



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ BASADO EN EL MODELO DE RED NEURONAL DE KOHONEN Y SOFTWARE LIBRE, PARA LA GESTION DEL SISTEMA DOMOTICO HDL BUS PRO**

**JORGE DAVID CHICAISA AIMACAÑA**

Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito para la obtención del grado de:

**MAGISTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN  
INDUSTRIAL.**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**JULIO 2018**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
INSTITUTO DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTÍNUA**

**CERTIFICACIÓN:**

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, denominado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ BASADO EN LA RED NEURONAL DE KOHONEN Y SOFTWARE LIBRE, PARA LA GESTION DEL SISTEMA DOMOTICO HDL BUS PRO”, de responsabilidad del Ingeniero Jorge David Chicaiza Aimacaña, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. Oswaldo Martínez Guashima, M.Sc.

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Ing. Carlos Fabara Dávila, M.Sc.

**DIRECTOR**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Ing. David Raimundo Rivas, M.Sc.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Ing. Milton Fabricio Pérez, M.Sc.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_

FIRMA

Riobamba, Julio 2018

©2018, Jorge David Chicaiza Aimacaña

Se autoriza la producción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Jorge David Chicaiza Aimacaña, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Ing. Jorge David Chicaiza A.

CC.: 0503251548

## **DEDICATORIA**

Este título se lo dedico a DIOS por darme la oportunidad de vivir y haber llegado hasta donde estoy, por darme fuerza en momentos de decepción y por darme motivos para sonreír. Se lo dedico a mi padre, José, por ser ejemplo de perseverancia, honestidad y sacrificio, además por haber sido el pedestal más sólido sobre el cual me he apoyado todo el tiempo en que he perseguido este gran sueño; a mi madre, Carmen, por apoyarme todo el tiempo y por enseñarme a cultivar las virtudes necesarias para enfrentarme al desafío que representa ser una persona de bien, dispuesta a colaborar con la comunidad; a mis hermanos y hermanas que siempre han estado dándome palabras de aliento y de cierta forma ayudándome a mirar claros mis objetivos.

A todas estas personas les dedico cada uno de mis logros, diciéndoles simplemente que las amo y que todo lo hecho ha sido por y gracias a Uds.

*Ing. Jorge David Chicaisa Aimacaña*

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, porque siempre me han apoyado en todas las decisiones que he tomado y gracias a sus consejos he podido alcanzar este logro tan importante en mi vida.

Mis más sinceros agradecimientos a los miembros del tribunal, Máster David Rivas y Máster Fabricio Pérez, por sus valiosas guías y acertada dirección para la realización de este proyecto de grado.

En especial agradezco al Ingeniero Carlos Fabara, por ser un gran amigo y apoyo fundamental para la realización de este proyecto

*Ing. Jorge David Chicaisa Aimacaña*

## CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
SUMARY .....	xiv
<b>CAPITULO I</b>	
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Formulación del problema .....	2
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.4. Hipótesis.....	4
<b>CAPITULO II</b>	
<b>2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Base teórica.....	5
2.3. Marco conceptual.....	6
2.3.1. <i>Sistemas de reconocimiento de voz</i> .....	6
2.3.2. <i>Adquisición de la señal de voz</i> .....	7
2.3.3. <i>Extracción de las características del habla</i> .....	7
2.3.3.1. <i>Entramado</i> .....	8
2.3.3.2. <i>Estimación paramétrica</i> .....	9

2.3.4.	<i>Transformada de Fourier</i> .....	9
2.3.5.	<i>Transformada discreta de Fourier</i> .....	10
2.3.6.	<i>Transformada discreta wavelet</i> .....	11
2.3.7.	<i>Familias wavelet</i> .....	12
2.3.8.	<i>El modelo de KOHONEN.</i> .....	16
2.3.9.	<i>Arquitectura de la red neuronal SOM (self organizing map)</i> .....	17
2.3.10.	<i>Sistema Domótico HDL BUS PRO</i> .....	19
2.3.10.1.	<i>Ventajas del sistema HDL-BUS PRO</i> .....	19
2.3.10.2.	<i>Arquitectura del sistema HDL Bus Pro</i> .....	20
2.3.10.3.	<i>Puerto BUS PRO</i> .....	20
2.3.10.4.	<i>Topología del sistema.</i> .....	20
2.3.10.5.	<i>Componentes del sistema HDL Bus Pro.</i> .....	22
2.3.10.6.	<i>Reglas de enrutamiento</i> .....	23
2.3.11.	<i>Protocolo de comunicación UDP</i> .....	23
2.3.11.1.	<i>Formato de mensajes UDP</i> .....	24
2.3.11.2.	<i>Puertos UDP</i> .....	25
2.3.11.3.	<i>Trama UDP HDL Bus Pro.</i> .....	25

### **CAPITULO III**

3.	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ..</b>	27
3.1.	<b>Sistema propuesto</b> .....	27
3.2.	<b>Adquisición de los patrones de voz</b> .....	28
3.2.1.	<i>Validación de las muestras</i> .....	29
3.2.2.	<i>Extracción de características de la voz</i> .....	30

<b>3.3.</b>	<b>Desarrollo del clasificador .....</b>	<b>33</b>
<b>3.4.</b>	<b>Adquisición de voz con java .....</b>	<b>35</b>
<b>3.5.</b>	<b>Extracción de la transformada wavelet de la señal de voz .....</b>	<b>36</b>
<b>3.6.</b>	<b>Control del sistema HDL Bus Pro mediante comandos de voz.....</b>	<b>37</b>
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS EXPERIMENTALES .....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>51</b>
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.2</b>	Componentes del sistema HDL Bus Pro .....	22
<b>Tabla 2.2</b>	Puertos UDP “bien conocidos” .....	25
<b>Tabla 3.2</b>	Trama UDP generada para encender un canal de relé. ....	26
<b>Tabla 1.3</b>	Lista de comandos de voz tomados como patrones .....	29
<b>Tabla 2.3</b>	Porcentaje de asertividad de la red SOM. ....	35
<b>Tabla 3.3</b>	Bytes utilizados en el cálculo del código de redundancia cíclica.....	39
<b>Tabla 1.4</b>	Resultados de las pruebas realizadas al sistema de reconocimiento de voz.....	45
<b>Tabla 2.4</b>	Resultados del test SUS aplicado a los usuarios del sistema desarrollado.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.1</b>	Diagrama de bloques de un sistema domótico controlado por voz .....	4
<b>Figura 1.2</b>	Diagrama de bloques de un sistema básico de reconocimiento de voz. ....	6
<b>Figura 2.2</b>	Diagrama de bloques de un módulo de extracción de características.....	7
<b>Figura 3.2</b>	Tramos de una señal de audio, obtenidos en los instantes $t_0, t_1, t_2, t_3$ .....	8
<b>Figura 4.2</b>	Descomposición de una señal con la transformada de Fourier.....	10
<b>Figura 5.2</b>	Transformada wavelet de tres estados .....	12
<b>Figura 6.2</b>	(a) función $\psi t$ , wavelet madre, (b) función de escalamiento $\phi(t)$ . ....	13
<b>Figura 7.2</b>	Funcion Wavelet de Daubechies de orden 4.....	14
<b>Figura 8.2</b>	Transformada Wavelet de Coiflet.....	14
<b>Figura 9.2</b>	Función de escala ( $\phi_A$ ) y wavelet madre ( $\psi_A$ ) .....	15
<b>Figura 10.2</b>	Wavelet Sombrero Mexicano .....	15
<b>Figura 11.2</b>	Función Wavelet de Morlet .....	16
<b>Figura 12.2</b>	(a) Función de escalado, (b) Wavelet Meyer .....	16
<b>Figura 13.2</b>	Estructura de la red SOM .....	18
<b>Figura 14.2</b>	Puerto de comunicación BUS-PRO.....	20
<b>Figura 15.2</b>	(a) Topología tipo bus, (b) topología tipo estrella. ....	21
<b>Figura 16.2</b>	Sistema domótico con dos subredes. ....	21
<b>Figura 17.2</b>	Cabecera UDP .....	24
<b>Figura 18.2</b>	Encabezado pseudo-IP.....	24
<b>Figura 19.2</b>	Trama UDP del sistema HDL Bus Pro. ....	26
<b>Figura 1.3</b>	Sistema de reconocimiento de voz propuesto.....	27
<b>Figura 2.3</b>	Diagrama de flujo del algoritmo implementado .....	28
<b>Figura 3.3</b>	Grabadora de voz digital SONY ICD-PX440 .....	28

<b>Figura 4.3</b>	Grafica del comando ENCIENDE, de cuatro sujetos diferentes .....	30
<b>Figura 5.3</b>	Señal de entrada.....	31
<b>Figura 6.3</b>	Representación en frecuencia vs. Tiempo con la transformada Wavelet .....	31
<b>Figura 7.3</b>	Comando de voz “ENCIENDE”, descompuesto en bandas de frecuencias. ....	33
<b>Figura 8.3</b>	Implementación del clasificador usando la librería para java JML. ....	34
<b>Figura 9.3</b>	Validación del clasificador implementado. ....	34
<b>Figura 10.3</b>	Adquisición de la señal de voz a través de un micrófono externo.....	36
<b>Figura 11.3</b>	Algoritmo para calcular la transformada Wavelet.....	37
<b>Figura 12.3</b>	Adquisición y clasificación de la señal de voz. ....	37
<b>Figura 13.3</b>	Diagrama de bloques de la trama UDP para el control de los equipos HDL.....	38
<b>Figura 14.3</b>	Datos de cabecera HDL-Bus Pro.....	38
<b>Figura 15.3</b>	Módulo HDL-RCU (Room Control Unit).....	40
<b>Figura 16.3</b>	Sensor SB-CMS-12 in 1 .....	40
<b>Figura 17.3</b>	HDL IR Learner.....	41
<b>Figura 1.4</b>	Modulo de entrenamiento Domótico .....	42
<b>Figura 2.4</b>	Diagrama de conexión del módulo de entrenamiento .....	43
<b>Figura 3.4</b>	Combinación de comandos utilizados en el control del sistema Domótico.....	44
<b>Figura 4.4</b>	Porcentaje de asertividad obtenidos en las pruebas realizadas con mujeres.....	44
<b>Figura 5.4</b>	Porcentaje de asertividad obtenidos en las pruebas realizadas con mujeres.....	45
<b>Figura 6.4</b>	Tiempo de retardo entre paquetes UDP enviados.....	46

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue elaborar un sistema de reconocimiento de voz en general, capta las palabras pronunciadas por el usuario a través de un micrófono para procesarlas y compararlas con las palabras existentes en una base de datos previamente grabada. Este proyecto tuvo como propósito el control del sistema domótico HDL-BUS PRO mediante comandos de voz, permitiendo que personas con discapacidad motora logren una mayor autonomía. Las señales de voz fueron procesadas mediante filtros digitales y extraídos sus características con la ayuda de la transformada discreta Wavelet, las características obtenidas se introdujeron en una red neuronal basada en el modelo de KOHONEN para identificar la palabra pronunciada por el usuario. Los resultados obtenidos de los experimentos demuestran que el sistema de reconocimiento de voz desarrollado cumple con lo propuesto, se recomienda ampliar la base de datos de los patrones de entrenamiento de la red neuronal para tener una mayor precisión en el sistema de reconocimiento de voz.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <SISTEMAS DE CONTROL>, <HDL AUTOMATION>, <HDL-BUS PRO>, <IRIDIUM>, <MODELO KOHONEN>, <DWT>, <SOCKET UDP>

## ABSTRACT

The present work research has the aim to develop a voice recognition system in general, which captures the words spoken by the user through a microphone to process them and compare with existing words in a previously recorded database. The purpose of this project was to control the domotic system HDL-BUS PRO through voice commands, allowing people with motor disabilities to achieve greater autonomy. The voice signals were processed by digital filters and extracted their features with the help of the discrete transform of Wavelet, the obtain characteristics was entered in a neuronal network based on the model KOHONEN to identify the spoken word by the user. The results obtained of the experiments shown that the system of voice recognition developing fulfil with the proposal, it was recommended to increase the database of the training patterns of neuronal network to have a more precision in the voice recognition system.

**Clue Words:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <CONTROL SYSTEM>, <HDL AUTOMATION>, <HDL-BUS PRO>, <IRIDIUM>, <KOHOLEM MODEL>, <DWT>, <SOCKET UDP>.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El asombroso avance tecnológico en cuanto a controladores, sensores y actuadores que se ha visto en los últimos 10 años ha logrado que mercados como el de la Domótica tomen importancia.

Un sistema Domótico es un sistema inteligente que integra las comunicaciones, el confort, la seguridad y el consumo eléctrico dentro de un inmueble para mejorar la calidad de vida de las personas que residen dentro del mismo.

Una incorporación de sistemas de automatización en el hogar, puede potenciar la realización de actividades de la vida diaria tanto las básicas como las que requieren de mayor autonomía personal, que pueden resultar difíciles para personas con algún tipo de discapacidad. Aun así esta incorporación se está haciendo de manera muy lenta y con distintas repercusiones entre los diferentes grupos de edad, fundamentalmente dadas por un “rechazo tecnológico”. Ese rechazo tecnológico viene dado fundamentalmente por personas de edad media – avanzada y va ligado a aspectos como: complejidad, miedo a lo desconocido, miedo al aislamiento social y a la pérdida del apoyo emocional, sensación de inseguridad, pérdida de control y el precio elevado. Es por esto que se deben crear sistemas que cumplan lo siguiente:

- Sistemas accesibles, ergonómicos y usables, según las características inherentes de la persona.
- Métodos de información, aprendizaje y entrenamiento de uso
- Sistemas, mediante el estudio de percepción emocional, que estimulen el uso
- Sistemas de información, que presenten a las nuevas tecnologías como sistemas complementarios de los apoyos emocionales
- El diseño de nuevas tecnologías como elementos integradores, no tan solo asistenciales.

De igual forma como sucede en países desarrollados, América Latina también está apostando por las ciudades inteligentes, ya que con estas se consigue brindar una mayor calidad de vida a sus habitantes y proteger el entorno natural.

De acuerdo con una publicación realizada por **Fast Company**, las mejores ciudades inteligentes en Latinoamérica se encuentran ubicadas en Santiago de Chile, Ciudad de México, Bogotá, Buenos Aires, Río de Janeiro, Curitiba, Medellín y Montevideo. Para llegar a esta conclusión se analizó las novedades que cada país ha implementado en cuanto a transporte, energía, educación y salud. (“Estas son las ocho ciudades más inteligentes de Latinoamérica • ENTER.CO,” 2015)

En el Ecuador, la ley orgánica de discapacidades en su artículo 56 sobre el derecho a la vivienda manifiesta “Las personas con discapacidad tendrán derecho a una vivienda digna y adecuada a sus necesidades, con las facilidades de acceso y condiciones, que les permita procurar su mayor grado de autonomía.” (Rafael, 2012). Una forma de garantizar lo establecido por dicha ley, es la implementación de sistemas Domóticos en las viviendas.

Actualmente en el Ecuador la Domótica está tomando fuerza en nichos de mercado altos, en los cuales los clientes instalan pensando en mejorar el confort de su entorno.

### **1.1. Formulación del problema**

Un sistema Domótico controlado mediante comandos de voz mejora la calidad de vida de una persona con discapacidad física.

### **1.2. Justificación del problema**

El ritmo de vida actual ha provocado un fenómeno cultural sin precedentes, los avances en las tecnologías de la información y comunicación han causado que la Domótica empiece a convertirse en una necesidad. Con los avances en la electrónica y las comunicaciones, por ejemplo los electrodomésticos también han sufrido una acelerada evolución, hoy en día los fabricantes ofrecen neveras inteligentes capaces de monitorear los alimentos existentes en su interior y realizar pedidos o notificarnos directamente a nuestro Smartphone cuando algún alimento esté por terminarse.

La forma en cómo se realiza la interacción de los sistemas domóticos con los usuarios es una de las claves para su aceptación en el mercado. En la actualidad la mayoría de equipos se manejan a

través de mandos a distancia o interfaces informáticos. Cada vez con más frecuencia se utiliza el smartphone o tableta como sistema de control, aunque una vez más nos encontramos con el problema de la falta de homogeneidad de sistemas operativos y aplicaciones. (“El estado actual de la domótica y las innovaciones que están por venir,” 2015)

Una solución al tema del control de los sistemas domóticos que algunos fabricantes están desarrollando es el control gestual, hasta el momento se han creado sistemas capaces de reconocer los gestos de las manos, dedos e incluso gestos de la cara. Sin embargo, por muy exactos que sean estos sistemas no han logrado la acogida que se merece por parte del público.

Una de las razones por las que los sistemas basados en reconocimiento de gestos no han logrado la aceptación del público es debido a que dichos sistemas no responden muy bien cuando existe más de una persona dentro de la misma habitación tratando de controlar el mismo sistema domótico.

Un sistema domótico basado en reconocimiento de voz sería una buena opción si se quiere tener un control más simple y unificado, esto logrará además que personas que tengan alguna discapacidad física tengan mayor autonomía, ya que este sistema sería el encargado de recolectar las señales audibles emitidas por el usuario de la vivienda y discriminar los comandos de voz, para realizar el control de los equipos que se encuentren conectados al sistema domótico.

El sistema de reconocimiento de voz captará la señal audible emitida por el usuario de la vivienda a través de un micrófono para procesarla mediante un sistema basado en inteligencia artificial y extraer los comandos específicos para cada acción que se desee realizar.

Una vez obtenidos los comandos a ejecutar el sistema de reconocimiento de voz envía la señal mediante una conexión Ethernet al bus domótico de HDL Bus Pro, para que este se encargue de realizar las acciones solicitadas.

En la figura 1.1, se muestra el diagrama de bloques del sistema a implementar.



**Figura 1. 1** Diagrama de bloques de un sistema domótico controlado por voz  
**Realizado por:** Chicaisa David. 2018

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. *Objetivo general*

Diseñar un sistema de reconocimiento de voz utilizando inteligencia artificial, para la gestión del sistema Domótico HDL Bus Pro.

#### 1.3.2. *Objetivos específicos*

- Diseñar un sistema de reconocimiento de voz capaz de reconocer comandos en habla hispana.
- Integrar el sistema de reconocimiento de voz al sistema Domótico HDL BUS PRO.
- Controlar los circuitos de iluminación de on/off y dimmer dentro de una vivienda mediante comandos de voz.
- Controlar los sistemas de audio mediante comandos de voz.

### 1.4. Hipótesis

El sistema Domótico HDL BUS PRO permite integrar sistemas desarrollados por terceros, para su gestión mediante comandos de voz.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes**

Uno de los principales retos de la domótica, radica en que se debe obtener un sistema accesible, capaz de ser controlado por cualquier persona, en especial por personas con algún tipo de discapacidad. Con ello se logrará integrar a la persona a su entorno, mejorando su autonomía personal, su autodeterminación y su calidad de vida.

Para que una persona con problemas de movilidad o dependencia mejore su autonomía y su calidad de vida a través de la domótica deben de cumplirse dos parámetros fundamentales que son:

- El usuario sienta que tiene el control sobre el sistema, de manera fiable y segura.
- Y que las interfaces estén basadas en el diseño para todos, fácilmente configurables y adaptables.

#### **2.2. Base teórica**

Las señales de voz son los métodos más naturales de comunicación entre las personas, esto ha causado que muchos investigadores se interesen en este método de comunicación como una forma de interacción entre humano y máquina, con estos sistemas se logra prescindir de los controles físicos, incluso en algunos casos ha logrado desplazar a los controles táctiles debido a su fácil entendimiento por parte del usuario final.

Los sistemas de reconocimiento fueron desarrollados inicialmente con el fin de interactuar con la computadora para realizar tareas de transcripción, hoy en día con el creciente avance de la tecnología se los puede utilizar en muchas otras aplicaciones como, dispositivos de seguridad, electrodomésticos, teléfonos celulares, sistemas de posicionamiento, etc. (Rady, Yahia, El-dahshan, & El-borey, 2013)

Actualmente existen en el mercado varios sistemas de reconocimiento de voz que permiten la gestión de sistemas domóticos, como es el caso de SIRI, este sistema desarrollado por Apple permite gestionar los sistemas eléctricos existentes en una vivienda mediante comandos de voz, con la ayuda de un Smartphone de la marca Apple. (“La domótica revive con los asistentes por voz y las ‘apps’ móviles,” 2017)

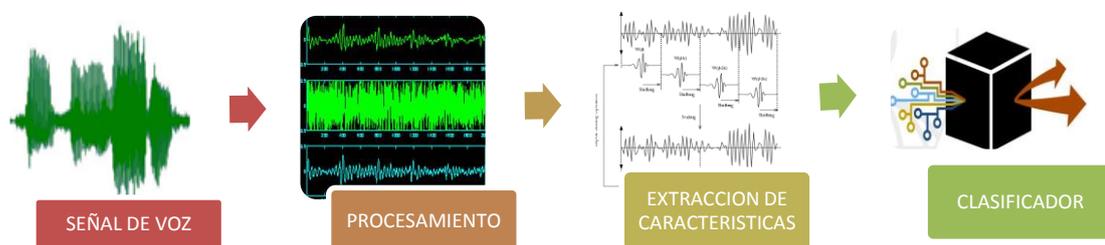
## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Sistemas de reconocimiento de voz

El primer sistema de reconocimiento de voz fue desarrollado en 1952 sobre una computadora analógica que reconocía dígitos del 0 al 9, este sistema era dependiente del locutor. Los experimentos dieron una exactitud de reconocimiento del 98%.(Larios, 1999).

El proceso de reconocimiento automático del habla (RAH), dota a las máquinas con la capacidad de recibir mensajes orales. Tomando como entrada la señal acústica recogida por un micrófono, el objetivo final es decodificar el mensaje contenido en la onda acústica, para realizar las acciones pertinentes. Para lograr este fin, un sistema de RAH necesita conjugar una gran cantidad de conocimientos acerca del sistema auditivo humano, sobre la estructura del lenguaje, la representación del significado de los mensajes y sobre todo el autoaprendizaje de la experiencia diaria. (Calvo, 2002)

La mayoría de los sistemas de reconocimiento de voz tienen como entrada una señal de audio captada a través de un micrófono y como salida un texto correspondiente a la palabra pronunciada, la figura 1.2, muestra el diagrama de bloques de un sistema básico de reconocimiento de voz.



**Figura 1.2** Diagrama de bloques de un sistema básico de reconocimiento de voz.  
**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

### 2.3.2. Adquisición de la señal de voz

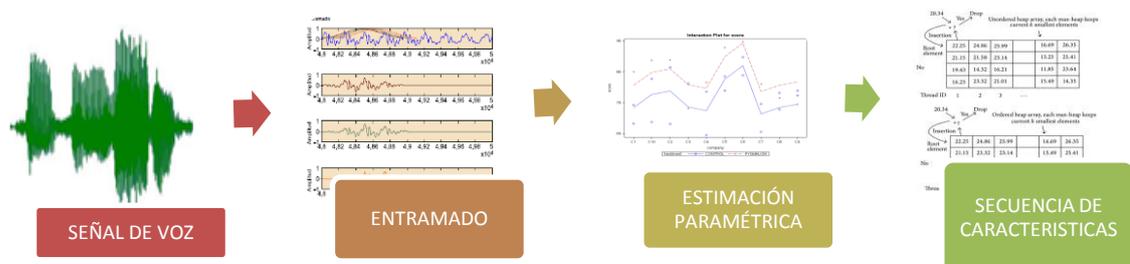
En este punto se utiliza un micrófono para captar la onda acústica producida por el locutor y digitalizarla para poder procesar dicha señal mediante un computador. Cabe resaltar que el ambiente en el cual se desarrolle el proceso de grabación y el micrófono usado puede afectar las tasas de reconocimiento, especialmente si no son los mismos en los procesos de entrenamiento del sistema de reconocimiento de voz.

La frecuencia de muestreo es el número de muestras por unidad de tiempo que se toman de una señal continua para producir una señal discreta, durante el proceso necesario para convertirla de analógica en digital. Como todas las frecuencias, generalmente se expresa en hercios (Hz, ciclos por segundo) o múltiplos suyos, como el kilohercio (kHz), aunque pueden utilizarse otras magnitudes.

En audio, la máxima audiofrecuencia perceptible para el oído humano está en torno a los 20 kHz, por lo que teóricamente una frecuencia de muestreo de 40 kHz sería adecuada para digitalizarla; no obstante, el estándar introducido por el CD-Audio (Disco Compacto), se estableció en 44,1 kHz. La frecuencia de muestreo ligeramente superior permite compensar los filtros utilizados durante la conversión analógica-digital. (“Transmisión de la Voz - Características físicas de la voz humana | ElastixTech - Aprende Telefonía IP Asterisk - Elastix,” 2014)

### 2.3.3. Extracción de las características del habla

La voz es una señal continua y variante en el tiempo y, por lo tanto, es difícil de analizar en el dominio temporal. Para convertir la voz en texto, la señal de entrada se transforma en una secuencia discreta de parámetros, concretamente en una secuencia de vectores de características, la figura 2.2, muestra el diagrama de bloques de un módulo de extracción de características.(Barrob & Costa-juss, 2015)



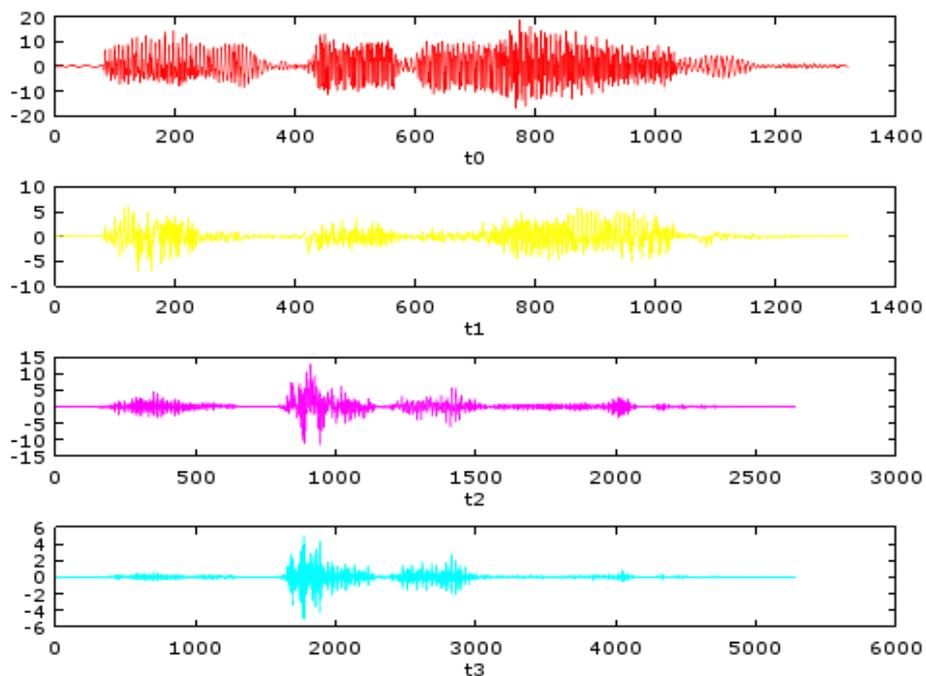
**Figura 2. 2** Diagrama de bloques de un módulo de extracción de características.  
**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

Un vector de características del habla debe de tener las siguientes propiedades:

- Cada vector de características debe representar un segmento temporal de la señal de voz. Por lo tanto, la señal de voz se ha de dividir en segmentos que se puedan considerar estacionarios (con características estables).
- El vector de características debe contener toda la información necesaria para el reconocimiento del habla de la manera más compacta posible. Idealmente, el vector de características solo ha de contener la información relevante para el reconocimiento y eliminar el resto de la información complementaria que hay de manera intrínseca en el audio (particularidades de pronunciación de cada locutor, ruido de ambiente, etc.). El proceso de obtención de características de cada segmento se denomina estimación paramétrica.(Barrob & Costa-juss, 2015)

### 2.3.3.1. Entramado

En este caso, la señal de entrada se multiplica por otra señal denominada ventana, que es diferente de cero en un intervalo de tiempo dado, el resultado de cada una de estas multiplicaciones es una señal de duración finita que se denomina tramo o segmento. La figura 3.2, muestra los tramos obtenidos de una señal en los instantes de tiempo ( $t_0, t_1, t_2$  y  $t_3$ ).



**Figura 3.2** Tramos de una señal de audio, obtenidos en los instantes  $t_0, t_1, t_2, t_3$   
Realizado por: Chicaisa D. 2018

La longitud de la ventana es el intervalo temporal en el que la voz se considera estacionaria, es decir, que las características de la voz no varían. Este intervalo de tiempo en el que las características de la voz son estables es normalmente de unos 25 milisegundos. Por lo tanto, la duración de la ventana se suele fijar en 25 milisegundos. Las ventanas más utilizadas para el entramado son la ventana de Hamming o la ventana de Hanning.

La distancia entre los puntos centrales de las ventanas es un valor fijo, habitualmente entre 10 y 12 milisegundos. Por lo tanto, estas ventanas se solapan. Hay que señalar que unos valores más grandes provocarían una pérdida de información, dado que no se podría seguir la evolución temporal de la señal de voz. Por el contrario, unos valores más pequeños aumentarían el número de tramos de análisis y, por lo tanto, de vectores de características, sin aportar información nueva para el reconocimiento.

#### *2.3.3.2. Estimación paramétrica*

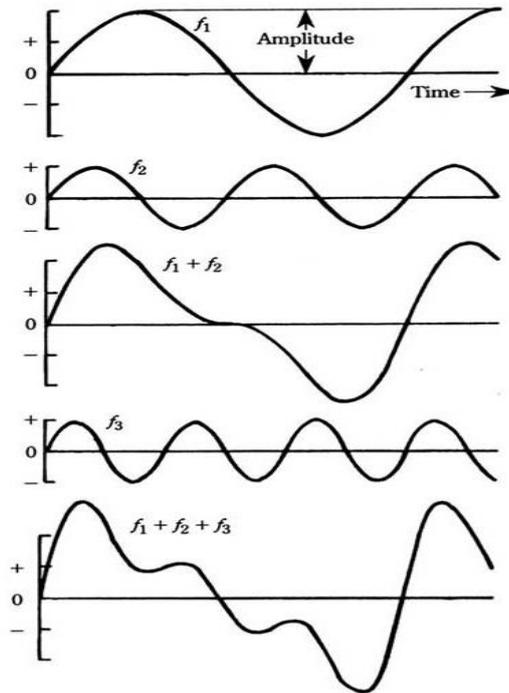
La estimación paramétrica consiste en calcular las características que se utilizaran en el reconocimiento para cada tramo. En la mayoría de los sistemas de reconocimiento de voz se utilizan características espectrales, dado que son más fuertes ante el ruido que la misma señal en el dominio temporal y tienen una representación más compacta.

Una de las características espectrales más utilizadas en el reconocimiento son los coeficientes MEL CEPSTRUM, denominados también mel-frequency cepstrum coefficients (MFCC), junto a información sobre la variación que tienen en el tiempo y el incremento de esta variación.

#### *2.3.4. Transformada de Fourier*

La transformada de Fourier es utilizada para simplificar el estudio de la solución de cierto tipo de ecuaciones diferenciales, convirtiendo las ecuaciones diferenciales en un sistema de ecuaciones algebraicas.

Se parte de la base de que toda señal genérica, por compleja que sea se puede descomponer en una suma de funciones periódicas simples de distinta frecuencia, figura 4.2. En definitiva, la Transformada de Fourier visualiza los coeficientes de las funciones sinusoidales que forman la señal original.(Bernal, Gómez, & Bobadilla, 2012)



**Figura 4.2** Descomposición de una señal con la transformada de Fourier.  
**Fuente:** (“SUPERPOSICIÓN DE ONDAS,” 2015)

La transformada de Fourier se define como (1)

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi t} dt \quad (1)$$

En general,  $X(f)$  es una función compleja (2):

$$X(f) = R(f) + jI(f) = |X(f)|e^{j\varphi(f)} \quad (2)$$

A partir de la señal en el dominio de la frecuencia se puede recuperar la señal en el dominio del tiempo aplicando la transformada inversa de Fourier (3).

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f)e^{j2\pi ft} df \quad (3)$$

### 2.3.5. Transformada discreta de Fourier

Debido a que los sistemas computacionales no pueden analizar la totalidad de una señal continua, es necesario la utilización de la transformada de Fourier discreta que trabaja con señales finitas, para esto se debe muestrear la señal a analizar.

Una vez muestreada se debe convertirla en una señal finita. Para ello se debe limitar el número de muestras que se toman en un determinado tiempo. Esto es posible al multiplicar la señal por

una ventana temporal, el resultado de esto es la convolución del espectro de la señal muestreada con el espectro de la ventana.

La transformada de Fourier discreta se define como (4):

$$X\left(\frac{n}{NT}\right) = \sum_{k=0}^{N-1} x(kT)e^{-\frac{j2\pi nk}{N}}, \quad n = 0, \dots, N-1 \quad (4)$$

Donde  $\frac{n}{NT}$  es la frecuencia de muestreo,  $g(kT)$  es el valor de cada muestra,  $T$  es el periodo de muestreo de la señal original y  $N$  es el número de muestras que se toman, incluyendo los ceros. (Bernal et al., 2012)

### 2.3.6. Transformada discreta wavelet

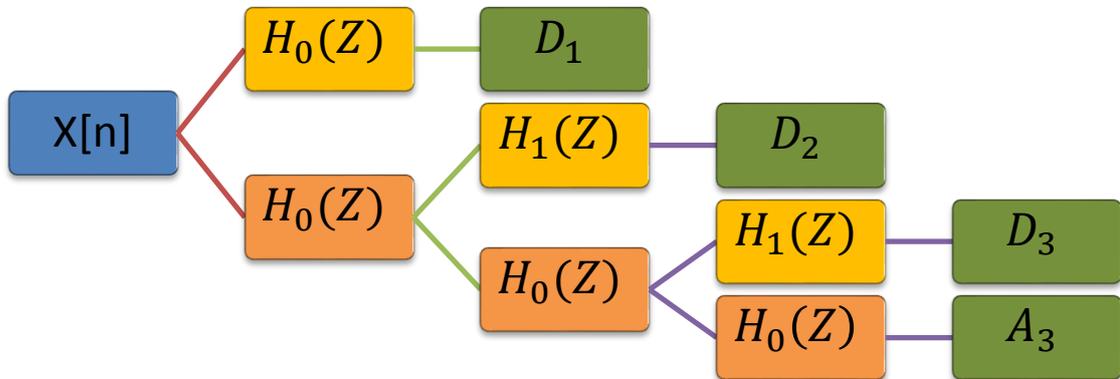
Las ondas wavelets son ondas de corta duración localizadas en el tiempo, a diferencia del análisis de Fourier donde una señal se descompone en una serie de señales senoidales de diferentes frecuencias, todas de duración infinita, el análisis basado en wavelets descompone la señal en una serie de versiones escaladas y desplazadas del “wavelet madre”. (Chávez, Member, & Camarena-ibarrola, 2011)

La transformada Wavelet se puede aplicar a señales no estacionarias, debido a que esta se concentra en pequeñas porciones de la señal que puede considerarse como estacionaria. Tiene una ventana de tamaño variable a diferencia de la ventana de tamaño constante en la transformada rápida de Fourier. La transformada Wavelet proporciona información de las bandas de frecuencias que existen en un intervalo de tiempo dado.

La transformada wavelet se desarrolló como una alternativa para superar los problemas de resolución de la transformada rápida de Fourier, haciendo posible una buena representación de una señal tanto en tiempo como en frecuencia de forma simultánea, con lo que se puede determinar el intervalo de tiempo en el cual aparecen determinadas componentes espectrales. (Martínez & Castro, 2002)

La transformada wavelet toma una señal en el dominio del tiempo y la descompone mediante un banco de filtros pasa altos y pasa bajos. En la figura 5.2 se aprecia el diagrama de bloques de una transformada wavelet de tres estados, donde  $h_1$  es el filtro pasa alto,  $h_0$  es el filtro pasa bajo y

$D_1, D_2, D_3,$  y  $A_3$  son los coeficientes resultantes de la transformada wavelet aplicada a la señal de entrada.



**Figura 5.2** Transformada wavelet de tres estados

Fuente: (Rady et al., 2013)

La transformada wavelet discreta está definida por la ecuación (5).

$$W[j, k] = \sum_j \sum_k x(k) 2^{-\frac{j}{2}} \psi(2^{-j}n - k) \quad (5)$$

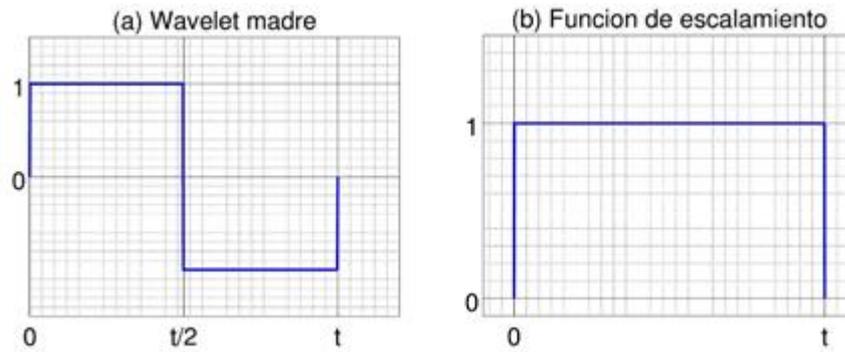
Donde  $\psi_{j,k}$  es una función del tiempo con energía finita y rápido declive llamada la wavelet madre, los parámetros  $j$  y  $k$  son los factores de escala y traslación de la transformada wavelet. (Rady et al., 2013)

### 2.3.7. Familias wavelet.

La transformada wavelet se basa en una función denominada wavelet madre, la señal se descompone en base a esta función. Las funciones wavelet se distribuyen en familias, que comparten ciertas características, una óptima transformación dependerá de la correcta elección de la wavelet madre.

Las familias wavelet más usadas son:

- Haar: tiene dos funciones principales en el análisis de wavelet, la función de escalado (wavelet padre), que en este caso es una función escalón y la función wavelet (wavelet madre), figura 6.2



**Figura 6.2** (a) función  $\psi(t)$ , wavelet madre, (b) función de escalamiento  $\phi(t)$ .  
Realizado por: Chicaisa D. 2018

La función de escalamiento de Haar está definida como:

$$\phi(t) = \begin{cases} 1, & \text{para } 0 \leq x < 1 \\ 0, & \text{para otro caso} \end{cases}$$

La función wavelet madre en este caso está definida como  $\psi(x) = \phi(2x) - \phi(2x - 1)$  (6)

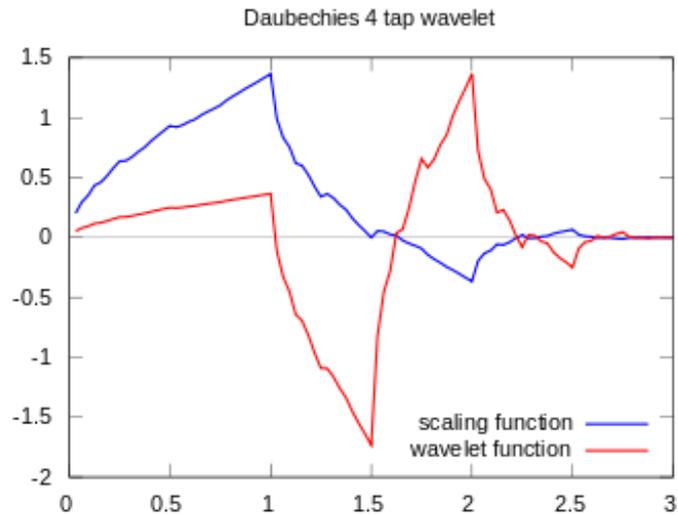
$$\psi(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < \frac{1}{2} \\ -1, & \frac{1}{2} \leq x < 1 \\ 0, & \text{para otro caso} \end{cases}$$

- Daubechies: llamada también dbN, donde N es el orden de la transformada

Las wavelets Daubechies, figura 7.2, tienen dos propiedades especiales. La primera es que hay un número finito de coeficientes de escala no nula, hl, lo que significa que las funciones de escala y las wavelets tienen un soporte compacto. La ecuación de escala de orden-K Daubechies tiene coeficientes de escalamiento de 2K no nulos, y el soporte de la función de escala y de la función wavelet madre está en el intervalo  $[0, 2K - 1]$ . La segunda propiedad de las wavelets de orden-K Daubechies es que los primeros momentos K-1 de las wavelets son cero.

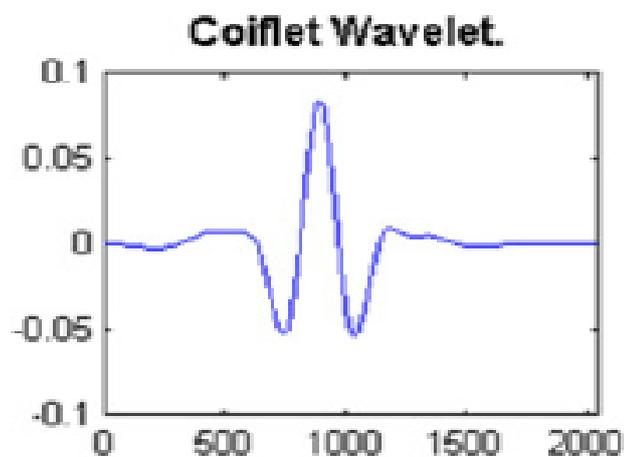
La segunda propiedad de las wavelets Daubechies es lo que las hace útiles como funciones de base. La expansión de una función  $f(x)$  en una base wavelet tiene la forma (7).

$$f(x) = \sum_{mn} f_{mn} \psi_{mn}(x) \quad ; \quad f_{mn} = \int f(x) \psi_{mn}(x) dx \quad (7)$$



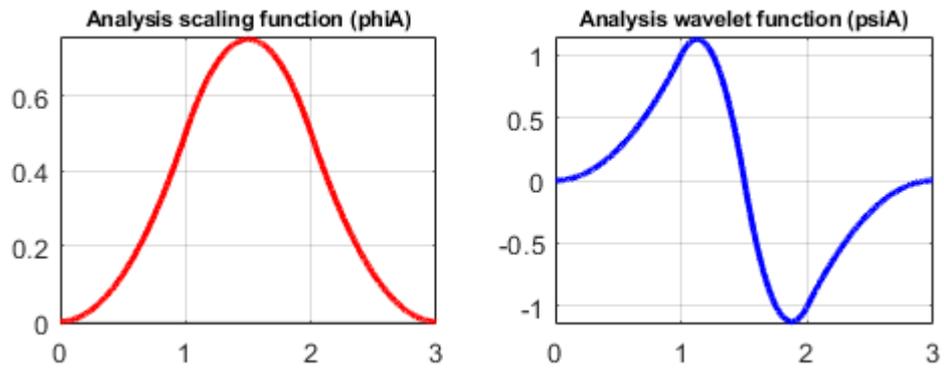
**Figura 7.2** Funcion Wavelet de Daubechies de orden 4  
**Fuente:** (Sharma, Newman, Long, Gasiewski, & Barnes, 2017)

- Coiflets, figura 8.2, son transformadas wavelets discretas que tienen  $2N$  momentos iguales a cero y su función de escala tiene  $2N-1$  momentos iguales a cero. La wavelet es casi simétrica, sus funciones wavelet tienen  $N / 3$  momentos de desvanecimiento y las funciones de escala  $(N / 3)-1$  momentos de desvanecimiento.



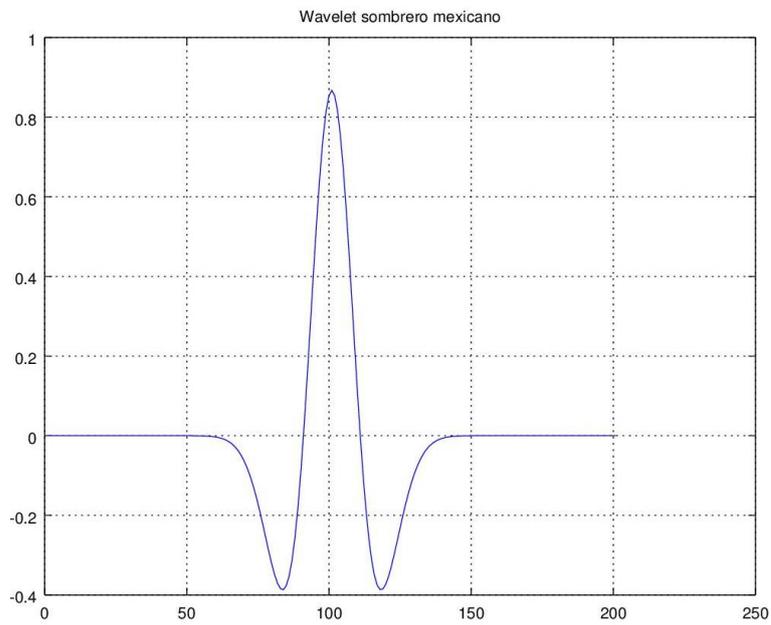
**Figura 8.2** Transformada Wavelet de Coiflet  
**Fuente:** (Sid-Ali Ouadfeul, Amar Boudella, Leila Aliouane, Mohamed Hamoudi, & Said Eladj, 2012)

- Biortogonales, figura 9.2, se caracterizan por su fase lineal, lo cual es requisito fundamental de cara a la reconstrucción. A diferencia de las demás familias esta provee una función para descomposición y otra para reconstrucción.



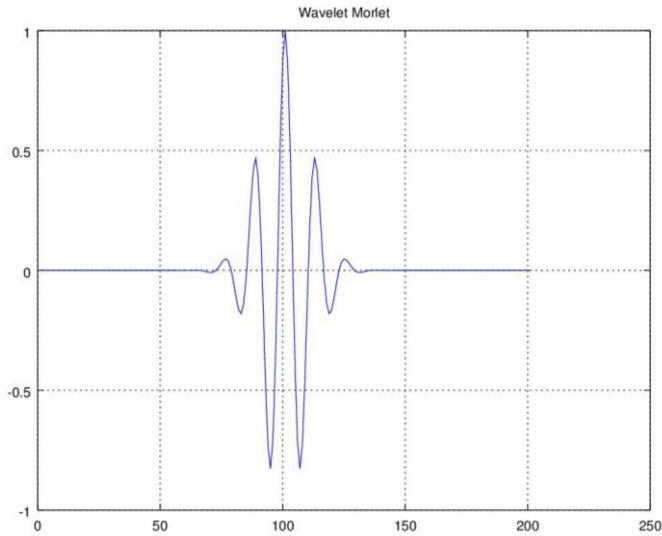
**Figura 9.2** Función de escala ( $\phi_A$ ) y wavelet madre ( $\psi_A$ )  
**Fuente:** ("Biorthogonal scaling and wavelet functions - MATLAB bswfun," 2015)

- Sombrero mexicano, figura 10.2, esta wavelet carece de función de escalado.



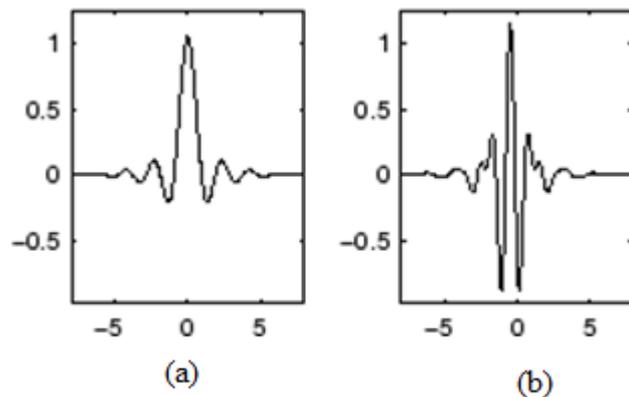
**Figura 10.2** Wavelet Sombrero Mexicano  
**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

- Morlet, figura 11.2, es una función explícita, al igual que el caso anterior no posee una función de escalado.



**Figura 11.2** Función Wavelet de Morlet  
Realizado por: Chicaisa D. 2018

- Meyer, figura 12.2, en este caso la función de escalado al igual que la wavelet están definidos en el dominio de la frecuencia.



**Figura 12.2** (a) Función de escalado, (b) Wavelet Meyer  
Fuente: ("Wavelet Families - MATLAB & Simulink," 2015)

### 2.3.8. El modelo de KOHONEN.

T. Kohonen presentó en 1982 un sistema con un comportamiento semejante al del cerebro. Se trata de un modelo de red neuronal con capacidad para formar mapas de características de manera similar a como ocurre en el cerebro. En éste hay neuronas que se organizan en muchas zonas, de forma que las informaciones captadas del entorno a través de los órganos sensoriales se representan internamente en forma de mapas bidimensionales.

Este modelo tiene dos variantes, denominadas LVQ (Learning Vector Quantization) y TPM (Topology-Preserving Map). Ambas forman mapas topológicos para establecer características comunes entre las informaciones de entrada.

El modelo de red neuronal de Kohonen se caracteriza por ser una red de aprendizaje no supervisada, lo cual significa que para esta red no existe ningún ente externo que le indique si la red está operando correcta o incorrectamente porque no se dispone de ninguna salida objetivo hacia la cual la red deba converger.

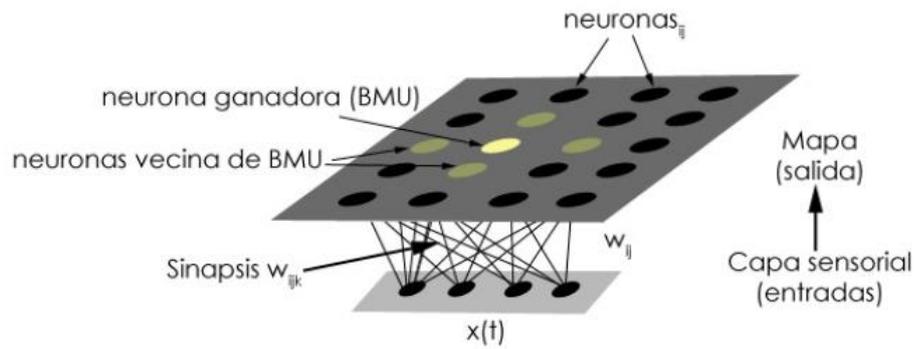
El modelo de red auto-organizada descubre rasgos comunes, regularidades, correlaciones o categorías en los datos de entrada, y los incorpora a su estructura interna de conexiones. Se dice, por tanto, que las neuronas deben auto-organizarse en función de los estímulos procedentes del exterior.(Marín, 1982)

En el aprendizaje competitivo las neuronas compiten unas con otras con el fin de llevar a cabo una tarea dada. Se pretende que cuando se presente a la red un patrón de entrada, sólo una de las neuronas de salida (o un grupo de vecinas) se active. Por tanto, las neuronas compiten por activarse, quedando finalmente una como neurona vencedora y el resto anuladas, que son forzadas a sus valores de respuesta mínimos. El objetivo de este aprendizaje es categorizar los datos que se introducen en la red. Se clasifican valores similares en la misma categoría y, por tanto, deben activar la misma neurona de salida. Las clases o categorías deben ser creadas por la propia red, puesto que se trata de un aprendizaje no supervisado, a través de las correlaciones entre los datos de entrada.(Marín, 1982)

### ***2.3.9. Arquitectura de la red neuronal SOM (self organizing map)***

El modelo SOM está compuesto por dos capas de neuronas. La capa de entrada (formada por N neuronas, una por cada variable de entrada) se encarga de recibir y transmitir a la capa de salida la información procedente del exterior. La capa de salida (formada por M neuronas) es la encargada de procesar la información y formar el mapa de rasgos.

Normalmente, las neuronas de la capa de salida se organizan en forma de mapa bidimensional como se muestra en la figura 13.2.



**Figura 13.2** Estructura de la red SOM

**Fuente:** ("Ingeniería de Sistemas: REDES NEURONALES - MAPAS AUTOORGANIZADOS DE KOHONEN (SOM)," 2014)

Las conexiones entre la capa de entrada y la capa de salida son siempre hacia adelante, es decir, la información se propaga desde la capa de entrada hacia la capa de salida. Cada neurona de entrada "i" está conectada con cada una de las neuronas de salida "j" mediante un peso  $w_{ji}$ . De esta forma, las neuronas de salida tienen asociado un vector de pesos  $W_j$  llamado vector de referencia, debido a que constituye el vector promedio de la categoría representada por la neurona de salida "j".

El SOM posee un algoritmo que caracteriza inicialmente los datos otorgando pesos  $w_{ij}$  con valores muy pequeños y aleatorios, así presenta una entrada en forma de vector, notado como  $\tilde{W}$ , donde cada componente serán números reales  $\tilde{W} = w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{nj}$ .

Cuando los datos ingresan a la red, esta analiza sus correlaciones, es entonces cuando las neuronas de la red reciben una señal representada por (8).

$$\tilde{x} = (x_1, x_2, \dots, x_i)^T \quad (8)$$

Así las neuronas de la red empiezan a competir y la neurona ganadora será aquella que tenga el valor más parecido a los pesos iniciales, esto se obtiene calculando la distancia entre los vectores, usualmente se usa la métrica Euclídea definida como (9). (Marín, 1982)

$$d = (\tilde{X}, \tilde{W}) = \|\tilde{X} - \tilde{W}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - w_{ij})^2} \quad (9)$$

Con la neurona ganadora se obtiene una vecindad, luego se reajustan los pesos y se repetirá nuevamente el proceso. Las veces que la neurona vencedora es reajustada se determinan con la tasa de aprendizaje, la cual es una magnitud de cambio entre 0 y 1 decreciendo en cada iteración. Comúnmente, esta magnitud se representa y se actualiza con la ecuación (10).

$$\alpha(t) = \alpha_0(t) + (\alpha_f - \alpha_0) \frac{t}{t_\alpha} \quad (10)$$

Donde,  $\alpha_f$  es la razón de aprendizaje final y  $t_\alpha$  es el número de iteraciones máxima para alcanzar  $\alpha_f$ . Durante el proceso de aprendizaje en el tiempo  $t$  los vectores de referencia son cambiados iterativamente según la regla de adaptación representada en la ecuación (11).

$$W_j(t+1) = w_j(t) + h_c(j,t)[x_i(t) - w_{ij}(t)]; \quad j = 1 \dots M \quad (11)$$

Donde  $h_c(j,t)$  será el Kernel asociado al clúster, generalmente viene dado por una función gaussiana.

### **2.3.10. Sistema Domótico HDL BUS PRO**

Buspro es un Sistema de automatización para casas y edificios desarrollado por HDL puede ser utilizado para control de iluminación, cortinas, HVAC, TV, música, dispositivos de teatro en casa, seguridad, riego, Medición de energía, etc.

El sistema HDL-BUS adopta el estándar de comunicación industrial RS485, usando como medio físico para la transmisión de datos un cable par trenzado, la comunicación se realiza en tiempo real y de forma full dúplex, en esta red no existe la estructura maestro/esclavo, la red troncal adopta el estándar de red UDP / IP. (“Design Guidance Intelligent building control system, HDL BUS,” 2015)

#### **2.3.10.1. Ventajas del sistema HDL-BUS PRO**

- Simplificación en los diseños de los circuitos de iluminación, fáciles de instalar y dar mantenimiento.
- Estructura de hardware y software flexible.
- Múltiples formas de control de iluminación, tales como, escenas en un área simple y escenas en áreas combinadas, interruptores temporizados, operaciones secuenciales, regulación automática de iluminación, control mediante señales IR, etc.
- Las escenas de iluminación pueden ser cambiadas sin necesidad de modificar el hardware, modificando solamente el software.
- Cada dispositivo en la red es independiente, de forma que si un dispositivo sufre un daño el resto de la red sigue funcionando con normalidad.

### 2.3.10.2. *Arquitectura del sistema HDL Bus Pro*

El sistema Domótico HDL Bus Pro es de arquitectura distribuida, es decir, las tareas de procesamiento del sistema son realizadas por cada uno de los módulos, en lugar de tener uno solo módulo que realice dicha tarea, con esto se logra tener un sistema que responda más rápido a cualquier evento.

### 2.3.10.3. *Puerto BUS PRO.*

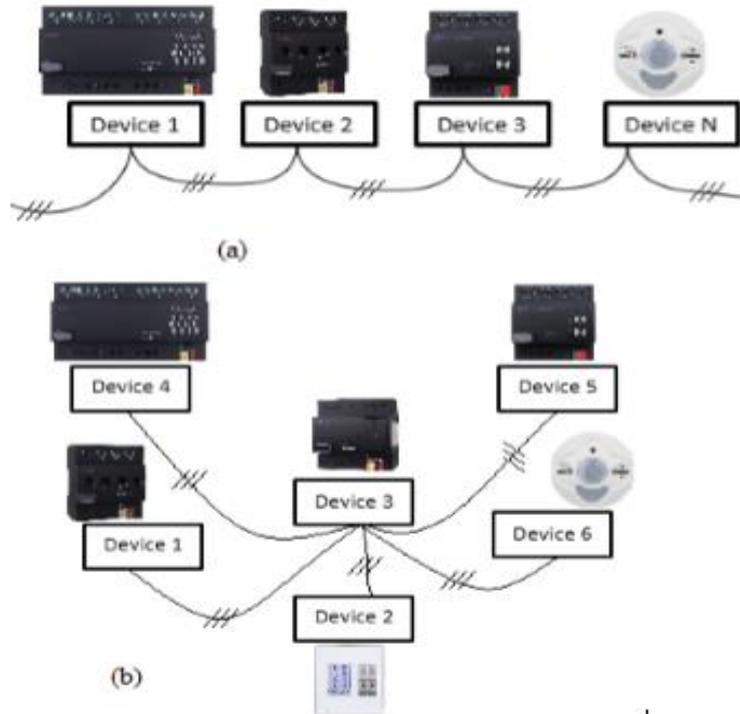
El puerto BUS-PRO adopta el estándar de comunicación industrial RS-485, la comunicación la realiza a través de un cable par trenzado categoría 5 o superior, la velocidad de transmisión es de 9600 baudios por segundo, la longitud maxima que alcanza el bus es 1200 metros, utiliza CSMA/CD para la detección de conflictos en la comunicación. En la figura 14.2, se observa el puerto de comunicaciones Bus pro.



**Figura 14.2** Puerto de comunicación BUS-PRO  
Fuente: HDL Buspro Abril 6, 2015.

### 2.3.10.4. *Topología del sistema.*

Las topologías aceptadas por el sistema HDL BUS-PRO para conectar los equipos son tipo bus y tipo estrella, aunque la topología en estrella no es muy recomendada. En la figura 15.2, se puede observar las dos topologías aceptadas por el sistema HDL BUS-PRO.



**Figura 15.2** (a) Topología tipo bus, (b) topología tipo estrella.  
 Fuente: HDL Buspro Abril 6, 2015.

Cada dispositivo conectado al bus doméstico tiene una Subnet ID y un Device ID excepto la Fuente de poder, ejemplo, 1/2 significa que el equipo se encuentra en la subnet 1 y su ID es 2, esta combinación hace único a cada dispositivo dentro de toda la red. La capacidad del sistema es de  $255 \times 64 = 16,320$  dispositivos. En la figura 16.2, se tiene un sistema doméstico que contiene dos subredes con 64 dispositivos cada una.



**Figura 16.2** Sistema doméstico con dos subredes.  
 Fuente: HDL Buspro Abril 6, 2015.

### 2.3.10.5. Componentes del sistema HDL Bus Pro.

El sistema HDL Bus Pro cuenta gran variedad de controladores, sensores y actuadores desarrollados específicamente para el control Domótico. En la tabla 1.2, se listan algunos de los componentes más comunes del sistema HDL Bus Pro.

**Tabla 1.2** Componentes del sistema HDL Bus Pro

Componente	Características	Función
<b>HDL DLP Panel</b> 	Interfaz de usuario con pantalla de cristal líquido, cuenta con 8 botones programables y cuatro pestañas de navegación	Control de todos los dispositivos contenidos en el bus domótico, posee una pestaña dedicada para control de audio y otra para el sistema de climatización
<b>iTouch Series 4 Buttons Touch Panel</b> 	Botonera inteligente de 4 servicios	Permite el control de iluminación, escenas y secuencias
<b>Fuente de poder</b> 	Entrada 110V, 50/60Hz, salida de 2400mA y 750mA	Provee de alimentación al bus Domótico
<b>Módulo de Relé</b> 	Módulo de relé de 4 canales, 10 amperios por canal	Control de iluminación, soporta escenas y secuencias.
<b>Módulo dimmer</b> 	Módulo dimmer de 6 canales, 2 amperios por canal	Control de iluminación dimmerizable para cargas resistivas
<b>DLP Power interface</b> 	Voltaje 24VDC, Data+, Data-	Provee alimentación y el bus de comunicación para el DLP
<b>Z- Audio</b> 	Acepta memoria SD hasta 8Gb, reproduce desde servidor FTP, radio FM, entrada auxiliar, salida amplificada de 50W*2.	Sistema centralizado de audio
<b>Sensor 8 en 1</b> 	Capaz de medir temperatura, luminosidad, movimiento, además posee emisores y receptores infrarrojos.	Utilizado para seguridad y para controlar electrodomésticos que funcionen con control remoto.

<p><b>Módulo Lógico</b></p> 	<p>Este módulo cuenta con 960 bloques lógicos, y la condición de la lógica de las entradas puede establecer el estado de un canal, fecha, semana, hora, valor de una entrada externa de una escena, etc.</p>	<p>Mediante el uso de diferentes relaciones lógicas para establecer diferentes destinos de control, cuatro relaciones lógicas están disponibles para cada bloque lógico: AND, OR, NAND, NOR.</p>
<p><b>Módulo IP</b></p> 	<p>Puerto de comunicación Ethernet y Bus Pro.</p>	<p>Permite la interacción con el bus a través de la red LAN.</p>

**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

### 2.3.10.6. Reglas de enrutamiento.

El sistema domótico HDL BUS-PRO tiene dos simples reglas de enrutamiento.

Regla 1: De salida (de Buspro a Ethernet): Sin Filtro, esto quiere decir que, al equipo que realiza la petición no le importa si la subnet ID y la device ID del destinatario existe o no, este simplemente envía la petición, por ejemplo, se tienen dos subredes en el sistema domótico, la subred 1 y la subred 2, desde la pc se envía una petición hacia la subred 3 a un dispositivo 3, la petición sale desde la pc sin ningún problema, pero al no existir la subred especificada la petición simplemente se pierde.

Regla 2: De entrada (de Ethernet a Buspro): Solamente cuando la Subnet ID de los dispositivos inteligentes coincide con la Subnet ID del módulo IP, los comandos serán transmitidos. Ejemplo., Si el panel 0/2 es preconfigurado para activar el dimmer 254/1 y este es presionado, el comando de activación será transferido a Ethernet por la REGLA 1, y el comando de activación será recibido por todos los módulos IP que se encuentren ON-LINE ya que el Sistema Buspro utiliza UDP (si hacemos un link de la PC al Switch Ethernet, HSBT también recibirá el comando de activación), pero solamente el modulo IP 254/0 transferirá el comando de activación al Buspro por la REGLA 2.(BUSPRO, n.d.)

### 2.3.11. Protocolo de comunicación UDP

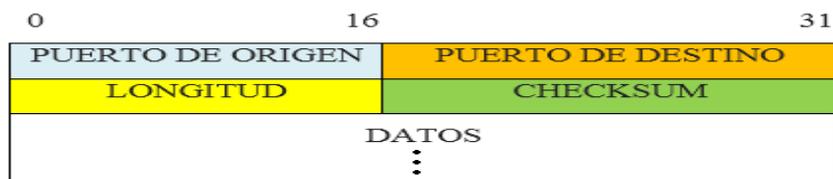
UDP (User Datagram Protocol) se encuentra en la capa de transporte del modelo OSI, es un protocolo no orientado a conexión. El protocolo UDP utiliza el mismo método de multiplexado que el protocolo IP.

UDP/IP proporciona muy pocos servicios de recuperación de errores lo que hace que la garantía de que un paquete llegue a su destino sea menor que si se usara TCP, además los datagramas que

lleguen al destinatario podrían estar duplicados y/o desordenados. El protocolo UDP Se utiliza sobre todo cuando la velocidad es un factor importante en la transmisión de la información. Debido a estas razones es necesario implementar un método de control de envío de datagramas en las aplicaciones que utilicen el protocolo UDP como medio de transporte de datos.

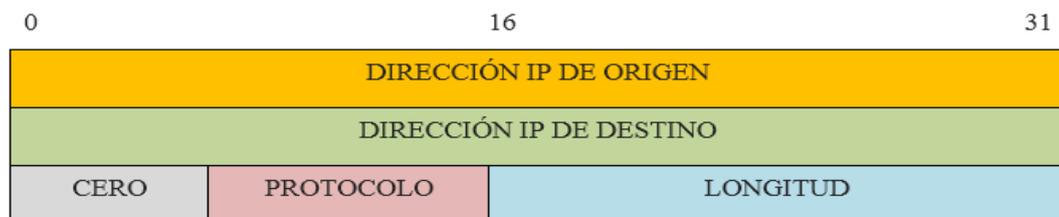
### 2.3.11.1. Formato de mensajes UDP

Cada datagrama UDP se envía con un único datagrama IP. Aunque el datagrama IP se puede fragmentar durante la transmisión, la implementación de recepción IP lo reensambla antes de presentarlo a la capa UDP. Todas las implementaciones IP están preparadas para aceptar datagramas de 576 bytes, permitiendo un tamaño máximo de cabecera IP de 60 bytes sabiendo que un datagrama UDP de 516 bytes lo aceptan todas las implementaciones. Muchas implementaciones aceptarían datagramas mayores, aunque no se puede asegurar. El datagrama UDP tiene una cabecera de 16 bytes que se describe en la figura 17.2 (“IP - Protocolos de la familia Internet,” 2014)g



**Figura 17.2** Cabecera UDP  
Fuente: (Postel, 1980)

El puerto de origen establece el puerto de la aplicación que realiza el envío del datagrama, este es el mismo puerto al que deben direccionarse las respuestas de la petición, en caso de haberlas, el puerto de destino establece el puerto de la aplicación a la cual se envía el datagrama, la longitud, es el tamaño (en bytes) del datagrama incluyendo la cabecera, checksum es un código opcional de comprobación de integridad de 16 bits, calculado en el encabezado pseudo-IP y el encabezado y datos UDP. El encabezado pseudo-IP, figura 18.2, contiene las direcciones IP de origen y destino, el protocolo y la longitud UDP.(Postel, 1980)



**Figura 18.2** Encabezado pseudo-IP  
Fuente: (Postel, 1980)

### 2.3.11.2. Puertos UDP

El protocolo UDP utiliza puertos para permitir la comunicación entre aplicaciones. El campo de puerto tiene una longitud de 16 bits, por lo que el rango de valores válidos va de 0 a 65.535. El puerto 0 está reservado, pero es un valor permitido como puerto origen si el proceso emisor no espera recibir mensajes como respuesta. Los puertos del 1 a 1023 se llaman puertos "bien conocidos", se los utiliza cuando con el método de asignación de puertos estática, en sistemas operativos tipo Unix se debe proporcionar acceso como super usuario para poder utilizar estos puertos. Los puertos del 1024 al 49151 son puertos registrados. Los puertos 49152 a 65535 son puertos efímeros y son utilizados como puertos temporales, sobre todo por los clientes al comunicarse con los servidores.

En la tabla 2.2, se mencionan algunos de los puertos "bien conocidos"

**Tabla 2. 2** Puertos UDP "bien conocidos"

Numero	Clave	Aplicación	Descripción
7	Echo	Echo	Servidor de eco
13	Daytime	daytime	Hora y fecha del sistema (ASCII)
17	Quote	Qotd	Cita del dia
37	Time	Time	Hora del sistema (binario)
53	Domain	Nameserver	Servidor de nombres de dominio
69	Tftp	tftp	Trivial file transfer protocol

**Fuente:** ("Arquitectura de Redes y Servicios de Telecomunicación (ARST)," 2014)

### 2.3.11.3. Trama UDP HDL Bus Pro.

En la figura 19.2, se muestra el modelo de la trama que utiliza el sistema Domótico HDL Bus Pro para su comunicación. En esta trama es necesario especificar el tamaño del paquete que se va a enviar. El tamaño mínimo del paquete que se envía es de 10 bytes, seguido de la subnet ID y device ID del dispositivo de origen, a continuación, el tipo de dispositivo de origen, el código de operación, la subnet ID y device ID del destinatario, por último la petición y el código de redundancia cíclica.



**Figura 19.2** Trama UDP del sistema HDL Bus Pro.  
**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

Por ejemplo si se quisiera encender el canal 1 del módulo de relé que se encuentra en la subred 1 y cuya dirección de dispositivo es 3 utilizando la PC, la trama quedaría especificada de acuerdo a la tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Trama UDP generada para encender un canal de relé.

Tamaño de la trama	Dispositivo de origen	Tipo de dispositivo de origen	Código de operación	Dispositivo de destino	Petición	Código de redundancia cíclica
0x0d	0x01 0x64	0xff 0xfe	0x00 0x31	0x01 0x03	0x01 0x64	0x5f 0x48
13 bytes	Subnet ID=1	Dispositivo PC	Single cannel lighth control	Subnet ID=1	Canal 1 Valor 100%	

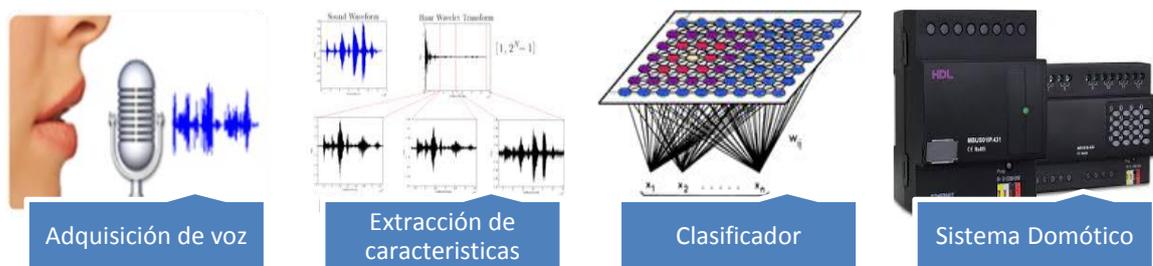
**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

## CAPITULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE VOZ

#### 3.1. Sistema propuesto

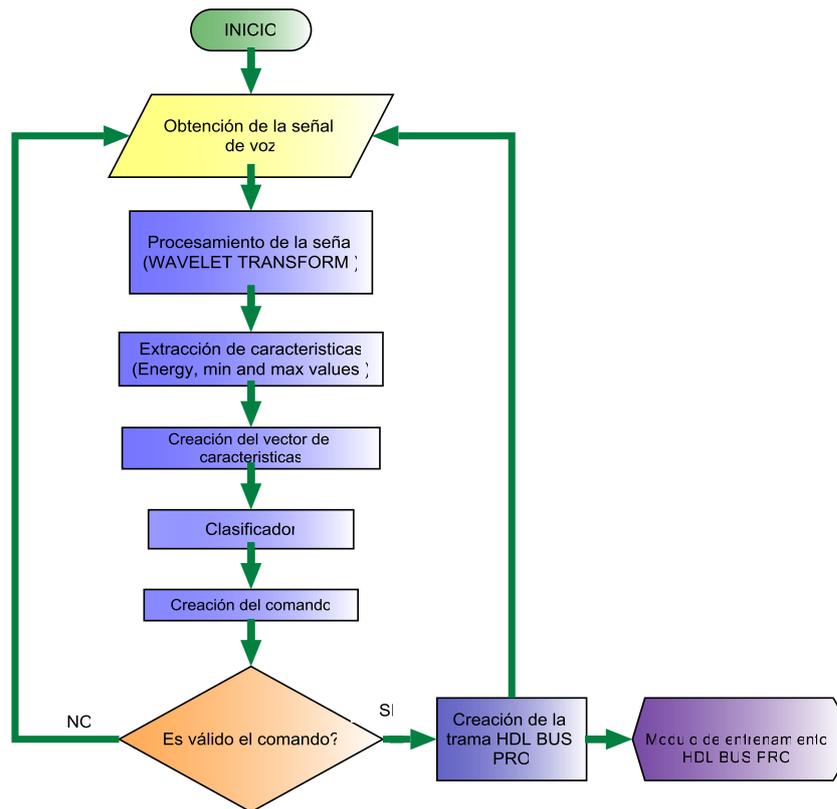
En la figura 1.3, se muestra el diseño propuesto para el sistema de reconocimiento de voz



**Figura 1.3** Sistema de reconocimiento de voz propuesto

**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

El algoritmo del sistema de reconocimiento de voz se desarrolló sobre la plataforma java, usando el IDE de Netbeans. En la figura 2.3 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo implementado.



**Figura 2.3** Diagrama de flujo del algoritmo implementado  
Realizado por: Chicaisa D. 2018

### 3.2. Adquisición de los patrones de voz

Los patrones de voz utilizados para el presente proyecto fueron grabados utilizando una grabadora de audio marca SONY ICD-PX440, figura 3.3.



**Figura 3.3** Grabadora de voz digital SONY ICD-PX440  
Fuente: ("Sony eSupport - ICD-PX440 - Support," 2016)

Las muestras de voz fueron tomadas en formato mp3 de un universo de 60 personas con una edad promedio de 23 años, entre las cuales 40 fueron de sexo masculino y las 20 restantes de sexo femenino, en todos los casos la grabación de las muestras de voz se realizó en un ambiente cerrado con muy poco ruido, la lista de comandos de voz se muestra en la tabla 1.3.

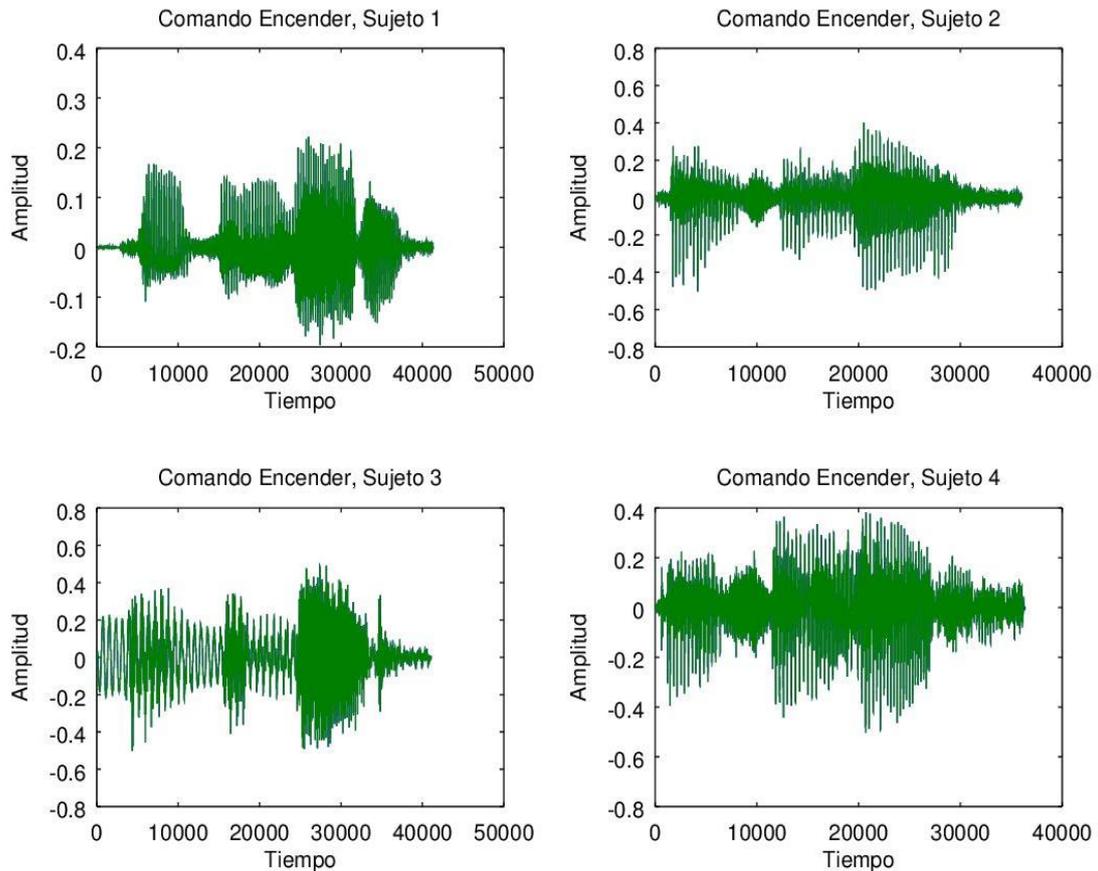
**Tabla 1.3** Lista de comandos de voz tomados como patrones

Número	Palabra	Frecuencia de muestreo	Calidad de audio
1	ENCIENDE	44100 Hz	MONO
2	APAGA		
3	LUZ		
4	CAMARA		
5	AUDIO		
6	MAS		
7	MENOS		
8	SUBE		
9	BAJA		
10	PLAY		
11	VOLUMEN		
12	ANTERIOR		
13	SIGUIENTE		
14	TODO		
15	DIMMER		
16	UNO		
17	DOS		
18	TRES		

**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

### 3.2.1. Validación de las muestras

La validación de las muestras adquiridas se realizó con la ayuda del software de procesamiento numérico Octave, esta operación se llevó a cabo con el fin de garantizar que los datos que ingresen a la red neuronal para su entrenamiento tengan características similares. En la figura 4.3, se muestra gráficamente las señales de voz correspondientes al comando ENCIENDE, tomado de 4 personas diferentes, aunque el comando de voz es el mismo para los cuatro casos, ninguno tiene la misma duración, amplitud ni frecuencia.



**Figura 4.3** Grafica del comando ENCIENDE, de cuatro sujetos diferentes

**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

Puesto que existen ligeras variaciones en cuanto a amplitud y frecuencia pero la forma general es similar en los cuatro casos, por esta razón se procedió a realizar la correlación de todas las muestras para descartar aquellas muestras de audio cuyo valor de correlación sea inferior a un valor de 0.85, con esto conseguimos que el entrenamiento de la red sea más rápido y la tasa de error sea la mínima.

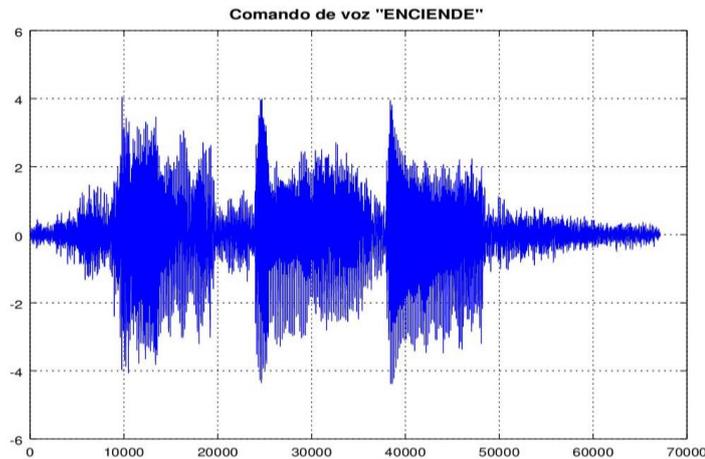
### 3.2.2. *Extracción de características de la voz*

La extracción de las características de la señal es la clave para obtener un sistema de reconocimiento de voz fiable, ya que el mejor clasificador fallara si las características de la señal no están bien obtenidas. El algoritmo encargado de extraer las características convierte el vector considerado como patrón en un nuevo vector de menor dimensión que contiene la mayor parte de información útil del vector original.

Al aplicarle la transformada Wavelet a una señal, esta no cambia su contenido. Para muchas señales, la parte de baja frecuencia contiene la información más importante. En el caso de la señal de voz, si se elimina los componentes de alta frecuencia, la voz suena diferente, pero todavía se

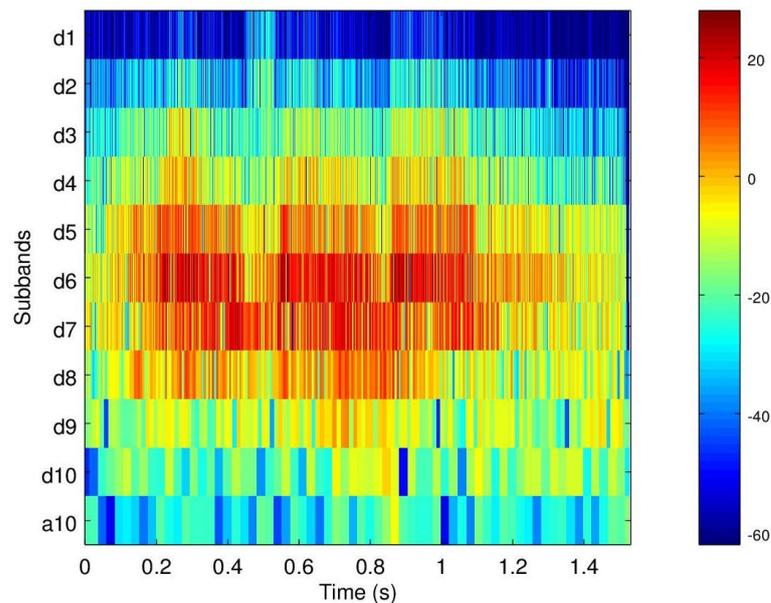
puede interpretar lo que está diciendo, en cambio al eliminar las señales de baja frecuencia la señal de voz resultante se ve distorsionada e incapaz de ser interpretada.

En este caso se utilizó la transformada Wavelet discreta para descomponer la señal de voz, en sub-bandas de frecuencia, figura 5.3, y así obtener sus características. El modelo que se usó en la transformada Wavelet fue el de Daubechies de orden 4, con un banco de filtros de decimo orden.

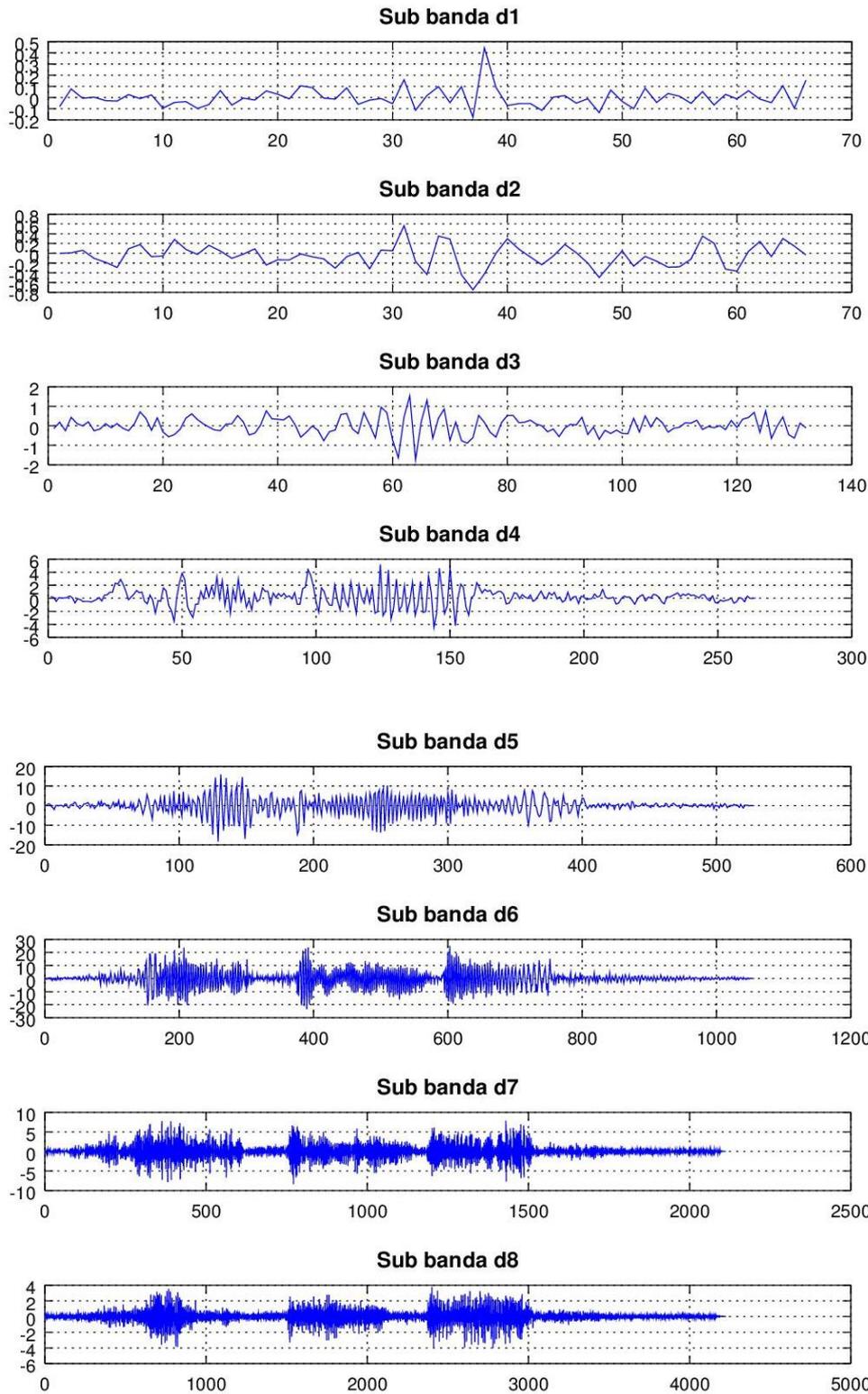


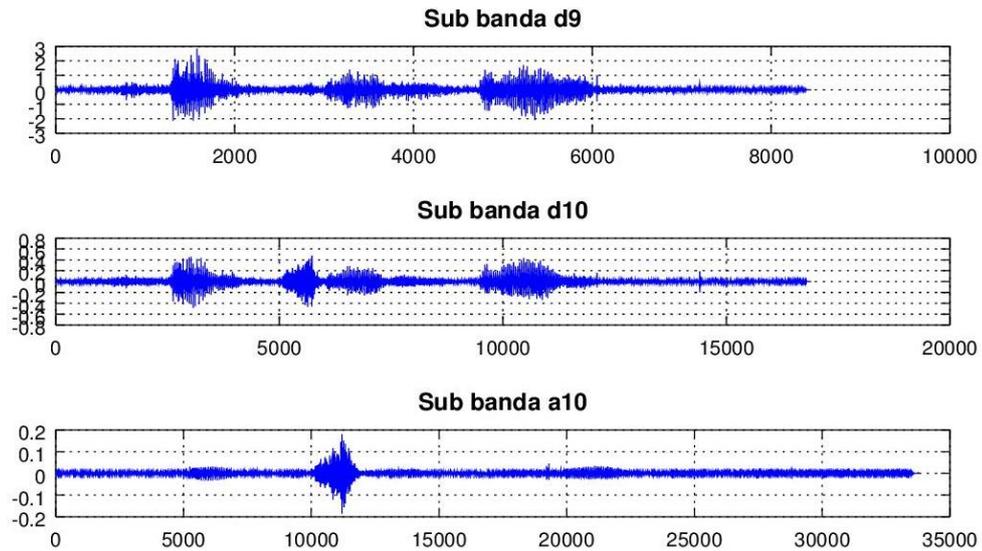
**Figura 5.3** Señal de entrada  
Realizado por: Chicaísa D. 2018

La transformada Wavelet descompone la señal de entrada en diferentes bandas de frecuencias, el número de bandas de frecuencias que se obtiene depende del orden del banco de filtros más 1. En este caso el orden del banco de filtros es 10, por lo que se obtienen 11 bandas de frecuencias figura 6.3 y figura 7.3.



**Figura 6.3** Representación en frecuencia vs. Tiempo con la transformada Wavelet  
Realizado por: Chicaísa D. 2018





**Figura 7.3** Comando de voz “ENCIENDE”, descompuesto en bandas de frecuencias.  
**Realizado:** Chicaisa D. 2018

Con el fin de reducir aún más el tamaño de los vectores de características, se usó el análisis estadístico a cada una de las sub-bandas de frecuencia para calcular:

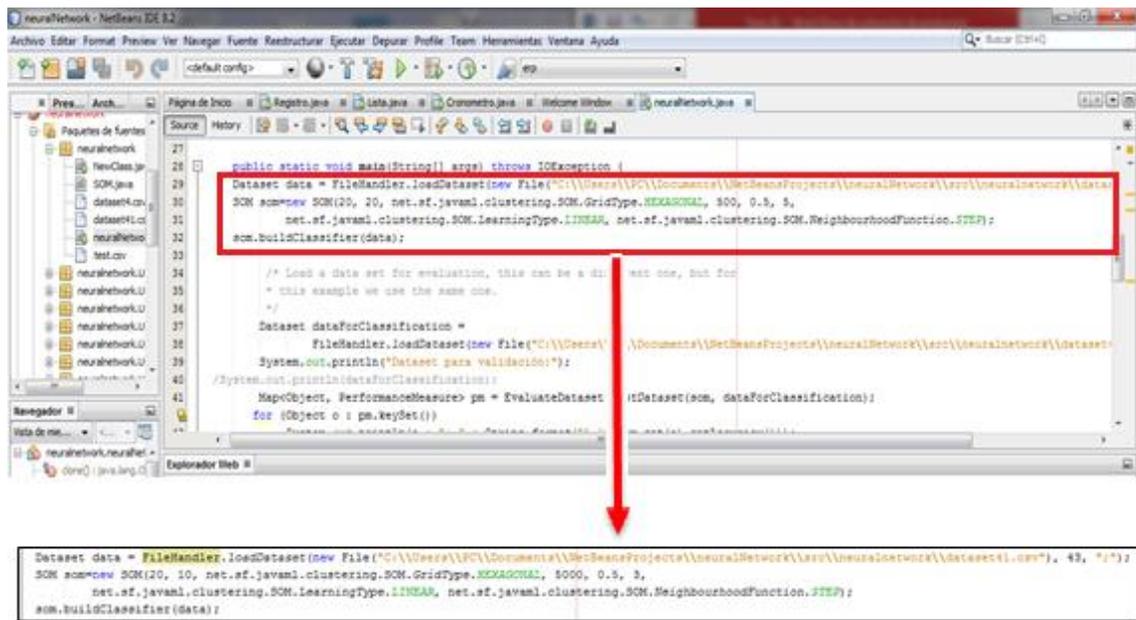
- La norma de la señal en cada sub-banda.
- Energía de cada sub-banda.
- El mínimo y máximo de cada sub-banda.

Con esto se obtiene un vector de características de 44 posiciones para cada señal de voz.

### 3.3. Desarrollo del clasificador

Para el desarrollo del clasificador se generó un dataset de 44x1080 muestras, de los cuales el 60% se utilizó para el entrenamiento de la red y el 40% para validación.

Además se implementó un mapa auto organizativo (SOM), figura 8.3, con 44 entradas y un mapa de 100 neuronas con una topología hexagonal, usando la librería para java JML (Java Machine Learning)(Abeel, Peer, & Saeys, 2009).



**Figura 8.3** Implementación del clasificador usando la librería para java JML.  
 Realizado por: Chicaisa D. 2018

- Mapa de topología hexagonal de: 20x10
- Número de iteraciones: 5000
- Learning Rate: 0.5
- Radio inicial del vecindario: 3
- Tipo de aprendizaje: Lineal

Para la validación del modelo SOM se utilizó un dataset correspondiente al 40% del total de las muestras obtenidas. Logrando una exactitud del clasificador igual al 93.2%, figura 9.3.



**Figura 9.3** Validación del clasificador implementado.  
 Realizado por: Chicaisa D. 2018

En la tabla 2.3, se detalla el porcentaje de asertividad obtenido para cada uno de los comandos de voz.

**Tabla 2.3** Porcentaje de asertividad de la red SOM.

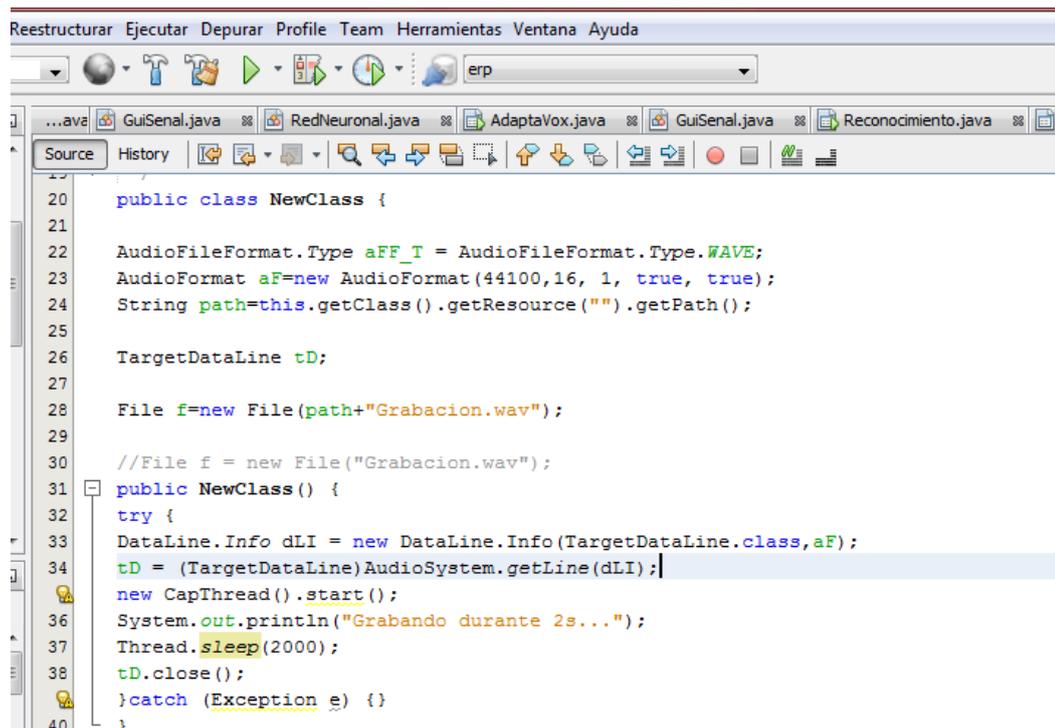
Comando	Porcentaje de asertividad
Dimmer	94,9%
Todo	92,1%
Sube	94,9%
Anterior	94,9%
Menos	94,9%
Baja	94,9%
Enciende	93,2%
Dos	94,9%
Volumen	94,9%
Tres	94,9%
Audio	93,2%
Cámara	94,9%
Siguiente	93,2%
Luz	94,9%
Play	94,9%
Apaga	93,2%
Uno	94,9%
Mas	94,9%

**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

### 3.4. Adquisición de voz con java

Una vez desarrollado el clasificador, lo siguiente es adquirir la señal de voz que ingresará al clasificador para determinar la petición solicitada por el usuario del sistema.

La grabación de la señal de voz se realizó con el código que se muestra en la figura 10.3. Este código permite grabar la señal de un micrófono por un lapso de 2 segundos, que es lo suficiente para tener un archivo de audio por cada palabra mencionada. El archivo de audio resultante está en formato WAV, con una frecuencia de muestreo de 44.1Khz, a 16 bits y calidad mono estéreo.

The image shows a screenshot of an IDE window with a menu bar (Reestructurar, Ejecutar, Depurar, Profile, Team, Herramientas, Ventana, Ayuda) and a toolbar. The main editor area displays Java code for a class named 'NewClass'. The code includes imports for 'AudioFormat', 'TargetDataLine', and 'File'. It defines a 'NewClass' constructor that sets up an audio format (44100 Hz, 16-bit, mono), a target data line, and a file path for 'Grabacion.wav'. The constructor uses a try-catch block to open the audio device and start a capture thread. The thread prints a message 'Grabando durante 2s...' and sleeps for 2000 milliseconds before closing the data line. The code is as follows:

```
20 public class NewClass {
21
22     AudioFormat.Type aFF_T = AudioFormat.Type.WAVE;
23     AudioFormat aF=new AudioFormat(44100,16, 1, true, true);
24     String path=this.getClass().getResource("").getPath();
25
26     TargetDataLine tD;
27
28     File f=new File(path+"Grabacion.wav");
29
30     //File f = new File("Grabacion.wav");
31     public NewClass() {
32     try {
33         DataLine.Info dLI = new DataLine.Info(TargetDataLine.class,aF);
34         tD = (TargetDataLine)AudioSystem.getLine(dLI);
35         new CapThread().start();
36         System.out.println("Grabando durante 2s...");
37         Thread.sleep(2000);
38         tD.close();
39     }catch (Exception e) {}
40 }
```

**Figura 10.3** Adquisición de la señal de voz a través de un micrófono externo.  
Realizado por: Chicaisa D. 2018

### 3.5. Extracción de la transformada wavelet de la señal de voz

En este punto se utilizó la transformada wavelet, figura 11.3, para extraer las características de la señal de audio grabada, esto se lo hace con el fin crear un vector de tamaño estándar el cual ingresará al clasificador para identificar la palabra mencionada.

Para calcular la transformada Wavelet en Netbeans se utilizó la librería JWAVE, esta librería para java permite calcular la transformada Discreta de Fourier y la transformada rápida Wavelet. Este algoritmo implementa las familias Wavelets: Haar, Coiflet, Daubechies, Symlets, Legendre, e incluso Bi-Ortogonales. Esta librería está disponible para su descarga en GitHub.

```

ructurar Ejecutar Depurar Profile Team Herramientas Ventana Ayuda
...ave GuiSenal.java RedNeuronal.java AdaptaVox.java GuiSenal.java Reconocimiento.java grafica1.java
source History
220
221 //Se aplica la transformada wavelet de daubechies a la señal de audio
222 private double[] wavelet(double[] datos){
223     Transform t = new Transform(
224         new AncientEgyptianDecomposition(
225             new WaveletPacketTransform(
226                 new Daub04( ),10 ) ) );
227
228     double[] arrTime = datos; // tama-o del array de datos
229
230     double[] arrHilb =t.forward( arrTime ); // 1-D AED WPT Haar forward
231
232     double[] datosR = t.reverse( arrHilb ); // 1-D AED WPT Haar reverse
233
234     return datosR;

```

**Figura 11.3** Algoritmo para calcular la transformada Wavelet  
**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

### 3.6. Control del sistema HDL Bus Pro mediante comandos de voz

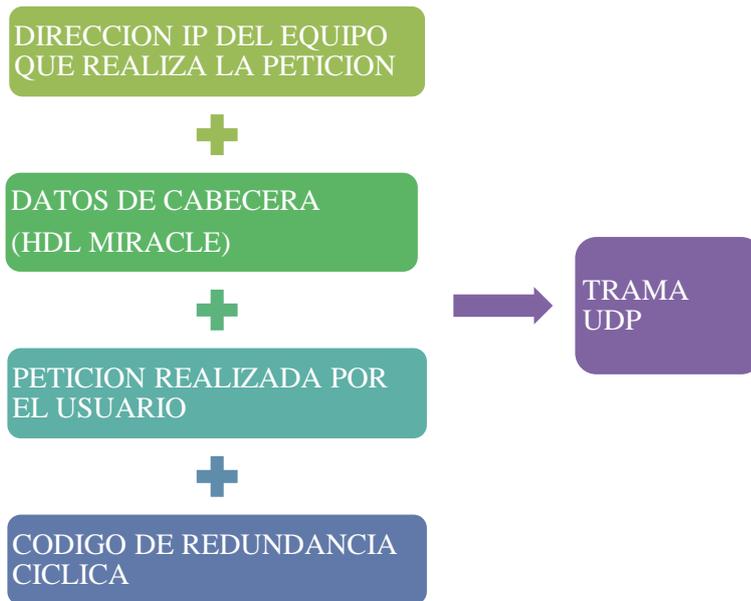
Con el clasificador implementado, lo siguiente es desarrollar la clase principal, que es la que tomara la señal de voz, la procesará y la ingresará al clasificador para determinar la petición realizada por el usuario figura 12.3.



**Figura 12.3** Adquisición y clasificación de la señal de voz.  
**Realizado por:** Chicaisa D. 2018

Una vez conocida la petición, lo siguiente es enviarla al equipo correspondiente para que realice la acción, para ello se implementó una clase dedicada a la comunicación UDP.

Esta clase es la encargada de empaquetar los datos correspondientes a la petición realizada por el usuario y la dirección del equipo destinatario, una vez empaquetados estos datos calcula el código de redundancia cíclica y los empaqueta nuevamente con los datos de cabecera, para así completar la trama UDP, figura 13.3, que se enviara hacia el modulo encargado de convertir la trama UDP a la trama Bus Pro para que los equipos puedan entender la petición realizada por el usuario.



**Figura 13.3** Diagrama de bloques de la trama UDP para el control de los equipos HDL.  
 Realizado por: Chicaisa D. 2018

Los datos de cabecera figura 14.3, son proporcionados por los fabricantes de HDL, y son constantes para todos los equipos que dispone la marca, además son obligatorios para la generación de la trama UDP.

```

125 //DIRECCION IP LOCAL TIPO BYTE
126 arraySend[0]=(byte) locIP[0];
127 arraySend[1]=(byte) locIP[1];
128 arraySend[2]=(byte) locIP[2];
129 arraySend[3]=(byte) locIP[3];
130
131 //HDL MIRACLE
132 arraySend[4]=0x48; //R
133 arraySend[5]=0x44; //D
134 arraySend[6]=0x4C; //L
135 arraySend[7]=0x4D; //M
136 arraySend[8]=0x49; //I
137 arraySend[9]=0x52; //R
138 arraySend[10]=0x41; //A
139 arraySend[11]=0x43; //C
140 arraySend[12]=0x4C; //L
141 arraySend[13]=0x45; //E
  
```

Datos de cabecera  
HDL-Bus Pro

**Figura 14.3** Datos de cabecera HDL-Bus Pro  
 Fuente: (“Design Guidance Intelligent building control system, HDL BUS,” 2015)

La tabla 3.3, muestra los bytes proporcionados por los fabricantes de HDL para calcular el código de redundancia cíclica necesario en la comunicación de sus equipos.

**Tabla 3.3** Bytes utilizados en el cálculo del código de redundancia cíclica.

<b>0x0000</b>	<b>0x1021</b>	<b>0x2042</b>	<b>0x3063</b>	<b>0x4084</b>	<b>0x50a5</b>	<b>0x60c6</b>	<b>0x70e7</b>
<b>0x8108</b>	0x9129	0xa14a	0xb16b	0xc18c	0xd1ad	0xe1ce	0xf1ef
<b>0x1231</b>	0x0210	0x3273	0x2252	0x52b5	0x4294	0x72f7	0x62d6
<b>0x9339</b>	0x8318	0xb37b	0xa35a	0xd3bd	0xc39c	0xf3ff	0xe3de
<b>0x2462</b>	0x3443	0x0420	0x1401	0x64e6	0x74c7	0x44a4	0x5485
<b>0xa56a</b>	0xb54b	0x8528	0x9509	0xe5ee	0xf5cf	0xc5ac	0xd58d
<b>0x3653</b>	0x2672	0x1611	0x0630	0x76d7	0x66f6	0x5695	0x46b4
<b>0xb75b</b>	0xa77a	0x9719	0x8738	0xf7df	0xe7fe	0xd79d	0xc7bc
<b>0x48c4</b>	0x58e5	0x6886	0x78a7	0x0840	0x1861	0x2802	0x3823
<b>0xc9cc</b>	0xd9ed	0xe98e	0xf9af	0x8948	0x9969	0xa90a	0xb92b
<b>0x5af5</b>	0x4ad4	0x7ab7	0x6a96	0x1a71	0x0a50	0x3a33	0x2a12
<b>0xdbfd</b>	0xcbdc	0xfbbf	0xeb9e	0x9b79	0x8b58	0xbb3b	0xab1a
<b>0x6ca6</b>	0x7c87	0x4ce4	0x5cc5	0x2c22	0x3c03	0x0c60	0x1c41
<b>0xedaе</b>	0xfd8f	0xcdec	0xddcd	0xad2a	0xbd0b	0x8d68	0x9d49
<b>0x7e97</b>	0x6eb6	0x5ed5	0x4ef4	0x3e13	0x2e32	0x1e51	0x0e70
<b>0xff9f</b>	0xefbe	0xdfdd	0xcffc	0xbf1b	0xaf3a	0x9f59	0x8f78
<b>0x9188</b>	0x81a9	0xb1ca	0xa1eb	0xd10c	0xc12d	0xf14e	0xe16f
<b>0x1080</b>	0x00a1	0x30c2	0x20e3	0x5004	0x4025	0x7046	0x6067
<b>0x83b9</b>	0x9398	0xa3fb	0xb3da	0xc33d	0xd31c	0xe37f	0xf35e
<b>0x02b1</b>	0x1290	0x22f3	0x32d2	0x4235	0x5214	0x6277	0x7256
<b>0xb5ea</b>	0xa5cb	0x95a8	0x8589	0xf56e	0xe54f	0xd52c	0xc50d
<b>0x34e2</b>	0x24c3	0x14a0	0x0481	0x7466	0x6447	0x5424	0x4405
<b>0xa7db</b>	0xb7fa	0x8799	0x97b8	0xe75f	0xf77e	0xc71d	0xd73c
<b>0x26d3</b>	0x36f2	0x0691	0x16b0	0x6657	0x7676	0x4615	0x5634
<b>0xd94c</b>	0xc96d	0xf90e	0xe92f	0x99c8	0x89e9	0xb98a	0xa9ab
<b>0x5844</b>	0x4865	0x7806	0x6827	0x18c0	0x08e1	0x3882	0x28a3
<b>0xcb7d</b>	0xdb5c	0xeb3f	0xfb1e	0x8bf9	0x9bd8	0xabbb	0xbb9a
<b>0x4a75</b>	0x5a54	0x6a37	0x7a16	0x0af1	0x1ad0	0x2ab3	0x3a92
<b>0xfd2e</b>	0xed0f	0xdd6c	0xcd4d	0xbdaa	0xad8b	0x9de8	0x8dc9
<b>0x7c26</b>	0x6c07	0x5c64	0x4c45	0x3ca2	0x2c83	0x1ce0	0x0cc1
<b>0xef1f</b>	0xff3e	0xcf5d	0xdf7c	0xaf9b	0xbfba	0x8fd9	0x9ff8
<b>0x6e17</b>	0x7e36	0x4e55	0x5e74	0x2e93	0x3eb2	0x0ed1	0x1ef0

Realizado por: Chicaisa D. 2018

El modulo encargado de gestionar la comunicación entre la pc y los equipos conectados en el bus es el modulo compacto HDL-RCU, figura 15.3, este módulo cuenta con un puerto de

comunicación Ethernet para la comunicación con la pc y un puerto Bus Pro, para la comunicación con los equipos Domóticos.



**Figura 15.3** Módulo HDL-RCU (Room Control Unit)

**Fuente:** ("Hotel RCU Room Controller Unit – HDL Automation," 2014)

Este módulo cuenta además con 17 salidas de relé y 4 salidas dimerizables, las que usaremos para el control de los circuitos de iluminación.

Otro de los equipos que se usó en el presente proyecto es el sensor 12 en 1 de HDL, figura 16.3. Este sensor cuenta con 12 funciones, entre las cuales tenemos:

- Sensor de movimiento PIR
- Sensor de temperatura
- Sensor de presencia
- Receptor de señales infrarrojas
- Emisor de señales infrarrojas
- 2 salidas de relé
- Entradas de contacto seco, etc.



**Figura 16.3** Sensor SB-CMS-12 in 1

**Fuente:** ("Sensor with 12 functions – HDL Automation," 2012)

Este sensor se lo utilizó como interfaz para controlar el dispositivo de audio puesto que este no tiene forma de comunicarse con el bus Domótico, pero cuenta con un mando a distancia de señales infrarrojas.

Los códigos infrarrojos del equipo de audio se capturo con la ayuda del dispositivo “IR Learner”, figura 17.3, y el software de programación HDL Bus Pro.



**Figura 17.3** HDL IR Learner

**Fuente:** (“Infrared Code Learner – HDL Automation,” 2012)

Este dispositivo permite capturar los códigos infrarrojos de cualquier mando a distancia y guardarlos en la memoria interna del sensor 12 en 1. La forma en la que el sensor guarda los códigos infrarrojos en su memoria es mediante universal switch’s, que son los equivalentes a las marcas lógicas en un PLC. De esta forma, cuando el usuario realice la petición de encender audio, el sistema reconoce dicha petición y envía la trama correspondiente para que se active el universal switch en el que está guardado el código infrarrojo equivalente al botón de encendido del mando a distancia.

## CAPITULO IV

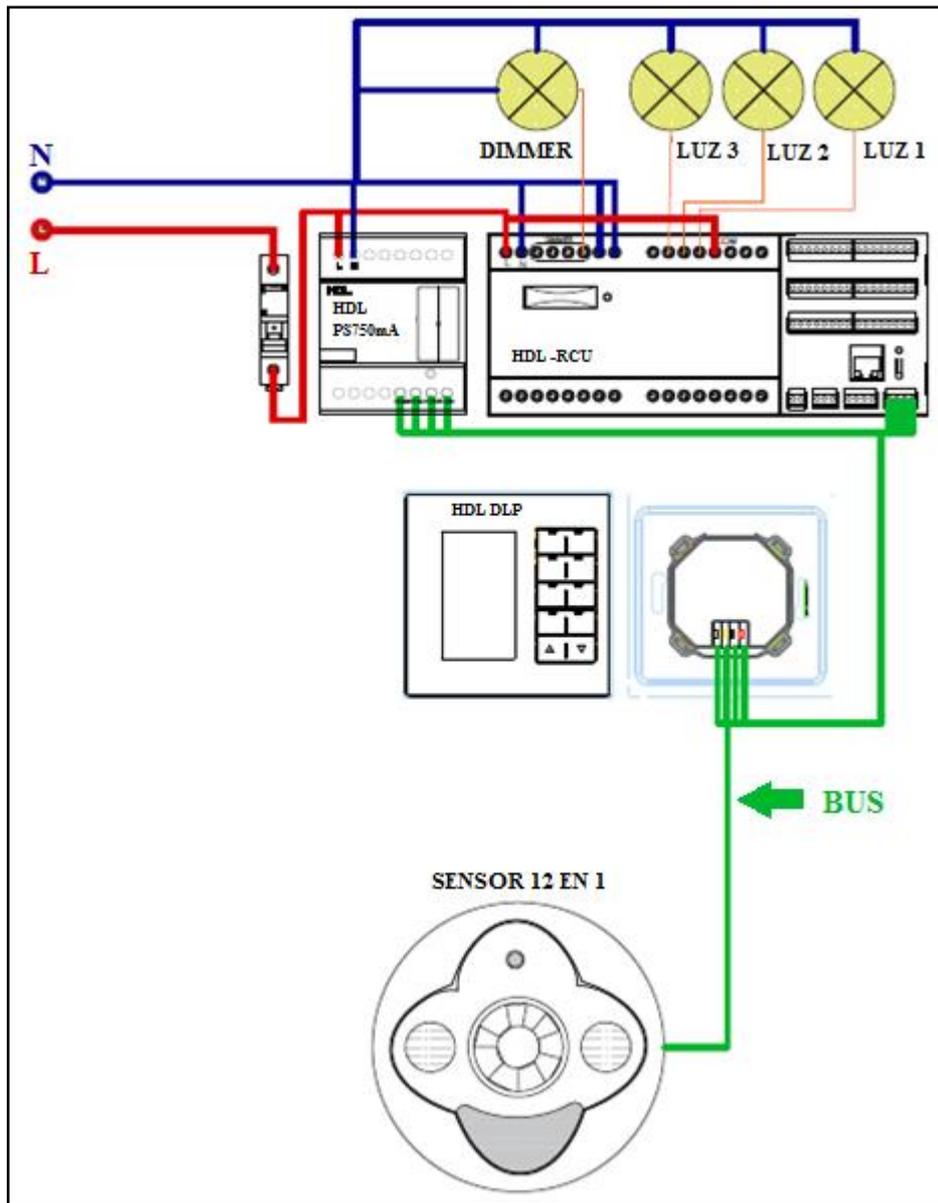
### 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para efecto de las pruebas del sistema Domótico controlado mediante comandos de voz se construyó un módulo de entrenamiento, figura 1.4, este consta de un módulo HDL-RCU, una fuente de voltaje HDL de 750mA, un panel inteligente DLP y un sensor 12 en 1.



**Figura 1.4** Modulo de entrenamiento Domótico  
Realizado por: D. Chicaisa, 2018

En la figura 2.4, se muestra el diagrama de conexión del módulo de entrenamiento construido.



**Figura 2.4** Diagrama de conexión del módulo de entrenamiento  
 Realizado por: D. Chicaisa, 2018

Las pruebas del sistema se realizaron con 15 personas diferentes, donde 5 fueron mujeres de edad comprendida entre 18 y 26 años y 10 hombres cuya edad oscila entre 20 y 30 años, todos pronunciaron 5 veces cada una de las combinaciones de comandos descritos en la figura 3.4.

Comando		
enciende	luz	uno
		dos
		tres
apaga	luz	uno
		dos
		tres
enciende	audio	
apaga	audio	
volumen	mas	
	menos	
audio	play	
	anterior	
	siguiente	
sube	dimmer	
baja	dimmer	
enciende	todo	
apaga	todo	

**Figura 3.4** Combinación de comandos utilizados en el control del sistema Domótico.

Realizado por: D. Chicaisa, 2018

En la figura 4.4, se muestra una representación gráfica de los resultados obtenidos al realizar las pruebas del sistema de reconocimiento de voz con mujeres.



**Figura 4.4** Porcentaje de asertividad obtenidos en las pruebas realizadas con mujeres.

Realizado por: D. Chicaisa, 2018

En la figura 5.4, se muestra una representación gráfica de los resultados obtenidos al realizar las pruebas del sistema de reconocimiento de voz con hombres.



**Figura 5.4** Porcentaje de asertividad obtenidos en las pruebas realizadas con mujeres.  
**Realizado por:** D. Chicaisa, 2018

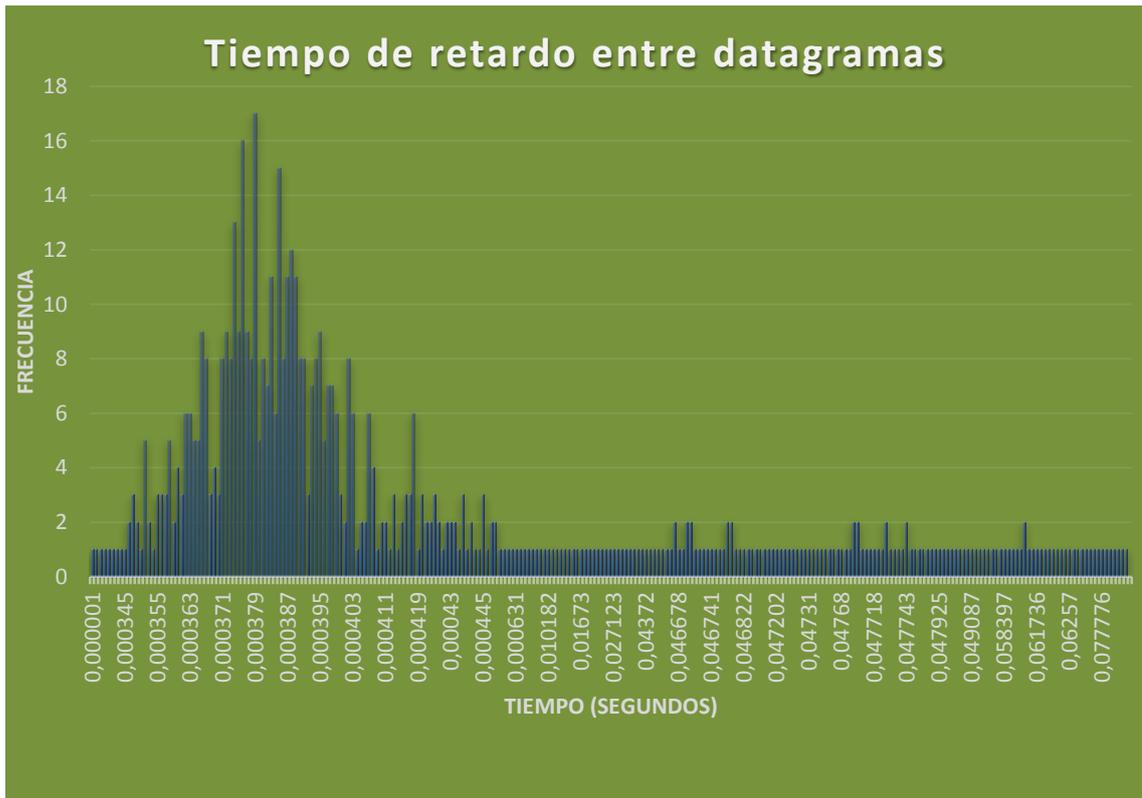
Los resultados de las pruebas realizadas se tabulan en la tabla 1.4.

**Tabla 1.4** Resultados de las pruebas realizadas al sistema de reconocimiento de voz.

Comando	Mujeres			Hombres			Total
	Aciertos	Repeticiones	% Asertividad	Aciertos	Repeticiones	% Asertividad	% Asertividad
enciende	47	50	94%	98	100	98%	96,67%
apaga	43	50	86%	98	100	98%	94,00%
luz	49	50	98%	99	100	99%	98,67%
camara	49	50	98%	96	100	96%	96,67%
audio	50	50	100%	99	100	99%	99,33%
mas	50	50	100%	100	100	100%	100,00%
menos	48	50	96%	98	100	98%	97,33%
sube	48	50	96%	98	100	98%	97,33%
baja	46	50	92%	98	100	98%	96,00%
play	46	50	92%	98	100	98%	96,00%
volumen	48	50	96%	99	100	99%	98,00%
anterior	48	50	96%	98	100	98%	97,33%
siguiente	50	50	100%	99	100	99%	99,33%
todo	50	50	100%	99	100	99%	99,33%
dimmer	48	50	96%	98	100	98%	97,33%
uno	49	50	98%	97	100	97%	97,33%
dos	49	50	98%	98	100	98%	98,00%
tres	49	50	98%	99	100	99%	98,67%
<b>Asertividad promedio</b>							<b>97,63%</b>

**Realizado por:** D. Chicaisa, 2018

Para verificar que la comunicación entre el sistema de reconocimiento de voz y el sistema Domótico HDL BUS PRO sea en tiempo real se utilizó el software para análisis de tráfico de redes wireshark con el cual se obtuvo los resultados que se muestran en la gráfica figura 6.4



**Figura 6.4** Tiempo de retardo entre paquetes UDP enviados.  
Realizado por: D. Chicaisa, 2018

En la figura 6.4 se puede observar que el tiempo de retardo en la comunicación entre el sistema de reconocimiento de voz se encuentra en el rango de 0,355 y 0,419 mili segundos, siendo 0,379 mili segundos el tiempo máximo de retardo entre los datagramas enviados.

Además a cada uno de los usuarios se les aplicó el test SUS (System Usability Scale). El cuestionario SUS fue desarrollado en 1986 como parte de la introducción de la ingeniería de usabilidad a los sistemas de oficina.

Su propósito era proporcionar un test fácil de completar (número mínimo de cuestiones), fácil de puntuar y que permitiera establecer comparaciones cruzadas entre productos. Ha sido usado extensivamente en evaluaciones de proyectos, resultando como simple y fiable. (Calvo-Fernández Rodríguez Sergio Ortega Santamaría Alicia Valls Saez, 2014)

Los resultados de este test se tabulan en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4** Resultados del test SUS aplicado a los usuarios del sistema desarrollado

TEST SUS (System Usability Scale)											
	I think that I would like to use this system frequently	I found the system unnecessarily complex	I thought the system was easy to use	I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	I found the various functions in this system were well integrated	I thought there was too much inconsistency in this system	I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	I found the system very cumbersome to use	I felt very confident using the system	I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	SUS SCORE
Sujeto 1	3	4	4	3	3	4	3	4	4	4	90
Sujeto 2	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	90
Sujeto 3	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	90
Sujeto 4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	85
Sujeto 5	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	92,5
Sujeto 6	3	3	4	4	4	3	3	4	4	3	87,5
Sujeto 7	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	97,5
Sujeto 8	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	87,5
Sujeto 9	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	95
Sujeto 10	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	85
Sujeto 11	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	85
Sujeto 12	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	87,5
Sujeto 13	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	95
Sujeto 14	3	4	4	4	3	4	3	4	4	4	92,5
Sujeto 15	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	82,5
Sujeto 16	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	90
Sujeto 17	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	90
Sujeto 18	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	85
Sujeto 19	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	87,5
Sujeto 20	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	85
Sujeto 21	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	85
Sujeto 22	4	4	4	3	4	4	3	4	3	4	92,5
Sujeto 23	3	4	4	4	3	4	3	4	4	4	92,5
Sujeto 24	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	82,5
Sujeto 25	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	87,5
Sujeto 26	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	85
Sujeto 27	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	85
Sujeto 28	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	87,5
Sujeto 29	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	82,5
Sujeto 30	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	90

Realizado por: D. Chicaisa, 2018

## CONCLUSIONES

A continuación se presenta las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de esta Tesis, la cual expone el funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz implementado para el control del sistema Domótico HDL BUS PRO.

- La transformada Wavelet es superior a los distintos tipos de análisis de Fourier puesto que proporciona una localización tiempo-frecuencia adaptiva. Con una escala grande de la Wavelet se logra una buena resolución en frecuencia mientras que con una escala baja se tiene una mejor resolución en tiempo, con base en esto se puede mencionar algunas ventajas de la transformada Wavelet sobre la transformada de Fourier, estas ventajas son: Habilidad para trabajar con señales transitorias, adaptabilidad de la ventana dependiendo de la frecuencia, al realizar la transformada inversa de Wavelet no existe perdida de información, mejor desempeño en análisis de señales de alta frecuencia.
- Los mapas SOM aprenden tanto la distribución como la topología de los vectores de entrada con las que fueron entrenados.
- A diferencia de otros modelos de redes neuronales como el back propagation, perceptron multicapa, etc. en los que la neurona ganadora es solamente una, en los mapas auto organizativos (SOM) se actualizan los pesos de un vecindario de neuronas alrededor de la neurona ganadora.
- El porcentaje de asertividad obtenido con el sistema de control Domótico mediante comandos de voz desarrollado es del 97.63%, corroborando con esto la hipótesis planteada inicialmente.
- El porcentaje de asertividad del sistema de reconocimiento de voz obtenido al realizar las pruebas en mujeres es del 96.33%, mientras que el porcentaje obtenido en hombres es del 98.28%.
- Con el sistema implementado se puede controlar máximo 17 acciones del bus Domótico HDL BUS PRO, en el caso de que se requiera añadir más comandos de voz al sistema, se debería grabar los patrones de dichos comandos y entrenar nuevamente a la red neuronal.
- Los fabricantes del sistema domótico HDL facilitan el desarrollo de nuevos software´s de gestión, poniendo a disposición de quien lo requiera las tramas de comunicación tanto para el protocolo RS485, como para el protocolo UDP. En esta investigación se optó por la comunicación UDP ya que con esto nos evitamos construir elementos de hardware adicional que conviertan la señal RS485 en otra que pueda interpretar la pc.

- El tiempo de retardo promedio existente entre la acción solicitada por el sistema de reconocimiento de voz y la ejecución de dicha acción por parte del sistema Domótico es de 0,379 milisegundos, por lo que se puede decir que la comunicación se realiza en tiempo real, con lo cual se da por válida la hipótesis planteada.

## RECOMENDACIONES

Luego de realizadas las pruebas del sistema Domótico controlado por comandos de voz se ha visto necesario mencionar algunas recomendaciones para su correcto funcionamiento y posibles mejoras del sistema.

- Para tener un mejor desempeño del sistema de reconocimiento de voz el ruido existente en el ambiente debe ser mínimo.
- Antes de ejecutar la aplicación del sistema de reconocimiento de voz se debe asegurar que el puerto 6000 del protocolo UDP se encuentre disponible puesto que existen algunas aplicaciones tales como juegos que utilizan este puerto, una forma de saber si algún puerto TCP o UDP se encuentra ocupado es con la ayuda el software llamado “ScanningPort”, este software se puede descargar directamente de la página de HDL Automation, en caso de que el puerto se encuentre ocupado el mismo software permite liberarlo.
- Se puede implementar el mismo sistema de reconocimiento de voz sobre una tarjeta Raspberry pi con el fin de hacer un sistema más compacto y portable, además se puede utilizar un micrófono inalámbrico o instalar uno de alta resolución en lugares estratégicos de la vivienda para evitar las molestias que generan los micrófonos alámbricos.

## BIBLIOGRAFIA

- Abeel, T., Peer, Y. Van De, & Saeys, Y. Java-ML.** (2009). A Machine Learning Library. *Journal of Machine Learning Research*, 10, 931–934.
- Arquitectura de Redes y Servicios de Telecomunicación (ARST).** (2014). Retrieved from [http://atc.umh.es/mperez/arst/transpa/T2\\_UDP.pdf](http://atc.umh.es/mperez/arst/transpa/T2_UDP.pdf)
- Barrob, H. D., & Costa-juss, M. R.** (2015). Reconocimiento automático del habla.
- Bernal, J., Gómez, P., & Bobadilla, J.** (2012). UNA VISIÓN PRÁCTICA EN EL USO DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS ESPECTRAL DE LA VOZ. Retrieved from [http://stel.ub.edu/labfon/sites/default/files/EFE-X-JBernal\\_PGomez\\_JBobadilla-FFT\\_una\\_vision\\_practica\\_herramienta\\_para\\_el\\_analisis\\_espectral\\_de\\_la\\_voz.pdf](http://stel.ub.edu/labfon/sites/default/files/EFE-X-JBernal_PGomez_JBobadilla-FFT_una_vision_practica_herramienta_para_el_analisis_espectral_de_la_voz.pdf)
- Biorthogonal scaling and wavelet functions - MATLAB bswfun.** (2015). Retrieved October 7, 2017, from <https://www.mathworks.com/help/wavelet/ref/bswfun.html>
- Buspro – HDL Automation.** (2012). Retrieved October 11, 2017, from <http://www.hdlautomation.com/product-category/010-bus-pro/>
- Calvo, R.** (2002). Reconocimiento de Voz, 146. Retrieved from [http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5652/reconocimiento\\_de\\_voz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5652/reconocimiento_de_voz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Calvo-Fernández Rodríguez Sergio Ortega Santamaría Alicia Valls Saez, A.** (2014). Métodos de evaluación con usuarios. Retrieved from [http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/9861/4/PID\\_00176614.pdf](http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/9861/4/PID_00176614.pdf)
- Chávez, I., Member, N., & Camarena-ibarrola, A.** (2011). Wavelets en el Reconocimiento de voz, 133–137.
- Design Guidance Intelligent building control system, HDL BUS.** (2015).
- El estado actual de la domótica y las innovaciones que están por venir.** (2015). Retrieved December 6, 2017, from <https://www.xatakahome.com/espacioprosegur/el-estado-actual-de-la-domotica-y-las-innovaciones-que-estan-por-venir>
- Estas son las ocho ciudades más inteligentes de Latinoamérica • ENTER.CO.** (2015). Retrieved December 6, 2017, from <http://www.enter.co/otros/estas-son-las-ocho-ciudades-mas-inteligentes-de-latinoamerica/>
- Hotel RCU Room Controller Unit – HDL Automation.** (2014). Retrieved October 7, 2017, from <http://www.hdlautomation.com/product/hotel-room-control-host/>

- Infrared Code Learner – HDL Automation.** (2012). Retrieved October 10, 2017, from <http://www.hdlautomation.com/product/infrared-code-learner/>
- Ingeniería de Sistemas: REDES NEURONALES - MAPAS AUTOORGANIZADOS DE KOHONEN (SOM).** (2014). Retrieved October 7, 2017, from <http://ing-sistemas.blogspot.com/2014/05/redes-neuronales-mapas-autoorganizados.html>
- IP - Protocolos de la familia Internet.** (2014). Retrieved September 5, 2017, from <http://personales.upv.es/rmartin/tcpip/cap02s11.html>
- La domótica revive con los asistentes por voz y las “apps” móviles.** (2017, June 11). catalunya. Retrieved from <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20170611/hable-con-su-casa-6095462>
- Larios, A.** (1999). Reconocimiento y síntesis de voz, 1–9.
- Marín, J.** (1982). Los mapas auto-organizados de Kohonen (SOM) Introducción, 1–13.
- Martínez, J., & Castro, R.** (2002). Análisis de la teoría ondículas orientada a las aplicaciones en ingeniería eléctrica: Fundamentos. *E.T.D.I. Industriales Dpt. de Ingeniería Eléctrica*, 161.
- Postel, J.** (1980). User Datagram Protocol. <https://doi.org/10.17487/rfc0768>
- Rady, E. R., Yahia, A. H., El-dahshan, E.-S. A., & El-borey, H.** (2013). Speech Recognition System Based on Wavelet Transform and Artificial Neural Network, (3), 85–96.
- Rafael, C.** (2012). Registro oficial 796 Ley Orgánica de discapacidades.
- Sensor with 12 functions – HDL Automation.** (2012). Retrieved October 10, 2017, from <http://www.hdlautomation.com/product/sensor-with-12-functions/>
- Sharma, P., Newman, K., Long, C., Gasiewski, A., & Barnes, F.** (2017). Use of Wavelet Transform to Detect Compensated and Decompensated Stages in the Congestive Heart Failure Patient. *Biosensors*, 7(3), 40. <https://doi.org/10.3390/bios7030040>
- Sid-Ali Ouadfeul, Amar Boudella, Leila Aliouane, Mohamed Hamoudi, & Said Eladj.** (2012). *Multiscale Analysis of Geophysical Signals Using the 2D Continuous Wavelet Transform*. INTECH Open Access Publisher. Retrieved from [https://www.researchgate.net/figure/221926952\\_fig2\\_Fig-10-Several-Wavelet-families-haar-daubechies-coiflet-and-symmllet](https://www.researchgate.net/figure/221926952_fig2_Fig-10-Several-Wavelet-families-haar-daubechies-coiflet-and-symmllet)
- Sony eSupport - ICD-PX440 - Support.** (2016). Retrieved September 6, 2017, from [https://esupport.sony.com/US/p/model-home.pl?mdl=ICDPX440&template\\_id=1&region\\_id=1&tab=manuals#/manualsTab](https://esupport.sony.com/US/p/model-home.pl?mdl=ICDPX440&template_id=1&region_id=1&tab=manuals#/manualsTab)

**SUPERPOSICIÓN DE ONDAS.** (2015). Retrieved October 12, 2017, from <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/sup.html>

**Transmision de la Voz - Caracteristicas fisicas de la voz humana | ElastixTech - Aprende Telefonía IP Asterisk - Elastix.** (2014). Retrieved August 31, 2017, from <http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/transmision-de-la-voz/>

**Wavelet Families - MATLAB & Simulink.** (2015). Retrieved October 7, 2017, from <https://www.mathworks.com/help/wavelet/ug/wavelet-families-additional-discussion.html>

**Anexo A:** Datasheet de los equipos utilizados en el módulo de entrenamiento Domótico

**HDL**®

Datasheet | 12 in 1 Sensor  
SB-CMS-12in1

**Parameters**

Electrical Parameters:	
Buspro power supply	DC12-30V
Static power consumption	40mA/DC24V
Dynamic power consumption	90mA/DC24V
Range of temperature sensor	-20°C to 60°C
IR transmit frequency	38KHz
IR emission distance	4m
Illumination detection range	0-5000Lux
PIR sensing range in diameter	6m (install height-3m)
Ultrasonic sensor in diameter	8m
Environmental Conditions:	
Working temperature	-5°C~45°C
Working relative humidity	Up to 90%
Storage temperature	-20°C~+60°C
Storage relative humidity	Up to 93%
Approved	
CE	
RoHS	
Product Information:	
Dimensions	110(Diameter)×33(mm)
Weight	206.7(g)
Housing material	Lens, ABS
Installation	Ceiling mount
Protection degree	IP20

**Important Notes**

- Installation Location — If use PIR function indoor, please keep it away from AC outlets and heat source.
- Environment temperature — if use PIR function, please make sure the temperature is below 36°C.
- Detect target — PIR only can detect moving objects with heat radiation like human, animal, ultrasonic can detect all moving objects.
- Buspro cable — CAT5E or HDL Buspro/KNX cable.
- Buspro connection — Series connection (hand-in-hand).
- Installation — Indoor and ceiling-mount, keep it away from AC outlet.

**Safety Precautions**



- The screw down strength should not exceed 0.1Nm.
- Do not make wrong connection on Buspro interface, it will damage the Buspro interface of this module.
- Do not get AC power into Buspro wire, it will damage all devices in the system.
- Avoid contact with liquids or corrosive gases.

**Overview**



SB-CMS-12in1 12 in 1 sensor includes temperature sensor, PIR motion sensor, LUX sensor ,ultrasonic sensor, dry contacts, IR received, IR emitter, 2-channel 5A relay output and logic block. The logic block can combine all sensors for different applications. It supports HDL security mode and command.

**Functions**

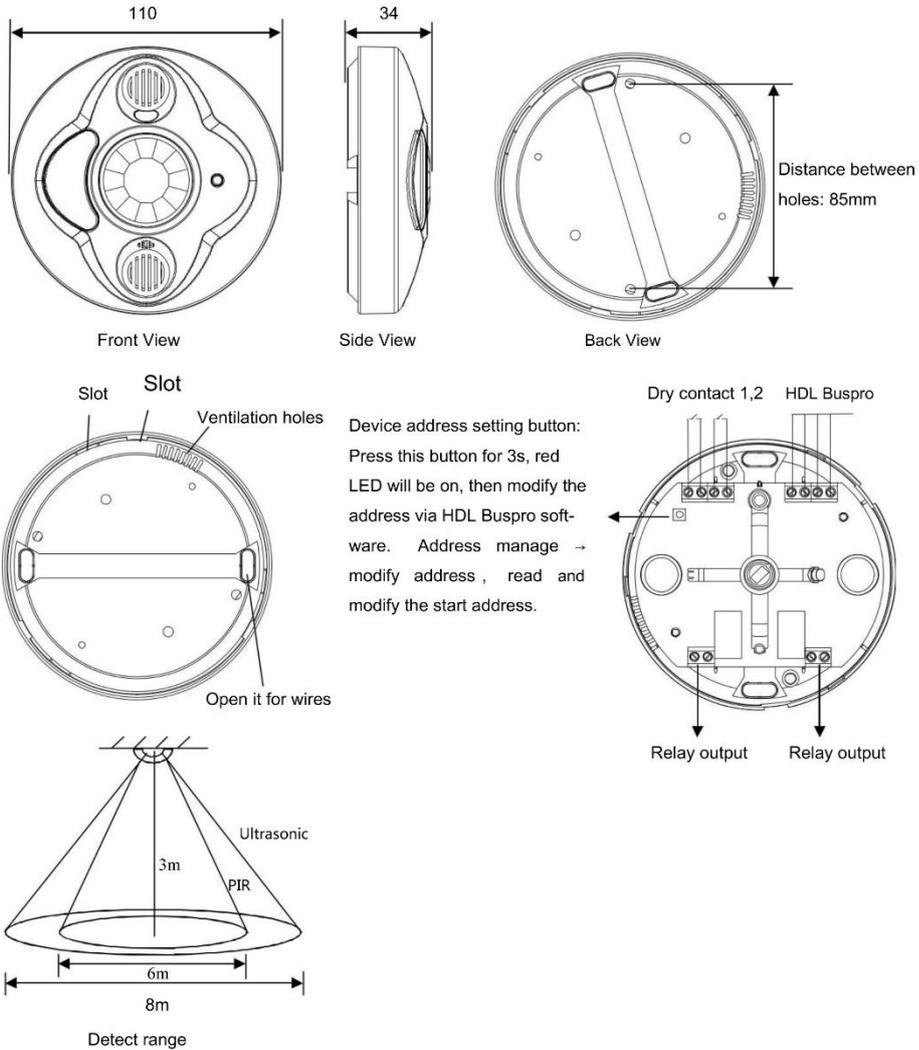
- Temperature, LUX, IR motion, ultrasonic, 2 dry contact inputs, 2 external inputs, logic, totally 9 inputs.
- 2 logic Relations: OR、AND.
- 24 logic blocks function, maximum 9 logic inputs, up to 20 control targets in each logic block.
- 2-channel 5A Relay output.
- Build PID for constant LUX control.
- Up to 40 IR receiving control target.
- Up to 240 IR sending control target.
- Maximum 24 programmable logic blocks.
- Security function, to be used with the security module.
- Supports upgrade from HDL Buspro.

**HDL Buspro Definition for cable**

CAT5/CAT5E	HDL Buspro	HDL Buspro/KNX
Brown/ Orange	DC24V	Red
Brown white/ Orange white	COM	Black
Blue white/Green white	DATA-	White
Blue/ Green	DATA+	Yellow



## Dimensions and Wiring



## Packing List

■ Datasheet	x1
■ 12 In 1 Sensor ( SB-CMS-12 In1 )	x1

## Parameters

Electrical Parameters:	
Input voltage	AC240V±10% 50~60Hz
Output current	750mA
Output voltage	DC24V
Output ripple wave	Less than 150mV
Environmental Conditions:	
Working temperature	-5°C~45°C
Working relative humidity	Up to 90%
Storage temperature	-20°C~+60°C
Storage relative humidity	UP to 93%
Approved:	
CE	
RoHS	
Product Information:	
Dimensions	72×90×66 (mm)
Weight	188g
Housing material	Nylon, PC
Installation	35mm DIN rail installation
Protection degree	IP20
Installation Position	Distribution Box (DB)

## HDL Buspro Definition for Cable

CAT5/CAT5E	HDL Buspro	HDL Buspro/ KNX
Brown/ Orange	DC24V	Red
Brown white/ Orange white	COM	Black
Blue white/Green white	DATA-	White
Blue/ Green	DATA+	Yellow

## Important Notes

- Buspro cable – CAT5E or HDL Buspro/KNX cable
- BUSPRO Connection - Series connection (hand-in-hand)
- When system needs more power supplies, please pay attention to the correct connection, see the connection diagram in right side.
- 110V AC power supply is not supported

## Overview



SB-DN-PS750 is a power supply module. The module can supply DC24V voltage , 750mA current.

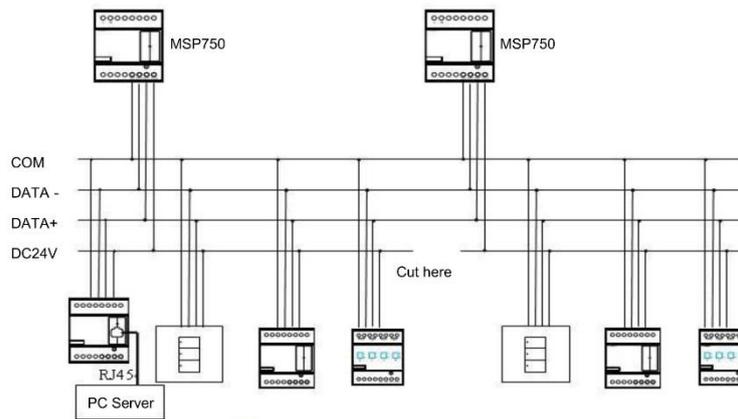
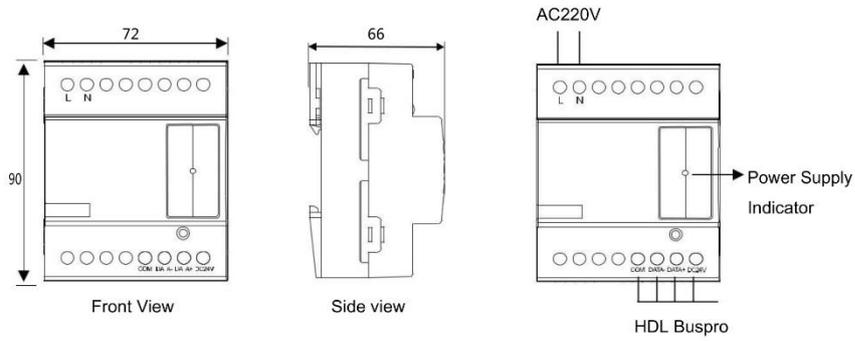
## Functions

- Protection: Short Circuit and Over Current protection
- Voltage Supply: DC24V
- Ripple Wave: Less than 150mV

## Installation Step

- Mount the device on the DIN rail inside the DB Box.
- Connect HDL BUSPRO cable.
- Check the connection, avoid any mistakes.

## Dimensions and Wiring



## Safety Precautions



- The screw down strength should not exceed 0.4Nm
- Do not make wrong connection on Buspro interface, it will damage the Buspro interface of this module
- Never let liquids get into module, it will damage this device
- Do not get AC power into Buspro wire, it will damage all devices in the system
- Avoid contact with liquids and aggressive gas

## Packing List

- |                              |    |
|------------------------------|----|
| ■ Datasheet                  | ×1 |
| ■ Power Supply (SB-DN-PS750) | ×1 |



## Parameters

Electric Parameters:	
Working voltage	DC20 - 30V
Static power consumption	60mA/DC24V
Dynamic power consumption	300mA/DC24V
Signal interface	HDL Buspro, RJ45 , INNER Buspro
RJ45 interface	UDP/IP network Interface
TRIAC	16A TRIAC, minimum load is 30w
Buspro terminal	0.75-0.85mm single-core cable
Relay output	5A/10A
Environmental Conditions:	
Working temperature	-10°C~45°C
Working relative humidity	Up to 90%
Storage temperature	-20°C~+60°C
Storage relative humidity	Up to 93%
Approved:	
CE	
RoHS	
Production Information:	
Dimension	216×90×56 ( mm )
Weight	725g
Housing material	Nylon
Installation	35mm DIN rail installation
Protection degree	IP20

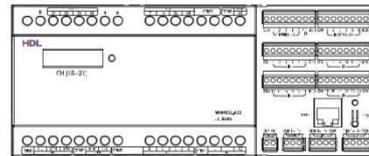
## HDL Buspro Definition for Cable

HDL Buspro	HDL Buspro/KNX
DC24V	Red
COM	Black
DATA-	White
DATA+	Yellow

## Important Notes

- Installation - Distribution box (DB )
- Buspro cable - CAT5E or HDL Buspro/KNX cable, 0.8mm single-core copper cable.
- Buspro connection - Series connection (hand-in-hand).
- RJ45 cable - CAT5E.
- Make sure the IP address and MAC address are unique in IP network.
- Fuse must be aR type, and current should not exceed 10A.
- **When you replace the fuse, you should turn off the power.**

## Overview



HDL-MHRCU.433 is the hotel room controller which is the core of the hotel system, it has mix controller, doorbell status display, 24-channel dry contacts and LED outputs. Hotel controller can support 48 channels. From the hotel management software (IHMS), it can control and monitor doorbell panel, curtain, lights, fan and AC.

## Functions

### The host control functions

- It supports 48 channels, each dimmer channel has parameters for lower limit, the higher limit, the maximum limit.
- Total is 99 scenes, each scene's running time is 0-250s.
- Each relay channel has protection delay time (0-60mins).
- Each relay channel can delay turn ON time (0-250s).
- Can run the scene according to the status of card master.
- Hotel host has RJ45 port for connection with reception or management center. With hotel management software, this module can integrate with third-party management software.

### Mix control functions

- Channel 1 to 13 are relay outputs ,each channel is 5A. The load types are incandescent lamp, halogen lamp, low voltage halogen lamp.
- Channel 14 to 17 are relay outputs, each channel is 10A.The load types are incandescent lamp, halogen lamp, low voltage halogen lamp.
- Channel 18 to 21 are dimming outputs, each channel is 1A. It has short circuit protection, and the fuse is easy to replace. If the channel is short circuit or the fuse is wrong, the fuse indicator will flash.
- Channel 22 is relay for doorbell, it can control the doorbell status.

### Dry contract

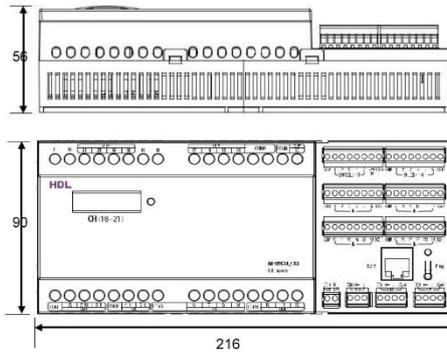
- 24-channel dry contract inputs.(The control target should be set from IHMS)

### Door bell function

- 5-channel LED outputs. (it can connect to the third-party door bell panel.)



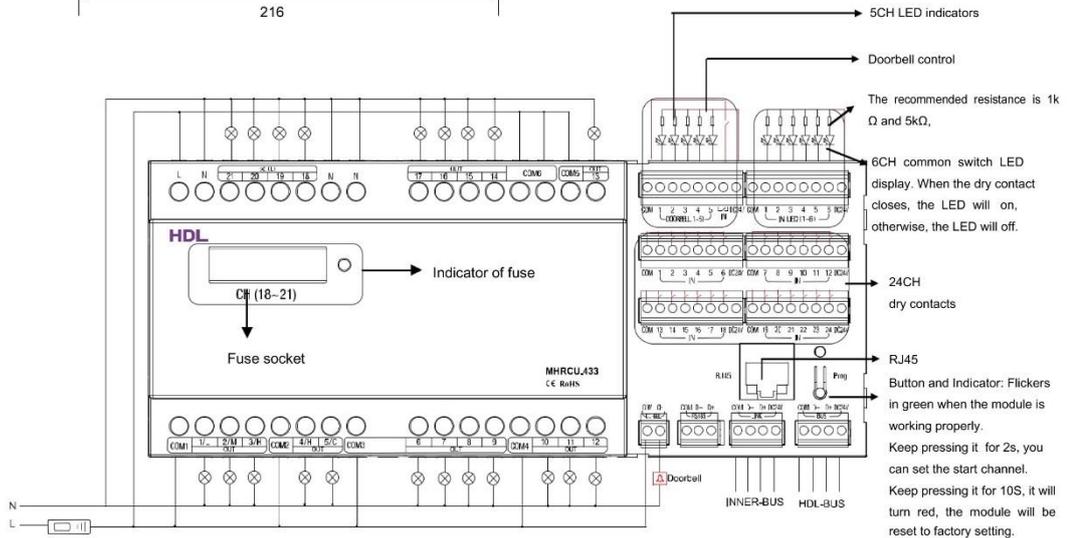
## Dimensions and Wiring



5CH LED indicators, it can connect with third-party doorbell.

Universal switches for 1-5:

1. Wait, universal switch number is 13.
2. DND, universal switch number is 14.
3. Clean/laundry, universal switch number is 15.
4. Room number, universal switch number is 16.
5. Bell, universal switch number is 17.



Default setting parameters :

IP: 192.168.10.250

Router IP:192.168.10.1 Port: 6000

MAC : H-D-L-85-85-85

The network segment of the module should be same as the PC.

### Safety Attention

- The screw down strength should not exceed 0.4 Nm.
- Power cable: AC in: 2.5mm<sup>2</sup>~4mm<sup>2</sup>, load: 1.5mm<sup>2</sup>~2.5mm<sup>2</sup>.
- Do not make wrong connection on Bus interface, it will damage the Bus interface of this module.
- Do not get AC voltage into Bus wire , it will damage all devices in the system.
- Ensure good ventilation.
- Avoid contact with the liquids and aggressive gases.



## Parameters

Electrical Parameters (from HDL-MPPI.46):	
Power supply	DC12-30V
Power consumption (from HDL-MPPI.46)	30mA/DC24V
Environmental Conditions:	
Working temperature	-5°C~45°C
Working relative humidity	Up to 90%
Storage temperature	-20°C~+60°C
Storage relative humidity	Up to 93%
Approved	
CE	
RoHS	
Product Information:	
LCD resolution	160x80
Dimensions	86×116.5×10.5 (mm)
Weight	130.5(g)
Housing material	Glass/Aluminum , ABS, PC
Installation	US wall box
Protection degree	IP20

## Important Notes

- It must work in conjunction with HDL-MPPI.46 (be installed in wall-box).
- Buspro cable — HDL Bus/KNX cable, 0.8mm single-core copper cable.
- Buspro Connection — Series connection (hand-in-hand).
- Installation — US wall box.

## Installation Step

- Connect bus cables. Make sure the color of wire complies with the definition
- Make sure the Bus cable type is correct and has no short circuit.
- Mount the HDL-MPPI.46 in the wall-box.
- Put this device into HDL-MPPI.46.

## HDL Buspro Definition for Cable

CAT5/CAT5E	HDL Buspro	HDLBuspro/KNX
Brown/ Orange	DC24V	Red
Brown white/ Orange white	COM	Black
Blue white/Green white	DATA-	White
Blue/ Green	DATA+	Yellow

## Overview



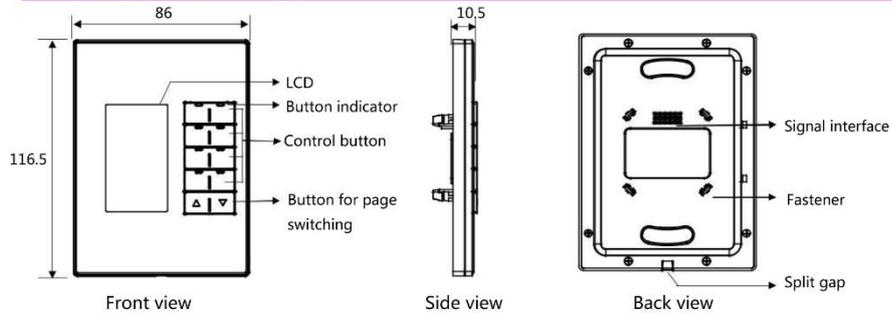
HDL-MPL8.46 8-button multifunction LCD switch is a new generation of wall-mounted switch with new design. It has 8 control buttons and the left & right side of the button can be programmed separately. 2 buttons are used for the page switching. Each button can be displayed with an icon in the LCD screen, which is customized for final user.

## Functions

- Adjustable LCD backlight and LED indicator.
- Specified page for Floor Heating, HVAC, Music.
- Icon for Key Buttons can be customized by users.
- Button combination and Double Button combination function available.
- Button mutual exclusion available.
- Upgrading online from HDL Buspro is available.
- Built-in IR receiver, need to replace a plate with an IR receiving hole to enable the IR remote control function.
- Multi Key Mode: Invalid, Single on-off, single on, single off, Combination on-off, combination on, combination off, double click/single on-off, double click/combination on-off, momentary, clock, short/long press, short press/long momentary press, hyperlink.
- Multi Key control Mode: Scene, Sequence, timer switch, universal switch, single channel on-off, broadcast scene, broadcast channel, curtain, GPRS Control, Panel Control, alarm control, music play, General control.
- Functions including the following: option IR Receiver, Lock, Turn on/off AC, Cooling & heating for AC, Auto temperature setting, Fan Speed regulating, AC Mode setting, AC Temperature regulating, backlight adjusting, AC Lock, Backlight and status indicator light setting, floor heating temperature and mode setting etc.
- Communication : HDL Buspro.



## Dimensions and Wiring



**LCD:** Display icon, user can design icon from manage software.

**Button Indicator:** Indicates the status of the controlled target. On- Status on; Off- Status off. User can define the color of status.

**Control Button:** To control target.

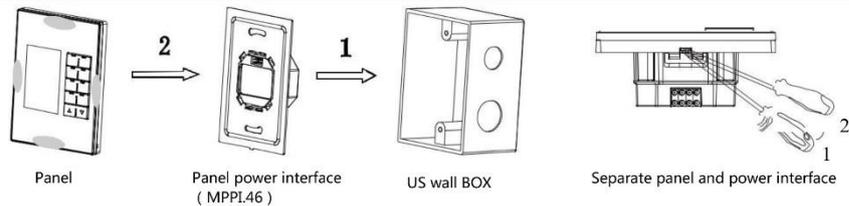
**Button for page shifting:** For user to select different pages.

**Signal interface and fastener:** Connect to panel power interface (MPPI.46).

**Split gap:** Insert a slotted screwdriver to the split gap, separate the panel and power module (MPPI.46).

**Read and modify the address:** Keep pressing the first row (button 1 or button 2) and the forth row (button 7 or button 8) to enter into the panel setting page. Choose the "SYSTEM", keep pressing the button 1 or button 2, you can modify the subnet ID and device ID. Other functions in this item are straightforward to set

## Installation



**Installation:** Hold the edge of the panel (shown as above), insert the power interface module vertically. Do not push the panel too hard.

**Split:** Insert a 2.5mm-screwdriver to the split gap, pry up from Position 1 to 2, wiring hole will open. Then separate the panel and MPPI.46.

## Safety precaution

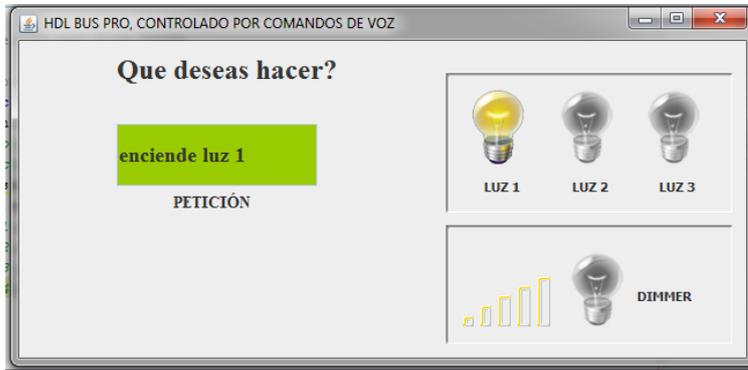


- The screw down strength should not exceed 0.1Nm
- Mounting position: indoor.
- Do not make wrong connection on Buspro interface, it will damage the Buspro interface of this module.
- Never let liquids get into the module, it will damage this device.
- Do not get AC power into Bus wire, it will damage all devices in the system.

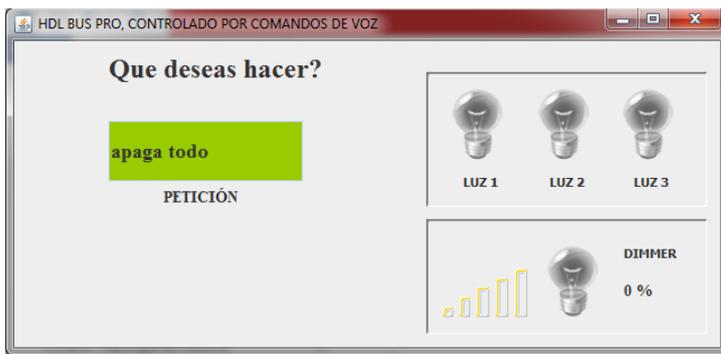


## Anexo B: Pruebas de algunos de los comandos de voz

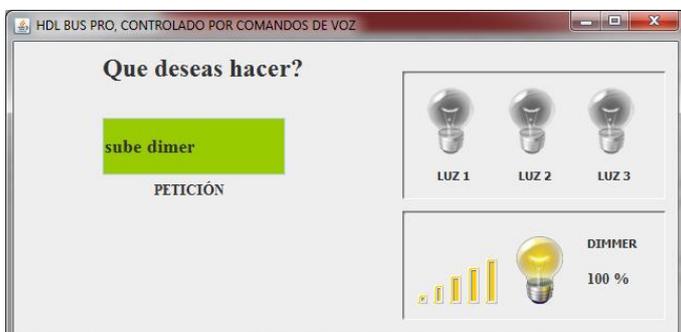
### Enciende luz uno



### Apaga todo



### Sube dimmer



**Anexo C:** Test SUS aplicado a los usuarios del sistema

***System Usability Scale***

© Digital Equipment Corporation, 1986.

	Strongly disagree								Strongly agree
1. I think that I would like to use this system frequently	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
2. I found the system unnecessarily complex	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
3. I thought the system was easy to use	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
5. I found the various functions in this system were well integrated	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
6. I thought there was too much inconsistency in this system	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
8. I found the system very cumbersome to use	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
9. I felt very confident using the system	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	<input type="checkbox"/>								
	1	2	3	4	5				