(name);
}
else
    Serial.println();
easyvr.playSound(0, EasyVR::VOL_FULL);
// perform some action
action();
}
else // errors or timeout
{
    if (easyvr.isTimeout())
        Serial.println("Timed out, try again...");
    int16_t err = easyvr.getError();
    if (err >= 0)
    {
        Serial.print("Error ");
        Serial.println(err, HEX);
    }
}
}

```

```

void action()
{
  switch (group)
  {
    case GROUP_0:
      switch (idx)
      {
        case G0_ENCENDER:
          lcd.setCursor(3,0);
          lcd.print("DUCHA ON ");
          lcd.setCursor(4,1);
          lcd.print(" ");
          pos=150;
          agua.write(pos);
          delay(15);

          // write your action code here

          group = GROUP_1; //<-- or jump to another group X for composite commands

          break;
        }
      break;
    case GROUP_1:
      switch (idx)
      {
        case G1_CONTROL:
          lcd.setCursor(3,0);
          lcd.print("DUCHA ON ");

```

```

lcd.setCursor(4,1);
lcd.print(" CONTROL ");
// write your action code here
    group = GROUP_2; //<-- or jump to another group X for composite commands
    break;
case G1_APAGAR:
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("DUCHA OFF ");
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print("      ");
PORTD= B00000000;
digitalWrite(rele,LOW);
    pos=180;
    agua.write(pos);
    delay(15);
// write your action code here
    group = GROUP_0; //<-- or jump to another group X for composite commands
    break;
}
break;
case GROUP_2:
    switch (idx)
    {
    case G2_TEMPERATURA:
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("DUCHA ON ");

```

```

lcd.setCursor(4,1);
lcd.print("TEMPERATURA");
digitalWrite(rele,HIGH);
// write your action code here
    group = GROUP_3; //<-- or jump to another group X for composite commands
break;
case G2_CAUDAL:
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("DUCHA ON ");
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print(" CAUDAL ");
// write your action code here
    group = GROUP_4; //<-- or jump to another group X for composite commands
break;
case G2_AUTOMATICO:
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("DUCHA ON ");
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print("AUTOMATICO ");
digitalWrite(rele,HIGH);
PORTD= B01000000;
pos=140;
agua.write(pos);
delay(15);
// write your action code here
    group = GROUP_1; //<-- or jump to another group X for composite commands

```

```

    break;
}
break;
case GROUP_3:
    switch (idx)
    {
    case G3_TEMPERADA:
        lcd.setCursor(3,0);
        lcd.print("TEMPERATURA");
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print(" TEMPERADA ");
        PORTD= B11000000;

        // write your action code here

        group = GROUP_3; //<-- or jump to another group X for composite commands

        break;
    case G3_TIVIA:
        lcd.setCursor(3,0);
        lcd.print("TEMPERATURA");
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print(" TIVIA ");
        PORTD= B01000000;

        // write your action code here

        group = GROUP_3; //<-- or jump to another group X for composite commands

        break;
    case G3_CALIENTE:
        lcd.setCursor(3,0);

```

```

lcd.print("TEMPERATURA");
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print(" CALIENTE ");
PORTD= B10000000;
// write your action code here
    group = GROUP_3; //<-- or jump to another group X for composite commands
    break;
case G3_FRIA:
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print(" DUCHA ON ");
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print("      ");
PORTD= B00000000;
// write your action code here
    group = GROUP_1; //<-- or jump to another group X for composite commands
    break;
}
break;
case GROUP_4:
    switch (idx)
    {
    case G4_MINIMO:
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print(" CAUDAL ");
lcd.setCursor(4,1);
lcd.print(" MINIMO ");

```

```

pos=168;
  agua.write(pos);
  delay(15);
  // write your action code here
  group = GROUP_4; //<-- or jump to another group X for composite commands
  break;
case G4_NORMAL:
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print(" CAUDAL ");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print(" NORMAL ");
  pos=140;
  agua.write(pos);
  delay(15);
  // write your action code here
  group = GROUP_4; //<-- or jump to another group X for composite commands
  break;
case G4_MAXIMO:
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print(" CAUDAL ");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print(" MAXIMO ");
  pos=110;
  agua.write(pos);
  delay(15);
  // write your action code here

```

```
    group = GROUP_4; //<-- or jump to another group X for composite commands
    break;
case G4_SALIR:
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(" CAUDAL ");
    lcd.setCursor(4,1);
    lcd.print("      ");
    // write your action code here
    group = GROUP_1; //<-- or jump to another group X for composite commands
    break;
}
break;
}
}
```

## Anexo F

### Datasheet de los elementos electrónicos

#### Optotransistor 4N25

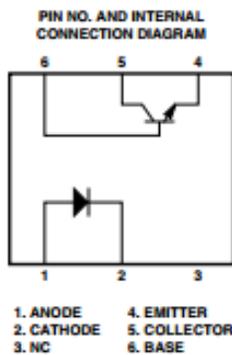


## Agilent 4N25 Phototransistor Optocoupler General Purpose Type Data Sheet

### Description

The 4N25 is an optocoupler for general purpose applications. It contains a light emitting diode optically coupled to a phototransistor. It is packaged in a 6-pin DIP package and available in wide-lead spacing option and lead bend SMD option. Response time,  $t_r$ , is typically 3  $\mu$ s and minimum CTR is 20% at input current of 10 mA.

### Functional Diagram



### Ordering Information

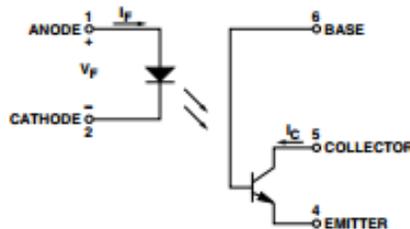
Specify part number followed by Option Number (if desired).

4N25-XXXXE

Lead Free  
Option Number

- 000 ■ No Options
- 060 ■ IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Option
- W00 ■ 0.4" Lead Spacing Option
- 300 ■ Lead Bend SMD Option
- 500 ■ Tape and Reel Packaging Option

### Schematic



### Features

- Response time ( $t_r$ : typ., 3  $\mu$ s at  $V_{CE} = 10$  V,  $I_C = 2$  mA,  $R_L = 100 \Omega$ )
- Current Transfer Ratio (CTR: min. 20% at  $I_f = 10$  mA,  $V_{CE} = 10$  V)
- Input-output isolation voltage ( $V_{iso} = 2500$  Vrms)
- Dual-in-line package
- UL approved
- CSA approved
- IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 approved
- Options available:
  - Leads with 0.4" (10.16 mm) spacing (W00)
  - Leads bends for surface mounting (300)
  - Tape and reel for SMD (500)
  - IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 approvals (060)

### Applications

- I/O interfaces for computers
- System appliances, measuring instruments
- Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

# Optotriac MOC3010

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise noted )

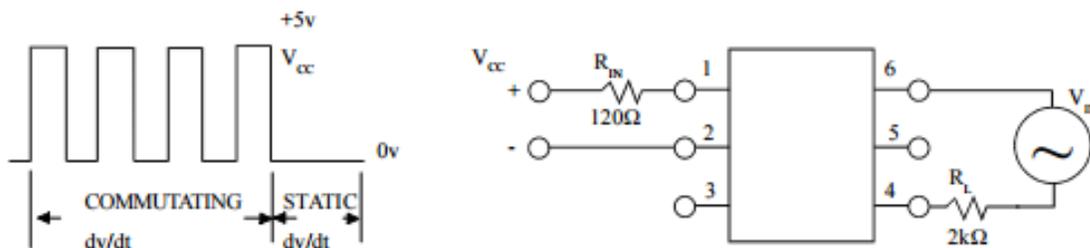
PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST CONDITION
Input	Forward Voltage ( $V_f$ )		1.2	1.5	V	$I_f = 10\text{mA}$ $V_R = 6\text{V}$
	Reverse Current ( $I_R$ )			100	$\mu\text{A}$	
Output	Peak Off-state Current ( $I_{\text{DRM}}$ )	250		100	nA	$V_{\text{DRM}} = 250\text{V}$ (note 1) $I_{\text{DRM}} = 100\text{nA}$
	Peak Blocking Voltage ( $V_{\text{DRM}}$ )				V	
	On-state Voltage ( $V_{\text{TM}}$ )		1.5	3.0	V	$I_{\text{TM}} = 100\text{mA}$ ( peak )
	Critical rate of rise of off-state Voltage ( $dv/dt$ ) ( note 1 )		10		V/ $\mu\text{s}$	
Critical rate of rise of commutating Voltage ( $dv/dt$ ) ( note 1 )	0.1	0.2		V/ $\mu\text{s}$	$I_{\text{load}} = 15\text{mA}$ , $V_{\text{IN}} = 30\text{V}$ ( fig 1. )	
Coupled	Input Current to Trigger ( $I_{\text{TT}}$ ) (note 2 )					$V_D = 3\text{V}$ ( note 2 )
	MOC3009			30	mA	
	MOC3010			15	mA	
	MOC3011			10	mA	
	MOC3012			5	mA	
	Holding Current , either direction ( $I_{\text{H}}$ )		100		$\mu\text{A}$	
	Input to Output Isolation Voltage $V_{\text{BO}}$	5300			$V_{\text{RMS}}$ $V_{\text{PK}}$	See note 3 See note 3
		7500				

Note 1. Test voltage must be applied within  $dv/dt$  rating.

Note 2. Guaranteed to trigger at an  $I_f$  value less than or equal to max.  $I_{\text{TT}}$ , recommended  $I_f$  lies between Rated  $I_{\text{TT}}$  and absolute max.  $I_{\text{TT}}$ .

Note 3. Measured with input leads shorted together and output leads shorted together.

FIGURE 1



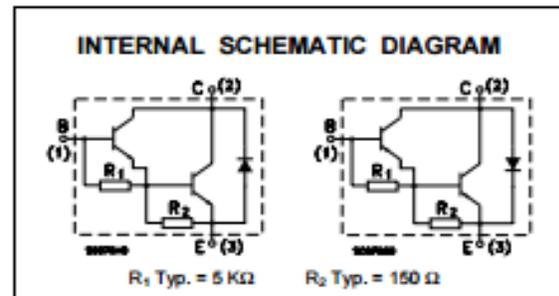
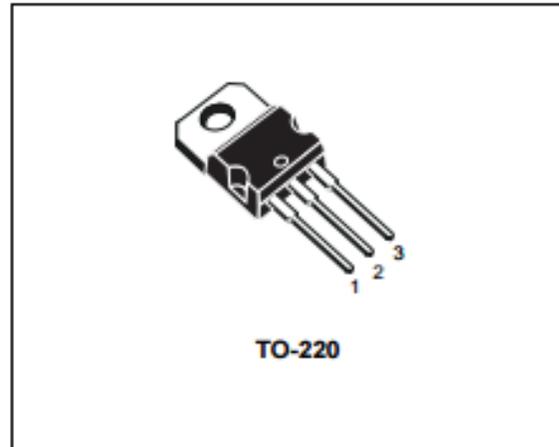
## TIP 120

# COMPLEMENTARY SILICON POWER DARLINGTON TRANSISTORS

- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES

### DESCRIPTION

The TIP120, TIP121 and TIP122 are silicon Epitaxial-Base NPN power transistors in monolithic Darlington configuration mounted in Jedec TO-220 plastic package. They are intended for use in power linear and switching applications. The complementary PNP types are TIP125, TIP126 and TIP127, respectively.

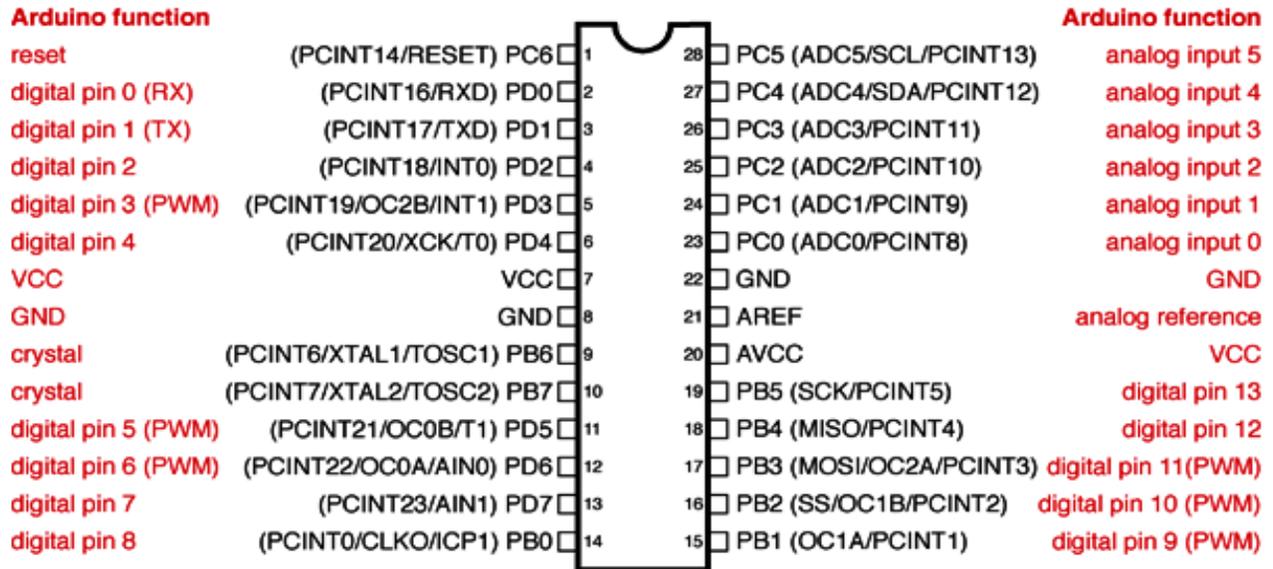


### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value				Unit
		NPN	TIP120	TIP121	TIP122	
		PNP	TIP125	TIP126	TIP127	
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )		60	80	100	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )		60	80	100	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )		5			V
$I_C$	Collector Current		5			A
$I_{CM}$	Collector Peak Current		8			A
$I_B$	Base Current		0.1			A
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_{case} \leq 25^\circ\text{C}$ $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$		65			W
$T_{stg}$	Storage Temperature		-65 to 150			$^\circ\text{C}$
$T_J$	Max. Operating Junction Temperature		150			$^\circ\text{C}$

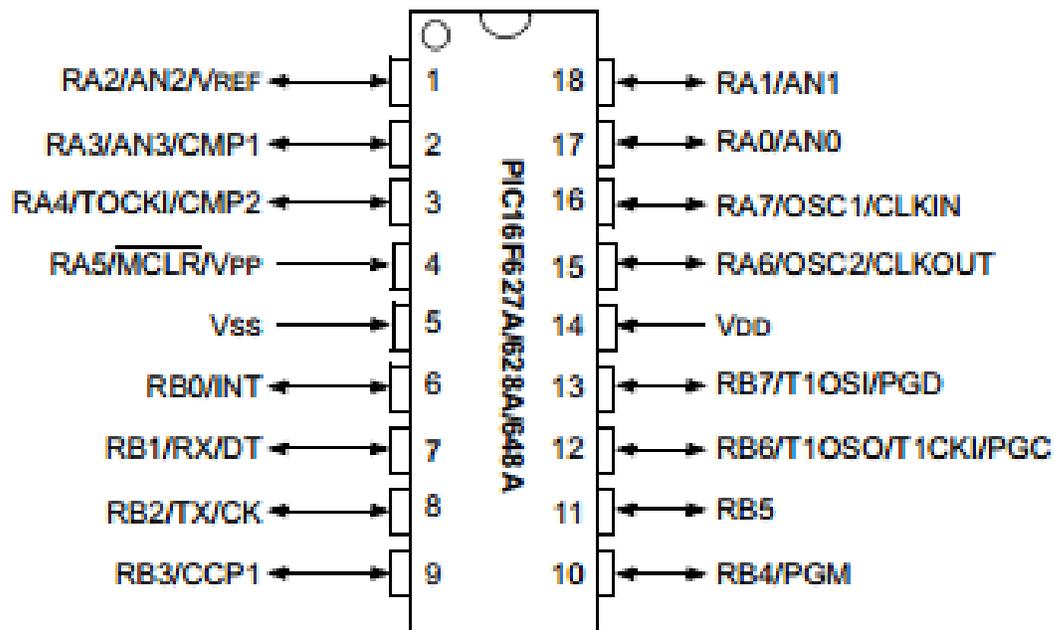
\* For PNP types voltage and current values are negative.

## Distribucion de pines del microcontrolador ATmega328 de Arduino

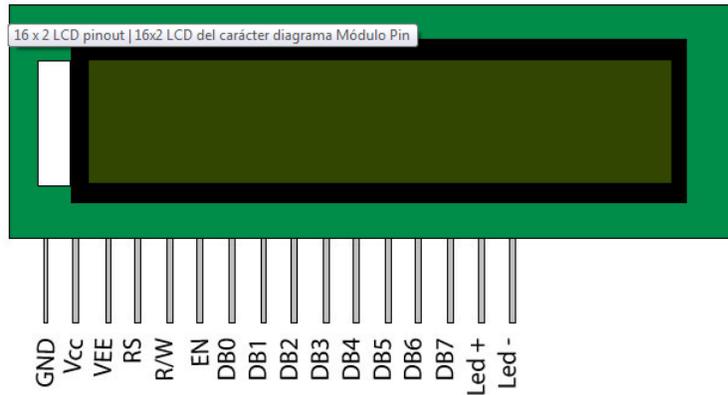


Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MOSI, MISO, SCK connections (Atmega168 pins 17, 18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

## Distribución de pines del Microcontrolador PIC 16F628A



## Distribución de pines de la pantalla LCD 16X2



## Significado de cada uno de los pines de la pantalla LCD

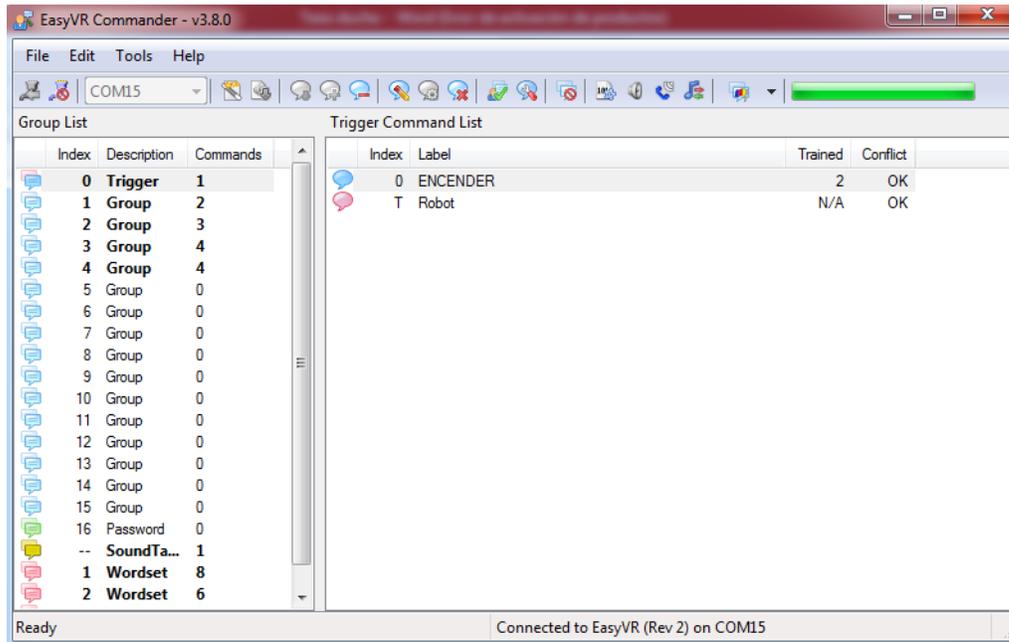
Pin No	Función	Nombre
1	Tierra (0 V)	Suelo
2	La tensión de alimentación; 5V (4.7V - 5.3V)	Vcc
3	Ajuste de contraste; a través de una resistencia variable	V <sub>EE</sub>
4	Selecciona registro de comando cuando baja; y el registro de datos cuando la alta	Regístrate Seleccionar
5	Menor a escribir en el registro; Mayor a leer desde el registro	Leer / escribir
6	Envía datos a pines de datos cuando un mayor a menor pulso se da	Permitir
7	Pines de datos de 8 bits	DB0
8		DB1
9		DB2
10		DB3
11		DB4
12		DB5
13		DB6
14		DB7
15	Backlight V <sub>CC</sub> (5 V)	Led +
16	Luz de fondo de tierra (0 V)	Led-



## Anexo G

### Configuración del Módulo EasyVR

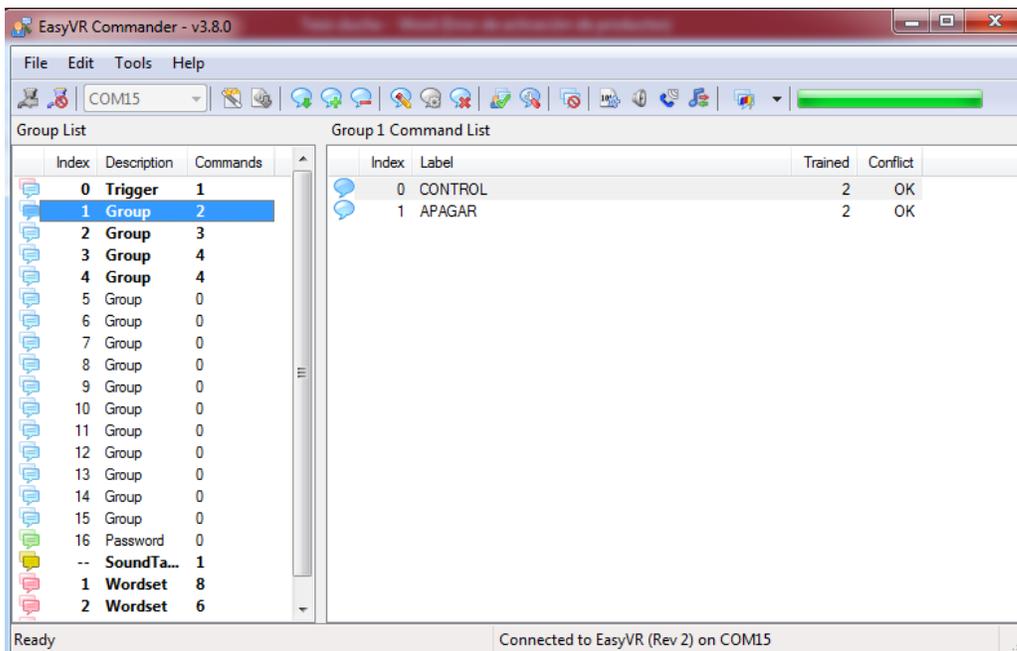
### Palabras Creadas por el Usuario



The screenshot shows the EasyVR Commander v3.8.0 interface. The 'Group List' on the left shows a 'Trigger' at index 0 with 1 command. The 'Trigger Command List' on the right shows two entries:

Index	Label	Trained	Conflict
0	ENCENDER	2	OK
T	Robot	N/A	OK

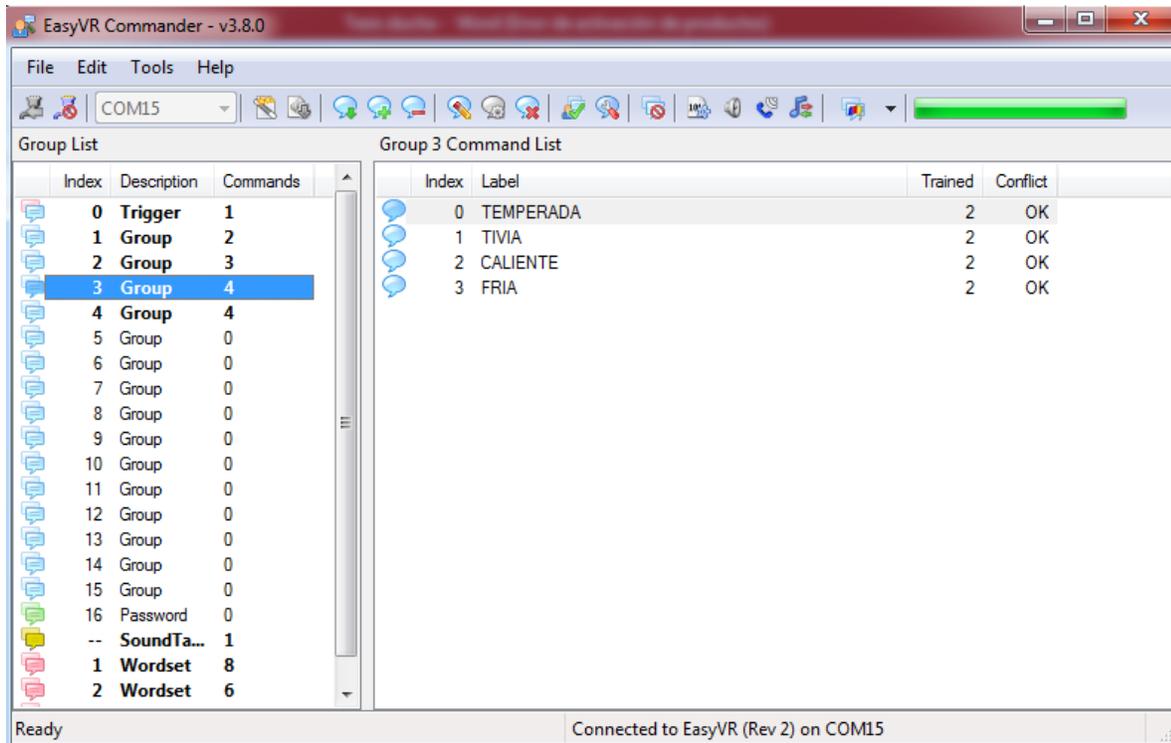
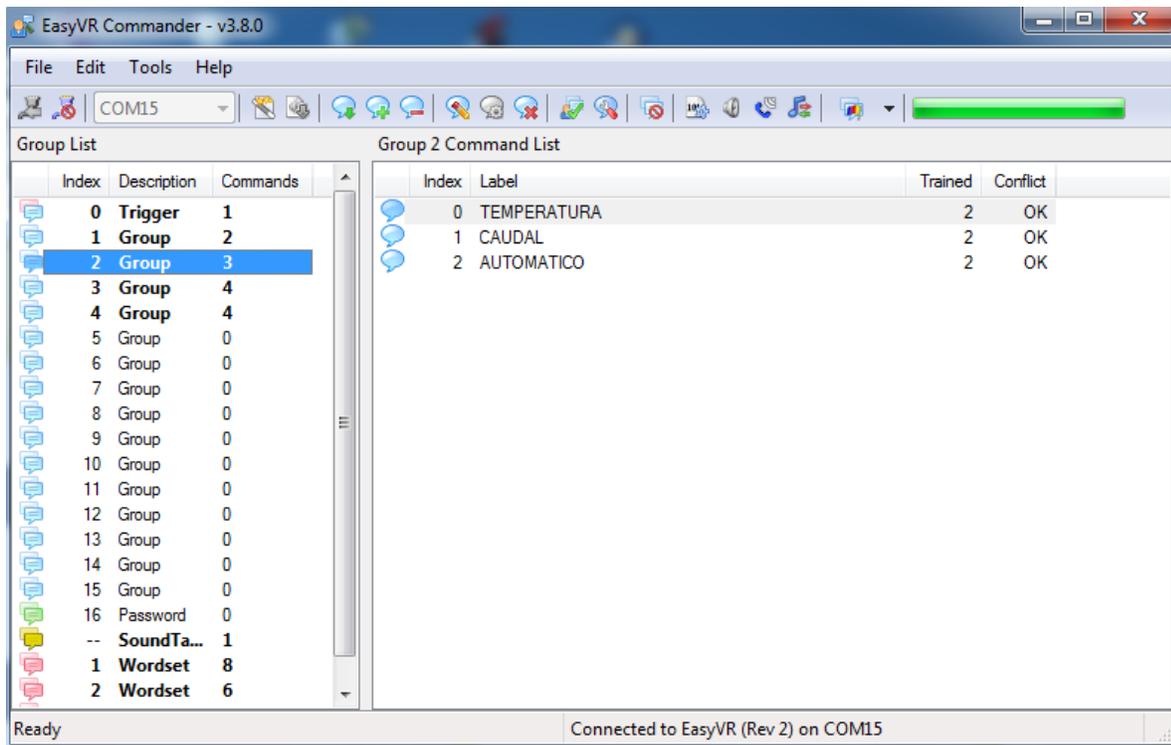
Ready Connected to EasyVR (Rev 2) on COM15

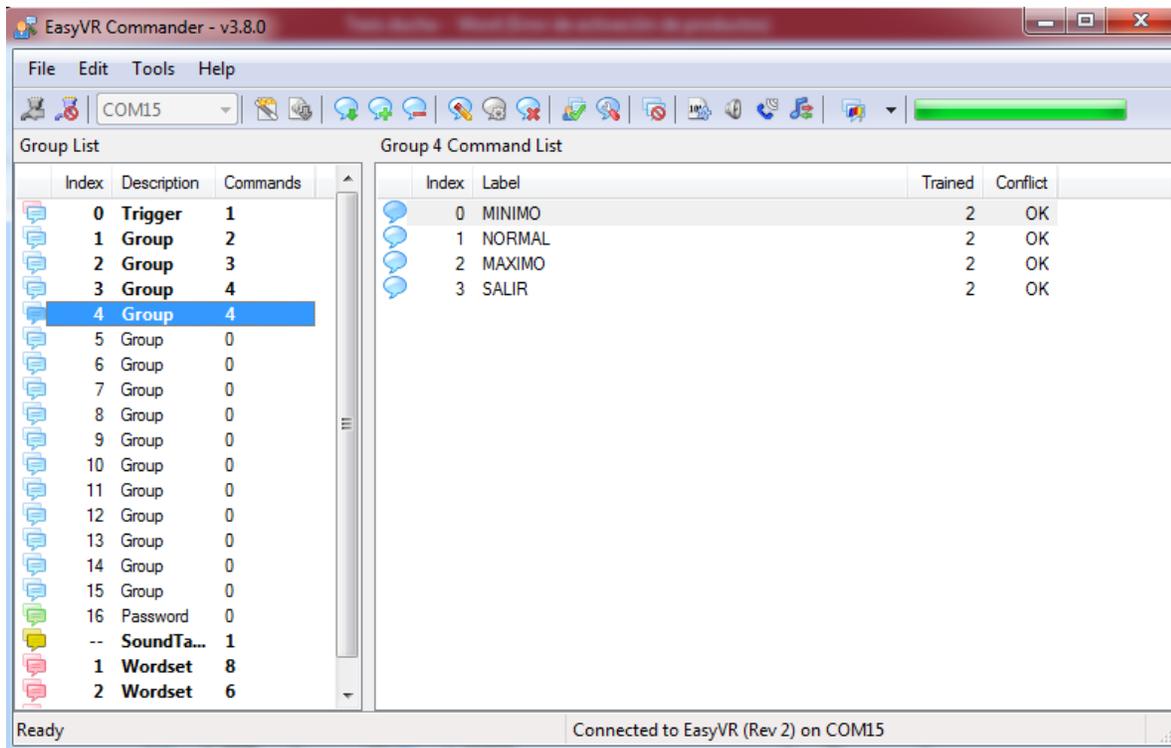


The screenshot shows the EasyVR Commander v3.8.0 interface with 'Group 1' selected. The 'Group 1 Command List' on the right shows two entries:

Index	Label	Trained	Conflict
0	CONTROL	2	OK
1	APAGAR	2	OK

Ready Connected to EasyVR (Rev 2) on COM15

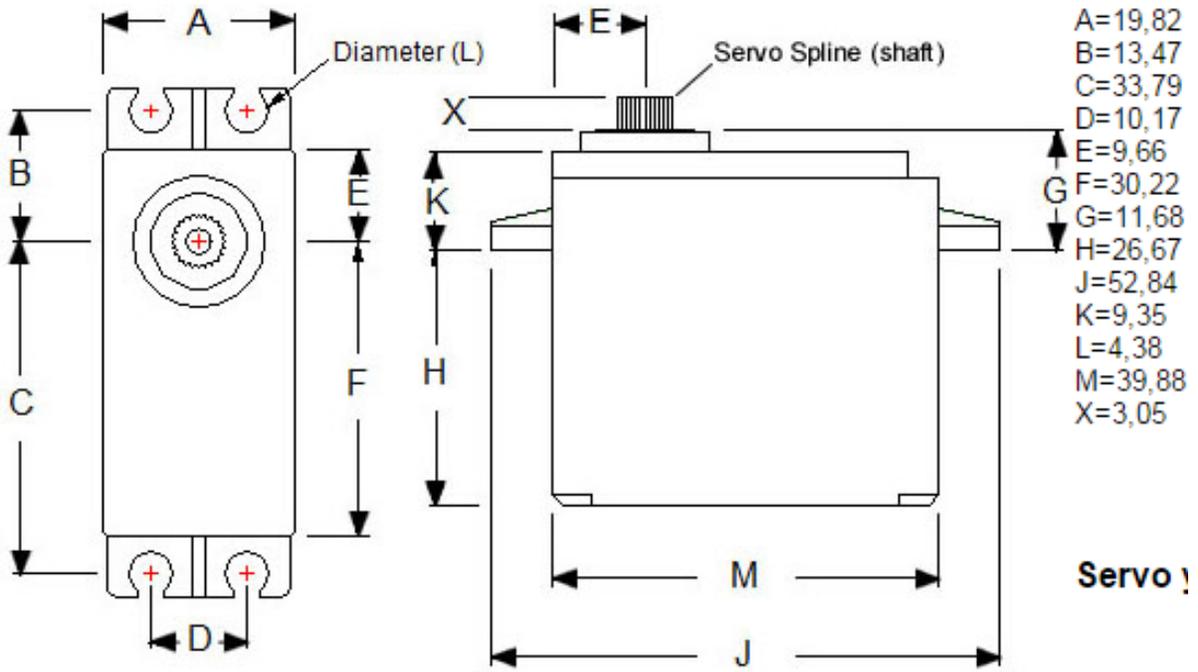




## Anexo H

### Dimensiones Físicas

### Servomotor



Carcasa para la placa electrónica

