

Sistema domótico por comando de voz basado en Arduino para personas con dificultades motrices

Home Automation System by Voice Command based on Arduino for People with Motor Difficulties



Daniel Flores Tomalá¹
David Sánchez Espinoza¹

<https://orcid.org/0000-0001-5010-0083>
<https://orcid.org/0000-0001-6388-1237>

Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones

¹Universidad Estatal Península de Santa Elena, UPSE | La Libertad - Ecuador | CP 240350

✉ dflores@upse.edu.ec

<http://dx.doi.org/10.26423/rctu.v9i1.665>
Páginas: 101- 109

Resumen

La incorporación de dispositivos electrónicos con características de automatización y control, se emplean diariamente para mejorar la vida de las personas, especialmente en el hogar, en este caso se aplica a personas con dificultades motrices. El objetivo de esta investigación fue la creación de un prototipo que funciona mediante comando de voz empleando el dispositivo Alexa, el cual cuenta con un Arduino para el control de las funciones elementales, cuyo envío/recepción de datos lo hace empleando conexión Wi-Fi. Como fundamento metodológico se utilizó la encuesta como una técnica de recolección de datos y entrevistas a las personas con dificultad motriz para determinar las actividades mínimas a realizar por el sistema domótico; una vez implementado el proyecto se determina el nivel de aceptación. Los resultados reflejan que, el sistema de comando de voz implementado obtuvo un 93,2% de efectividad en las pruebas de funcionamiento y las encuestas muestran una aceptación del 64% de las personas están satisfechas con el proyecto.

Palabras Clave: discapacidad motriz, Amazon Alexa, casa inteligente.

Abstract

The incorporation of new electronic devices with automation and control features, are used daily to improve the lives of people, especially at home, in this case it is applied to people with motor difficulties. The objective of this research was the creation of a prototype that works by voice command using the Alexa device and has an Arduino for the control of elementary functions, whose sending/reception of data is done using Wi-Fi connection. As a methodological basis, the survey was used as a data collection technique and interviews with people with motor difficulties to determine the minimum activities to be performed by the home automation system, once the project is implemented to determine the level of acceptance. The results reflect that the implemented voice command system obtained 93,2% of effectiveness in the performance tests carried out and according to the acceptance surveys 64% of the people are satisfied with the project

Keywords: motor disability, Amazon Alexa, smart home.

Recepción: 25 marzo 2022 | Aprobación: 12 mayo 2022 | Publicación: 30 junio 2022

1. Introducción

Informes presentados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), referente a la discapacidad de las personas, corroboran que existen al menos 1 000 millones de personas que presentan algún tipo de discapacidad, de las cuales aproximadamente el 20 % presenta discapacidad motriz [1].

Paralelamente, el Consejo Nacional para Igualdad de Discapacidades (CONADIS) del Ecuador, menciona que en Ecuador la cantidad de personas registradas con alguna discapacidad asciende a un total de 471 205, y que el número de personas con discapacidad física motriz alcanza un total de 215 156 [2].

En Ecuador, una de las barreras para la calidad de vida en las personas con discapacidad física es el nivel económico, pues el costo para la contratación de profesionales para el cuidado de una persona con discapacidad es alto. Por lo tanto, se plantea el uso de la tecnología domótica como alternativa, para dar soporte a las personas que no pueden realizar actividades cotidianas dentro del hogar, debido a las dificultades motoras que estas poseen [3].

El uso diario de electrodomésticos o equipos electrónicos en el hogar, oficina o escenarios de aprendizaje, es cada vez mayor, debido a la búsqueda del *confort* en las personas, con la desventaja del incremento del costo de la energía eléctrica. Hace falta sistemas automatizados o sistemas domóticos que permitan la gestión y optimización del uso de un entorno o espacio de convivencia para el desarrollo de las tareas diarias [4].

Una solución a la problemática en las limitaciones que tienen las personas con dificultades motrices, es el uso de la tecnología, específicamente la domótica, que se encarga de automatizar tareas y procesos en casas, edificios o aulas para mejorar su calidad de vida. Los sistemas comerciales de alta gama, además de monitorear el consumo de energía, permiten la administración remoto, utilizando redes inalámbricas o conexión Wi-Fi. A diferencia de este tipo de soluciones, este proyecto busca implementar una solución de bajo costo, con ciertos conocimientos básicos en el uso de la tecnología, teniendo en cuenta los avances en tecnologías de mercados emergentes [5].

Esta tecnología no es nueva, sin embargo, a través del tiempo ha adquirido nuevas funcionalidades que permiten un mayor empleo de la domótica en las viviendas.

Esta tecnología nace en el año 1966, donde se comercializa por primera vez un dispositivo capaz de controlar varias tareas del hogar de manera autónoma, conformado por un ordenador del tamaño de una habitación llamado ECHO IV, capaz de controlar la televisión, la temperatura del hogar o programar el despertador. Sin embargo, debido al espacio físico que

ocupaba y la dificultad del uso, no tuvo buena acogida; sentó las bases de la domótica [6].

En lo que respecta al empleo de microcontroladores como por ejemplo Arduino, la mayoría de los trabajos utilizan prototipos puntuales, los cuales se enlistan los siguientes [7]:

- Gauger, Minder, Marrón, Wacker y Lachenmann (2008), muestra prototipos de redes inalámbricas de sensores-actuadores probados experimentalmente y aplicados a la automatización del hogar.
- Vassev, Hinchey y Nixon (2010), realizan experimentos con prototipos usando ASSL (Ajax Secure Service Layer) para redes domóticas.
- Irwin, Barner, Mishra, Shemoy, Wu, Albrecht (2011), presentan resultados en protocolos de monitoreo empleando diferentes prototipos de prueba.
- Randall (2003), analiza las implicaciones sociales, problemas y posibles cambios que podrían presentarse en el futuro de la sociedad, causa del avance de la tecnología en la domótica.
- Woodruff, Agustín y Foucault (2007), analizan el uso de la automatización de hogares y su implicación religiosa, tomando como muestra a 20 familias norteamericanas.
- Rodden y Benford (2003), observaron cambios que se han generado en la sociedad debido a la incorporación de sistemas demóticos.
- Rode, Teye, y Blackwell, (2005), analizan los futuros cambios relacionados con la programación de las nuevas tecnologías, por la variación de las interfaces finales de usuario, gracias a la inclusión de la domótica.

La domótica ha evolucionado, ofreciendo mayor accesibilidad a los usuarios en sus casas [8]. Poseen una variedad de aplicaciones, como cambiar el ambiente al regular la cantidad de iluminación natural, ventilación a través del control de persianas, graduar el enfriamiento de los acondicionadores de aires la iluminación a través de focos; esto y más permite desarrollar varios ambientes en un mismo lugar.

Los principales de la domótica son el ahorro de energía, seguridad, mayor confort, comunicación remota, accesibilidad [9].

Entre las actividades de la domótica esta la automatización de la iluminación, electrodomésticos, aire acondicionado, cerraduras, suministro de gas, puertas, ventanas, entre otros [10].

La tecnología domótica utiliza con frecuencia microordenadores como Raspberry Pi, una red de sensores y actuadores comunicados mediante red inalámbrica Wi-Fi; para la interfaz de configuración del sistema domótico con el usuario final se requiere un teléfono inteligente smart phone. También se ha desarrollado sistemas basados en el reconocimiento de gestos y comandos de voz, que constan de un módulo Kinect, una computadora de control y sensores X10, para controlar los aparatos de forma inalámbrica [11].

El reconocimiento de voz utiliza la tecnología para convertir la señal de voz en una secuencia de palabras o unidades lingüísticas por medio de un algoritmo implementado en programas. En la actualidad, hay muchos dispositivos, *software* y tecnologías disponibles.

El control de actividades mediante comando de voz no es nuevo, tal es el caso en los *smart phone* por medio de la aplicación Ok Google. En el mercado actualmente se encuentra Alexa, un dispositivo pequeño inalámbrico con altavoz habilitado para voz desarrollado por Amazon Lab126, el cual responde a interacciones de voz, controlar varios dispositivos inteligentes, reproducción de música, creación de listas de tareas, configura alarma, transmitir podcast, reproducir audiolibro, proporcionar el clima, el tráfico y otros datos en tiempo real [12].

Para llevar a cabo un sistema demótico, es necesario conocer que es un sistema complejo con muchos elementos interconectados, por lo que es necesario una organización rigurosa del sistema, para que funcione correctamente [13].

A principios del año 2000 se empieza el empleo de esta tecnología en los países de primer mundo; empresas como Pentadom, Loxone, Imeyca, Domintell, entre otras, constantemente se mantienen realizando estudios para mejorar los servicios y alcances de este tipo de tecnología.

Actualmente, se están empleando sistemas de comando de voz para facilitar la interacción usuario – sistema domótico; este tipo de sistemas cuenta con un porcentaje mayor al 80 % de efectividad [3].

El objetivo del trabajo de investigación fue diseñar e implementar un prototipo de una vivienda inteligente que cumpla funciones básicas como encendido o apagado de luces, aire acondicionado, electrodomésticos y el envío de mensajes SMS o llamada telefónica para recibir asistencia por medio del interfaz de usuario de la voz. El prototipo funciona mediante comando de voz con el dispositivo Alexa, más una placa Arduino para el control de las funciones elementales empleando conexión Wi-Fi.

2. Materiales y métodos

La propuesta se desarrolló en 3 etapas (Figura 1):

- Primera etapa: Se realizó la implementación del proyecto de manera simulada, y una vez corroborado su funcionamiento se procedió al ensamblaje de los componentes.
- Segunda etapa: Se desarrollaron los algoritmos y la respectiva codificación en la tarjeta Arduino, para poder declarar las funciones del sistema domótico. Además, se empleó una conexión Wi-Fi, a través de chip NodeMUC o ESP8266 para el control de los sensores y dispositivos que son gobernados.
- Tercera etapa: Se ejecutaron las pruebas de funcionamiento de los comandos de encendido o apagado de un ventilador, abrir/cerrar cortinas, encender/apagar la luz de la habitación y enviar mensaje en caso de requerir de asistencia.

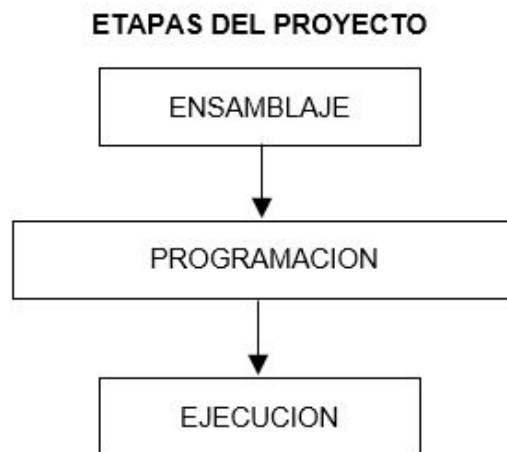


Figura 1: Diagrama de las etapas del proyecto.

Finalizada la etapa de pruebas e implementación se procede a realizar las encuestas para determinar el nivel de satisfacción de los usuarios respecto al proyecto, considerando los siguientes aspectos de satisfacción del proyecto:

- Funcionamiento
- Comodidad
- Interfaz de usuario
- Costo

Con las preguntas siguientes se logró ponderar cuantitativamente la comodidad y el confort de los usuarios respecto al proyecto:

- ¿Es de su agrado la inclusión de la tecnología en su vivienda?
- ¿Cree usted que con la incorporación de tecnología en su vivienda se puede mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad motriz?
- ¿Considera usted que el sistema mediante comando de voz (órdenes al dispositivo Alexa) es de fácil uso?

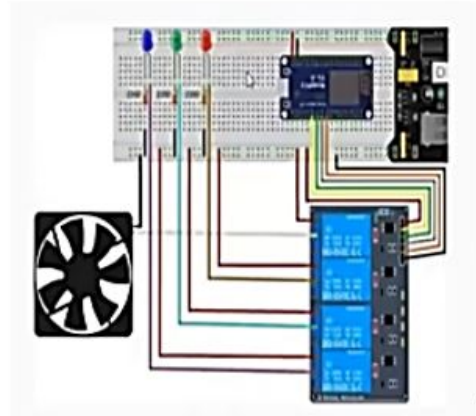


Figura 2: Diseño y simulación del proyecto.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Ensamblaje

En esta etapa se sintetizaron las acciones mínimas a realizar por el sistema domótico, Tabla 1. Se configuró el sistema domótico para poder controlar la temperatura y el estado de las luces en la habitación de una casa.

Tabla 1: Acciones que realiza la casa inteligente

Acciones para realizar	
Comando	Función
Foco sala	Encender o apagar el foco de la sala
Foco cuarto master	Encender o apagar el foco del cuarto master
Foco baño	Encender o apagar el foco del baño
Aire acondicionado	Encender o apagar el aire acondicionado
TV	Encender o apagar el tv
Foco comedor	Encender o apagar el foco del comedor
Asistencia	Enviar mensaje para asistencia personalizada

Una vez definidas las acciones mínimas, se realizó el diseño y posteriormente la simulación utilizando *software*.

En la Figura 2 se visualiza la simulación en el programa Fritzing, de cada uno de los elementos. Fritzing es un software de automatización que realiza simulación de diseños electrónicos, se realizar antes de hacer la implementación en físico para evitar errores de cableado y posible daño de equipos por una mala conexión.

Para la implementación del prototipo se seleccionan los componentes en la Tabla 2, integración del sistema de procesamiento de voz enfocado al control domótico basado en Internet de las cosas (IoT).

Tabla 2: Componentes para la implementación del proyecto.

Equipos, materiales y software a utilizar		
Componente		Configuración para asistencia
NodeMUC ESP8266	o	Procesa las órdenes mediante conexión a internet por Wi-Fi.
Resistencias		Controla los flujos de la corriente en el circuito implementado
Placa de relés de 3A Arduino		Permite controlar el sistema de fuera mediante relés, estas darán paso a las funciones individuales
Aplicación Arduino		<i>Software</i> para emplear en el enlace de los componentes
Protoboard		Lugar donde se desarrolla el prototipo. Transistores Semiconductores que sirven para amplificar la señal.
Transistores		Semiconductores que sirven para amplificar la señal
Diodos		Indicador del funcionamiento correcto de las órdenes.
Capacitores		Almacena energía y evita el cambio brusco de voltaje.
Fuente de 5v		Elemento para alimentar el motor
Alexa		Dispositivo para transformar los comandos de voz a señales

La Figura 3 presenta los componentes empleados para realizar la implementación del prototipo a pequeña escala.

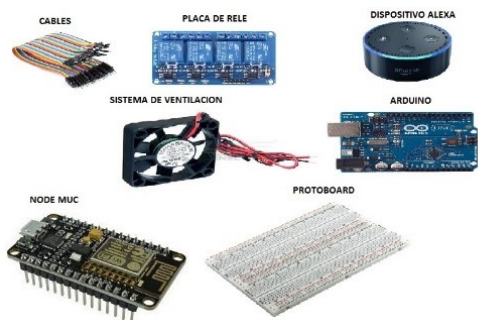


Figura 3: Materiales de la implementación.

3.2. Programación

Para el algoritmo fue necesario definir las consideraciones básicas del proyecto, las cuales fueron divididas de la siguiente manera:

- Usuario: Está direccionado a personas con discapacidad física motriz, este debe tener a disposición el equipo electrónico Alexa, dispositivo encargado de recibir los comandos de voz.
- Controladores: Se implementó un algoritmo en el microcontrolador Arduino, para procesar la información obtenida por Alexa, para enviar la señal de la acción de apertura o cierre de los actuadores; cabe indicar que el comando de voz funciona empleando palabras claves que están configuradas en el algoritmo.
- Actuadores: Los relés o contactos permite el cambio de estado de los equipos de la casa, como el encendido o apagado de luces, sistema de alarma, electroválvulas de duchas, puerta principal, entre otras.
- Asistencia personalizada: Es una opción que se encuentra configurado en el programa y que se activa mediante comando de voz. Su función es enviar un mensaje personalizado a los números registrados cuando el usuario requiere la asistencia de otra persona para realizar actividades. También se incorporó una llamada de alerta en caso de una emergencia.

Se planteó los principales requerimientos que el sistema domótico debe cumplir:

- Control de la iluminación: El encendido y apagado de los focos en las habitaciones, comedor, sala, dormitorios, baños, corredor y parqueadero.
- Control de puertas y ventanas: Tales como áreas sala, baños, dormitorios, parqueadero de la

vivienda, las cuales se abren y se cierran mediante comando de voz.

- Control de Equipos Eléctricos: El encendido y apagado de dispositivos electrónicos de 110V/240V, por ejemplo, la TV, lámparas de mesa, sistemas de aire acondicionado, equipos de sonido, entre otros.

Los materiales empleados en la implementación del proyecto se encuentran en el medio local, esto permite inclusive dar mantenimiento de una manera oportuna. Por otra parte, en lo que respecta al software empleado es de descarga gratuita y no solicita pagos adicionales.

3.3. Ejecución del proyecto

Previo a la implementación física de la investigación se realizaron diferentes simulaciones para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos y procesos del diseño. En la figura 4 muestra el diseño eléctrico a implementar considerando el sistema de control y de fuerza del proyecto eléctrico.

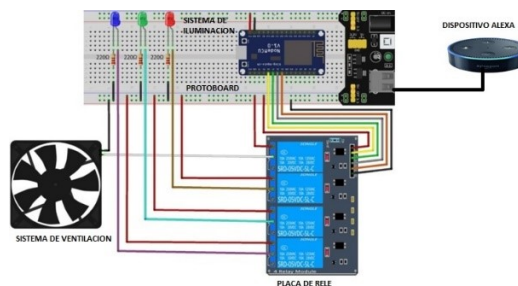


Figura 4: Diseño eléctrico.

Se armó el circuito del diseño simulado, considerando lo siguiente:

- Para la alimentación de los microcontroladores se utilizan fuentes de voltajes de 5V.
- En la codificación del software como primer paso es necesario declarar los módulos de uso, por ejemplo: Arduino (Arduino.h), el sistema de conexión mediante Wi-Fi (Wi-Fi.h y ESP8266), las librerías que se emplean para la conexión con Alexa (fauxmoESP.h).
- La comunicación es por Wi-Fi requiere usuario y contraseña de la red WLAN para que el sistema pueda transmitir/recibir datos.

Luego de configurar los parámetros de la Tabla 3 se requiere definir las salidas de la placa electrónica Arduino para enviar la señal al relé, esto quiere decir identificar qué pin le corresponde a cada salida; posteriormente, se define las funciones para los comandos de voz.

Para el sistema de comando de voz se configura el programa que recibe las órdenes del usuario a través de comandos de voz, procesa el audio y lo transforma

en texto, el cual compara cada palabra con las palabras de la base de datos guardada, si las palabras coinciden se transmiten los datos por el puerto serial designado al Arduino.

Tabla 3: Tabla de las acciones a ejecutar.

Palabra 1	Palabra 2	Palabra 3	Tarea
Abri	Puerta	Principal	Se abre la puerta principal de la casa
		Baño	Se abre la puerta del baño.
	Ventana	Sala	Se abre la ventana de la sala
Cerrar	Puerta	Principal	Se cierra la puerta principal de la casa
		Baño	Se cierra la puerta del baño.
	Ventana	Sala	Se cierra la ventana de la sala
Encender	Foco	Sala	Se enciende el foco de la sala
		Comedor	Se enciende el foco del comedor.
		Patio	Se enciende el foco del patio
Apagar	Foco	Sala	Se apaga el foco de la sala
		Comedor	Se apaga el foco del comedor.
		Patio	Se apaga el foco del patio

En lo que respecta a la configuración para solicitar asistencia personal se envía un mensaje o llamada, como indica la Tabla 4.

Tabla 4: Configuración para asistencia.

Acciones a ejecutar mediante comando de voz			
Palabra 1	Palabra 2	Palabra 3	Tarea
Llamar	# Número de teléfono	Asistencia	Se activa el modelo GSM realizando la llamada para asistencia

Una vez realizada la implementación individual de cada una de las partes se procedió a acoplar como se muestra en la Figura 5.

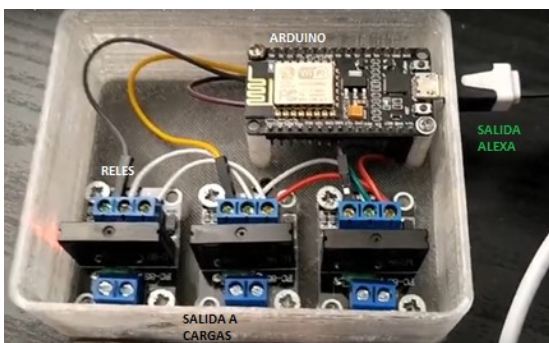


Figura 5: Circuito eléctrico implementado.

Las pruebas se presentan en la Tabla 5, en el cual 1 indica que orden fue reconocida y 0 cuando las instrucciones no se reconocieron de manera satisfactoria.

Tabla 5: Configuración para asistencia.

Comando de voz		Distancia del módulo Wi-Fi (metros)						
		2	4	6	8	10	12	15
Abrir principal	puerta	1	1	1	0	1	1	1
Abrir sala	ventana	1	1	1	1	1	0	1
Cerrar principal	puerta	1	1	1	1	1	1	1
Cerrar sala	ventana	1	1	1	1	1	1	0
Encender comedor	foco	1	1	1	1	1	1	1
Apagar comedor	foco	1	1	1	1	1	1	1
Llamar asistencia	09905574XX	1	1	1	1	1	1	0

Se puede evidenciar en la Tabla 6 que la eficiencia del proyecto fue de 93.20%, lo que demuestra que la aplicación móvil tiene un alto índice de confiabilidad.

Tabla 6: Porcentajes de eficiencia

Descripción	Cantidad	Porcentaje
Pruebas ejecutadas correctamente	137	93,20 %
Pruebas fallidas	10	6,80 %
Total de instrucciones enviadas	147	100 %

El tiempo de desarrollo e implementación del proyecto se considera 15 días por vivienda: 2 días para el levantamiento de información y elaboración del plano de la vivienda; 2 días para el diseño y definir las actividades que realiza el sistema domótico; 2 días para la simulación del proyecto en el software seleccionado; 3 días para la adquisición de los materiales; 4 días para implementación física del sistema domótico en la vivienda y 2 días para las pruebas de funcionamiento y corrección de errores. El costo del proyecto implementado fue de \$465,00 USD, detallados en la Tabla 7.

Tabla 7: Presupuesto referencial para la implementación de un sistema domótico

Presupuesto para instalación de sistema domótico						
Materiales						
Items	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	
1	NodeMUC ESP8266	U	1	25	25,00	
2	Juego de resistencias	Glb	1	3	3,00	
3	Placa de relés de 3 A arduino	U	1	45	45,00	
4	Placa del circuito integrado	U	1	60	60,00	
5	Tarjeta fuente de poder U	U	15	15,00	225,00	
6	Alexa	U	1	120	120,00	
7	Fuente de 5v	U	1	15	15,00	
8	Juego de Capacitores	Glb	1	5	5,00	
9	Juego de Diodos	Glb	1	3	3,00	
10	Juego de Transistores	Glb	1	5	5,00	
11	Conductor #12 de cobre flexible	Mts	30	0,65	19,50	
12	Conductor #14 de cobre flexible	Mts	30	0,4	12,00	
13	Módulo GSM	U	1	25,00	25,00	
14	Módulo HC 05	U	1	25,00	25,00	
15	CHIP	U	1	10	10,00	
16	Servomotor	U	2	8	16,00	
17	Cable de datos	Mts	30	0,25	7,50	
18	Focos led	U	4	1	4,00	
19	Misceláneos	Glb	1	50	50,00	
Subtotal 1					\$465,00	

De los resultados del proyecto se puede evidenciar que a pesar de tener similitud con otros, como por ejemplo los presentados por Albán [3], Sánchez [7], Libson [9] y Tomala [8], investigadores que desarrollaron trabajos de sistemas domóticos empleando Arduino, existe una diferencia en lo que respecta a cómo se dan las órdenes para el funcionamiento del sistema domótico, por ejemplo en el proyecto de Albán [3] se utiliza un dispositivo móvil para dar las ordenes; en el proyecto de Tomalá [8] se emplea un micrófono inalámbrico para dar las ordenes, mientras que los otros autores solo emplean sensores para determinar la necesidad de realizar una acción, esto difiere mucho del proyecto presentado que cumple las ordenes a través de un dispositivo Alexa, en la cual el usuario entra en una conversación con el equipo para dar las órdenes a realizar. Esto podría ser una ventaja respecto a los otros proyectos, debido a que no debe manipular ningún teléfono, que muchas veces el uso para personas de avanzada edad es complicado.

La mayor desventaja referente a los otros proyectos es el costo debido a que el dispositivo Alexa actualmente tiene un costo elevado en el mercado, sin embargo se prevé que con la demanda de este producto y con el avance de la tecnología los precios sean menores, dando la facilidad de adquisición.

Por otra parte, también podría determinarse como una desventaja frente a los proyectos de Sánchez [7] y Libson [9] la ejecución de manera errónea de una orden, como se conoce el empleo del dispositivo Alexa tiene limitantes como por ejemplo el ruido de los alrededores, una orden mal dicha, órdenes inexistentes, entre otras, podrían ocasionar que el equipo ejecute una acción no deseada o en el peor de los casos el equipo se inhibe y no responde a otras órdenes.

3.4. Funcionamiento

Conforme la Tabla 6 se evidencia que el proyecto tiene un porcentaje de correcto funcionamiento del 93,20 %, es decir, tiene un porcentaje alto de eficiencia, haciendo que el proyecto sea recomendable visto desde el punto de vista de funcionalidad (véase Figura 6).

6).

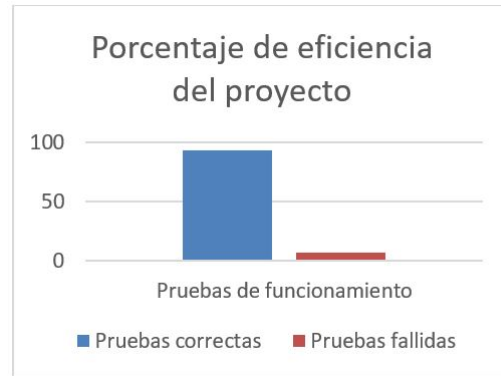


Figura 6: Gráfica de funcionamiento del proyecto.

3.5. Comodidad

De un total de 50 personas con alguna discapacidad física motriz que utilizó el sistema domótico se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 7):

- 32 personas mostraron satisfacción al tener una herramienta que les permita realizar acciones cotidianas desde la comodidad de su silla de rueda o sofá mediante comando de voz. Esto equivale a un 64 % de personas satisfechas con el proyecto.
- 13 personas mostraron incomodidad debido a que son personas de avanzada edad que están deslindada del uso de la tecnología. Esto equivale a un 26 % de personas inconformes con el proyecto.
- 5 personas se abstuvieron de dar comentarios positivos o negativos, solo probaron el equipo sin mayor interés. Esto equivale a un 10 % de personas con criterio neutral.



Figura 7: Gráfica de satisfacción del usuario

3.6. Interfaz del usuario

El sistema es de fácil empleo, las órdenes la realizan empleando el dispositivo Alexa o equipos similares, es decir solo responde a comandos de voz teniendo un uso sencillo con mayor comodidad.

Las ventajas de emplear Alexa son las siguientes:

- Tiene una función para reconocimiento de voz lejana.
- Es capaz de interactuar con sonido omnidireccional.
- El dispositivo Alexa de escritorio tiene Bluetooth habilitado.
- Compatible con Android, iOS.
- Se puede ampliar con la ayuda de comandos personalizados.

La desventaja de emplear Alexa son las siguientes:

- Calidad del sonido: es necesario realizar la orden cuando no se tenga bullicio alrededor debido a que la cantidad de ruido podría provocar una acción incorrecta.
- Tareas complejas: Alexa no puede procesar tareas complejas como, por ejemplo, pedir un Uber o realizar juegos con consolas debido a que carece de capacidad para manejar múltiples comandos.
- Costo: por ser una tecnología novedosa los precios en el mercado superan los 100 dólares americanos.

3.7. Costo

El costo referencial del proyecto fue de 465 dólares americanos, se considera un proyecto que realice las funciones básicas y con pocos dispositivos o elementos a controlar. Sin embargo, si se requiere el sistema completo para una casa con estructura básica de una planta, el costo del proyecto varía conforme las funciones que se desee realizar, debido al aumento de dispositivos tanto de control como de accionamiento.

Como se observó en el presupuesto (Tabla 7) existen elementos como el dispositivo Alexa, que debido a su arquitectura es uno de los elementos con costo representativo, por otra parte, los módulos y microcontroladores están en rango de valores accesibles para el usuario.

Cabe indicar que, una de las observaciones fue el costo para la implementación de este sistema en los hogares y el uso de internet para que funcione el equipo. Sin embargo, en la actualidad, producto de la pandemia Covid-19, forzó a muchos a contratar el servicio de internet y facilitar la vida de las personas, aun a las con dificultades físicas motrices.

4. Conclusiones

Para la implementación de este tipo de sistemas de casas inteligentes se utilizó un software libre y materiales económicos, esto significa una viabilidad económica para la adquisición del producto por parte del usuario.

El sistema de comando de voz obtuvo aproximadamente un 90 % de efectividad, permitiendo así que la aplicación de esta tecnología sea una buena alternativa. La transmisión/recepción de datos de este sistema es mayor al 90 %, porcentaje obtenido de las pruebas de funcionamiento realizadas a una distancia máxima de 15 metros, por lo que se puede decir que el proyecto tiene un buen alcance con respecto a la distancia de comunicación entre dispositivos, suficiente para implementarlo en una casa.

El tiempo que se requiere para poder incorporar un sistema inteligente en una vivienda de clase media-baja es de 15 días empezando desde cero, la instalación de los equipos y las pruebas duran de 5 a 6 días, esto significa que la incomodidad que se podría generar al usuario al tener a los técnicos en el interior del domicilio es casi nula.

5. Referencias

1. OMS ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Discapacidad y salud* [En línea]. 2021 [Consulta: 4 mar. 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>.
2. CONADIS CONSEJO NACIONAL PARA LA IGUALDAD DE DISCAPACIDADES. *Estadísticas de discapacidad* [En línea]. 2022 [Consulta: 4 mar. 2022]. Disponible en: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>.
3. ALBAN, Geesela. *Sistema domótico de apoyo para personas con discapacidad motriz mediante tecnología móvil y reconocimiento de voz* [En línea]. 2018. Tesis (Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 10 mar. 2020]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28012/1/Tesis_t1401ec.pdf.
4. LACLAUSTRA, Iván.; ALONSO, Jesús.; DEL BARRIO, Alberto. y BOTELLA, Guillermo. Sistema domótico distribuido para controlar el riego y el aire acondicionado en el hogar [En línea]. 2016, vol. 6, págs. 87-101 [Consulta: 10 mar. 2022]. Disponible en: https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/41915/T7_N6_Revista_EAIC_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

5. LI, Min.; GU, Wenbin.; CHEN, Wei.; HE, Yeshen.; WU, Yannian. y ZHANG, Yiying. Smart home: architecture, technologies and systems [En línea]. 2018, vol. 131, págs. 393-400 [Consulta: 10 mar. 2022]. ISSN 1877-0509. Disp. desde DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.219>.
6. *Evolución de la domótica: cómo nace y cómo es ahora* [En línea]. Prosegur, 2022. [Consulta: 7 may. 2022]. Disponible en: <https://blog.prosegur.es/evolucion-de-la-domotica-historia/>.
7. SÁNCHEZ, Camila.; MESA, Alejandra.; MANRIQUE, Carolina.; CALDERON, Herbert.; COBO, Luis.; DORADO, Rubén. y MEJIA, Camilo. Diseño e implementación de un prototipo de vivienda domótica basado en las plataformas arduino y android **online**2015, vol. 2, n.º 2, págs. 115-132 [Consulta: 7 mayo 2022]. Disp. desde DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v2.n2.2014.1243>.
8. TOMALÁ, Daniel. *Sistema domótico controlado por voz para personas con discapacidad en extremidades superiores, utilizando tarjeta RASPBERRY PI* [En línea]. 2018. Trabajo de titulación (Ingeniería Electrónica). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. [Consulta: 08 may. 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15141/1/UPS-GT002060.pdf>.
9. LIBSON, Lucas. *Domótica aplicada a un paciente con discapacidad motriz* [En línea]. 2017. Proyecto Integrador (Ingeniería Biomédica). Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. [Consulta: 10 mar. 2022]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6525/Proyecto%20Integrador%20-%20Libson%2C%20Lucas%20Mart%C3%ADn.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
10. AGUIRRE, Maritza.; VERGARA, Vanessa.; DELGADO, Carlotta.; RAMÍREZ, Joel. y VERA, Néstor. Un prototipo de sistema integrado para personas con discapacidad que utilizan el habla de Google. En: ROCHA, Á., SERRHINI, M. (eds) Information Systems and Technologies to Support Learning. EMENA-ISTL 2018. Innovación Inteligente, Sistemas y Tecnologías. Vol. 111. Disp. desde DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03577-8_33.
11. CORAL, William.; ALARCON, Álvaro.; LLANOS, José. y HERNÁNDEZ, José. Home Automation System for People with Visual and Motor Disabilities in Colombia **online**2019, vol. 1, págs. 333-340 [Consulta: 11 mar. 2022]. ISSN 2184-2809. Disp. desde DOI: <https://doi.org/10.5220/0007929303330340>.
12. SHRIWAS, Shyamal. y ROJATKAR, Dinesh. Amazon Alexa Based Home Automation Using Particle Photon **online**2018, vol. 4, n.º 8, págs. 92-96 [Consulta: 10 mar. 2022]. ISSN 2394-4099. Disp. desde DOI: <https://ijsrset.com/IJSRET1736141>.
13. CABRERA, Julio.; MENA, María.; PARRA, Ana. y PINOS, Eduardo. Intelligent Assistant to Control Home Power Network. **online**2016 [Consulta: 10 mar. 2022]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7830531>.



Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Atribución - No comercial - Sin derivar 4.0 Internacional**. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.