

Ayudas tecnológicas para personas con discapacidad motriz y movilidad reducida

Álvarez Robin, PhD., Armas Elizabeth, Ing., Romero Geovanny, Ing.
Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

Resumen – Para una persona sin ninguna limitación física es fácil realizar actividades cotidianas, no así para personas con discapacidad. Para resolver este problema el presente sistema permite a una persona con discapacidad, controlar dispositivos eléctricos únicamente mediante comandos de voz. Este sistema está basado en un software de reconocimiento de voz comercial, las órdenes emitidas por el usuario son cumplidas de una manera fiable. Además un usuario ubicado en una silla de ruedas podrá controlar los movimientos de ésta.

Para reducir la complejidad del sistema y no emplear cableado adicional, este sistema envía los comandos de voz a través de la red eléctrica, facilitando la instalación y reduciendo los costos.

Para el manejo de equipos controlados mediante señales infrarrojas, se diseñó un módulo convertidor de X-10 a IR.

El sistema final permite a la persona con discapacidad motriz incrementar su independencia y bienestar.

Índices – *discapacidad, control, tecnología, voz, independencia.*

I. INTRODUCCIÓN

Si bien la automatización de hogares es una tecnología que ha dado grandes pasos en otros países, en el Ecuador no es común encontrar sistemas de automatización avanzados y más difícil es encontrar sistemas de automatización orientados a personas con algún grado de discapacidad física.

Para una persona sin ninguna limitación física resulta fácil realizar actividades cotidianas como: activar y desactivar cargas, abrir y cerrar cortinas, controlar la televisión, no así para una persona con discapacidad o movilidad reducida.

Debido a la facilidad con que muchas actividades se realizan, es difícil detenerse a pensar la dificultad que esto implica para personas que no tienen control de sus extremidades y el alivio que representaría para ellos y sus familias la existencia de un sistema que los ayudara a superar sus limitaciones.

Con el fin de cumplir con este objetivo y de que así, este colectivo pueda alcanzar aquella autonomía tan anhelada, en este trabajo se describe la manera de manejar dispositivos dentro de su hogar utilizando únicamente comandos de voz, demostrando que este sistema es fiable, de fácil instalación y manejo sencillo.

Este sistema está diseñado de modo que tanto las personas con capacidades normales como la persona con capacidades especiales, puedan operar todas las cargas existentes en el hogar, de forma cualquier fallo en el sistema controlado mediante voz, no interfiera con el funcionamiento normal.

II. ESTADO DEL ARTE

Luego de realizar una búsqueda sobre productos relacionados con el control domótico utilizando comandos de voz, el único sistema existente como producto comercial es el

llamado SpeakHome [1], que ha sido desarrollado por la empresa Alhena Ingeniería junto con la empresa Nuance, empresa multinacional fabricante de productos de reconocimiento de voz, cuando se intenta ingresar en este sitio web, no se dispone de videos, ni manuales sobre demostraciones que permitan observar las capacidades reales de este sistema, tampoco se encuentra información sobre costos de licencia del software, por lo que se tienen dudas sobre la existencia o disponibilidad real de dicho sistema.

Por otro lado, las siguientes patentes relacionadas con este proyecto no tienen productos comerciales asociados: la patente EP2863586A1 [2] tiene una red de micrófonos, cada uno de estos lleva la señal de voz proveniente del usuario hacia su respectivo circuito de reconocimiento de voz. Si bien en este caso el usuario puede estar ubicado en cualquier parte del edificio y no necesita llevar ningún micrófono, los sistemas de reconocimiento de voz mediante chips no son muy fiables, pues depende de la distancia entre el usuario y el micrófono y, al no tener entrenamiento previo, depende también de la edad del usuario (niño, adolescente, adulto, adulto mayor) y del género (varón o mujer).

En este caso, ya que el sistema está orientado a un hogar en el que haya una persona con discapacidad, ésta podrá estar ubicada en cualquier sitio del hogar, ya que lleva puesto un micrófono inalámbrico, por lo tanto la red de micrófonos ya no es necesaria. El resto de personas con capacidades normales puede comandar todos los dispositivos de manera manual. Los dos sistemas: el de control manual y el controlado mediante comandos de voz, coexisten sin ningún problema.

En la patente WO 2004/084114 A1 [3] el ordenador se conecta mediante internet a la unidad de control y los dispositivos del hogar controlados están conectados entre sí a través de una red Ethernet, formando una red doméstica. Además, este proyecto tiene una interfaz de usuario que muestra el estado de cada uno de los dispositivos que conforman el sistema.

En este proyecto los comandos de voz emitidos por el usuario son transmitidos hasta un dispositivo controlador de tecnología X-10, este dispositivo está conectado a la red eléctrica, es decir el sistema no depende de conexión a internet. Es importante recalcar que no se requiere ninguna instalación adicional de cableado, ni de ningún dispositivo o tarjeta de control adicional.

En la patente WO 03/001839 A1 [4] se tiene un mando a distancia, que incluye: Una unidad de interfaz de usuario, la cual recibe una señal de control; unidades de transmisión/recepción alámbrica e inalámbrica para la transmisión de la señal de control desde la interfaz de usuario a

la unidad correspondiente; y para recibir las señales de estado de los aparatos correspondientes, se cuenta con un procesador central. Además el procesador permite: El control de la interfaz de usuario, el almacenamiento de datos y trabajar con la unidad de visualización. En la interfaz de usuario se muestra: Un menú para el control de las cargas, el estado actual de los aparatos controlados e indica si nuevos aparatos han sido añadidos o borrados del sistema. El usuario selecciona en la pantalla de visualización el aparato particular a ser controlado y realiza todas las acciones de control requeridas.

En este proyecto también se tiene una interfaz de usuario que se encarga de realizar las siguientes tareas: recibir e interpretar los comandos de voz emitidos por el usuario, y de transmitirlos hasta un dispositivo controlador de tecnología X10 que está conectado a la red eléctrica. Este dispositivo hace que las órdenes emitidas por el usuario sean transformadas en señales digitales que viajan por medio de la red eléctrica preexistente en la casa. De esta manera las órdenes emitidas llegan hasta un dispositivo receptor X10, que está conectado a la red eléctrica y al artefacto que el usuario desea controlar. La transmisión/recepción de las señales de control mediante la red eléctrica es más fiable que la transmisión/recepción por tecnología inalámbrica.

En la patente EP2863586 A1 [5], el sistema de monitoreo incluye múltiples sensores de voz, cada uno de los cuales incorpora un circuito de reconocimiento de voz, cada sensor se puede instalar en una habitación diferente para recoger los comandos de voz de los usuarios y enviar la señal de control al controlador principal del proceso. El controlador principal a su vez puede comunicarse con varias unidades de control de subsistemas dispersos en todo el edificio.

En respuesta al reconocimiento de un comando verbal, una representación codificada se transmite a un aparato del sistema, tras la recepción de la señal, el aparato de control lleva a cabo el comando solicitado o proporciona la información solicitada. Los aparatos de control tienen tecnología inalámbrica para comunicarse con el conjunto de sensores.

En el presente sistema la persona con discapacidad física o movilidad reducida, emite comandos de voz por medio de un micrófono utilizando un software de reconocimiento de voz comercial y por ello consigue un nivel muy alto de fiabilidad, incluso en un ambiente de ruido considerable imposible de ser conseguido mediante sistemas basados en hardware (chips de reconocimiento de voz). Se recepta e interpreta los comandos de voz emitidos por el usuario y se trasmite hasta un controlador de tecnología Power Line Comunicación (X10) conectado a la red eléctrica, este dispositivo hace que las órdenes emitidas por el usuario sean transformadas en señales digitales que viajan por medio de la red eléctrica preexistente en la casa.

A. Hipótesis

Aprovechando el desarrollo actual de la tecnología, es factible realizar un sistema para las personas con discapacidad motriz que les permita ser:

- Autosuficiente para desplazarse empleando una silla de ruedas automática
- Autosuficiente para comandar varios dispositivos eléctricos en el hogar.
- Autosuficiente para poder insertarse en el ambiente laboral aprovechando las potencialidades de las aplicaciones del computador.

B. Objetivos

Como resultado del análisis del estado del arte, se plantean los siguientes objetivos:

- Lograr que la persona con discapacidad tenga independencia de terceros para su movilización en la silla de ruedas
- Lograr que la persona con discapacidad tenga independencia de terceros para realizar las tareas del hogar (domótica: luces, cortinas, calefactor, ventilador, equipo de sonido, tv, etc.).
- Integrar a personas con discapacidad motriz al campo laboral.

III. DISEÑO DEL SISTEMA

A. Materiales

1) Hardware:

- **Sistema de Comunicación:** El sistema de comunicación Figura 1, debe permitir al usuario emitir órdenes desde cualquier lugar de la casa. Se adquirió en el mercado el RAD-360 de la marca AUDIX cuyas componentes son: el transmisor, el micrófono y el receptor.

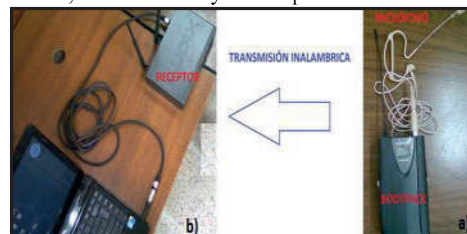


Fig. 1. a) transmisor o bodypack con su micrófono b) receptor

El RAD-360 es un sistema de micrófono inalámbrico con 193 frecuencias seleccionables. Opera en la banda UHF entre 614-662 MHz. Tanto el transmisor como el receptor son sintonizados vía Lazo de Fase Cerrada o PLL (Phase Locked Loop)¹ para señales de radiofrecuencia. Entonces la persona discapacitada emite las órdenes usando el micrófono y van al bodypack, luego por transmisión inalámbrica llega al receptor que está conectado al PC en el que se tiene la aplicación desarrollada donde se recibirá la orden proveniente del software de reconocimiento de voz.

Las características del receptor son:

¹ Un PLL es un sistema de feedback que comprende un comparador de fase, un filtro pasa bajos, un amplificador de error en la trayectoria de la señal hacia adelante y un oscilador controlado por tensión en la trayectoria cerrada.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RECEPTOR RAD 360 [6].

Rango de frecuencia	614 MHz – 662 MHz
Frecuencia de respuesta	40 Hz – 18 KHz
Sensibilidad	26 dB μ V
Salida de audio	40mV (a 1Khz, desviación 10 KHz, carga 10 Ω)
Distorsión Armónica Total	1% (10KHz desviación a 1KHz)
Fuente de alimentación	120V AC 60 Hz; 12-18V DC, 350 mA
Dimensiones	212 mm x 38 mm x 165 mm
Peso	2.32 lbs

Las características del transmisor son:

TABLA II
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRANSMISOR RAD 360 [6].

Potencia de salida	Máximo 50mW
Batería	2AA 1.5V
Corriente de consumo	100 mA
Vida de la Batería	Aproximadamente 12 horas
Impedancia de entrada	Mic: 10K Ω Línea: 1 M Ω
Dimensiones	71.3 mm x 104 mm x 27 mm
Peso	204,5 g

Es importante que tanto el receptor como el bodypack estén seteados en la misma frecuencia, en este caso se encuentran en 662 MHz.

- **Implementación de la red X-10:** El sistema básico de comunicación X10 está formado por un emisor que envía la señal de control a través de la red eléctrica, y un receptor que lo recibe y se encarga de ejecutar la orden recibida. Cada componente tiene su propio código que lo identifica de forma que todos los componentes de la instalación saben para quien es el mensaje que se está distribuyendo por la red eléctrica, Figura 2.

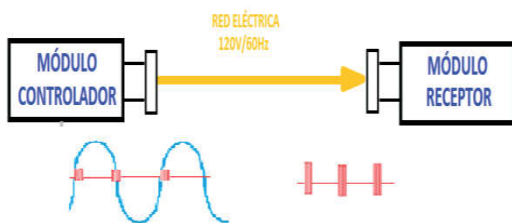


Fig. 2. Componentes básicos del sistema X-10

Módulo controlador X10 CM15A: Es un controlador bidireccional pues no solo puede enviar órdenes sino también recibir el estado de las cargas conectadas a los diferentes módulos receptores. El módulo CM15A es el dispositivo más importante ya que es la interfaz entre el PC y el resto de módulos receptores X10.

Módulos receptores X10: Los tipos básicos de módulos X10 son: El módulo de lámpara WS 467 y el módulo de electrodoméstico UM 506. La principal diferencia es el tipo de carga que pueden manejar.

Diseño del hardware del módulo convertidor X-10 a IR para 110V/ 60Hz: El módulo Convertidor de X-10 a IR, al ser un módulo receptor, debe extraer la señal X-10 de la red eléctrica, debe filtrarla, demodularla y acondicionarla para que esta señal pueda ser utilizada por un microcontrolador, en donde se realizará la comprobación de dirección y en caso de que la dirección recibida coincida con la suya y, de acuerdo al comando de voz del usuario, se emitirá una señal IR para el control del televisor, equipo de sonido o cortina, respectivamente. Utilizar las interfaces es la forma más común de permitir a los sistemas O.E.M (Original Equipment Manufacture, Fabricante de equipo original) transmitir/recibir el formato de Código X-10.

El módulo PCS05, tiene la capacidad de procesar las señales de 120 KHz y acondicionarlas para que se pueda utilizar en un microprocesador. La tarjeta de control contendrá un microcontrolador que realiza la lectura y validación de datos X10 y dependiendo de la trama X10 recibida, emite la señal IR correspondiente. La distribución de los cables, Figura 3, son:

1. Salida de detección de cruce por cero.
2. Común para señal de cruce por cero.
3. Salida de la señal de control al OEM (como receptor X-10).
4. Entrada de la señal de control desde el OEM (como transmisor X-10).

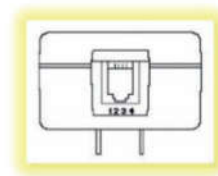


Fig. 3. Distribución de pines del PSC05 [7].

- **Señal X-10 obtenida:** Es la señal de salida del módulo PSC05 que va a la tarjeta de control diseñada, es decir la señal X-10 de 120 KHz convertida a señal digital acondicionada va al microcontrolador. El código de inicio (1110) es usado para alertar al producto OEM que llegará un código X-10. Un bit "1" aparece como un pulso de 1.1 ms de ancho, a partir aproximadamente de 100 μ s a partir del cruce por cero. El OEM deberá tomar muestras de datos entre 500 y 700 μ s del cruce por cero. El "X-10 recibido" coincide con la segunda mitad de cada transmisión X-10 PRO. Esta salida es la envolvente recibida de los bursts de 120 KHz. Únicamente la envolvente correspondiente al primer burst de cada grupo de 3 bursts está disponible a la salida del PSC05.

- **Tarjeta de control o producto OEM:** Este módulo está formado por un microcontrolador que es el encargado de recibir el comando X-10, realizar la verificación de dirección y en consecuencia emitir una señal infrarroja que permitirá controlar equipos infrarrojos.

- **Esquema completo del módulo convertidor:** En la figura 4 se puede observar cómo se conectan: la fuente, el módulo PSC05 y el emisor infrarrojo a la tarjeta de control (microcontrolador).



Fig. 4. Conexiones para el convertidor X-10 a IR

2) Software:

- **Software de reconocimiento de voz:** Es el programa encargado de efectuar el reconocimiento de voz emitido por el usuario y transformarlo en texto.

- **Software para control domótico:** programa realizado en Visual Basic que se encarga de realizar las siguientes tareas: recibir e interpretar los comandos de voz emitidos por el usuario y de transmitirlos hasta un dispositivo controlador de tecnología X-10 conectado a la red eléctrica.

- **Software para control de movimiento de la silla de ruedas:** Programa realizado en Visual Basic que se encarga de recibir los comandos emitidos por el usuario y, por medio del puerto serie, manejar un controlador de motores DC, el cual es el encargado de controlar dos motores de dicha silla de ruedas eléctrica.

- **Software del módulo convertidor de X-10 a IR:** Programa realizado en Bascom que realiza la comprobación de dirección y en caso de que la dirección recibida coincida con la suya y, de acuerdo al comando de voz emitido por el usuario, emitirá una señal IR para el control del televisor, equipo de sonido o cortina.

B. Métodos

1) Sistema de comunicación:

Se utiliza un sistema de comunicación inalámbrico (radiofrecuencia) Figura 5, es decir no exige línea de vista entre emisor y receptor, tiene mayor alcance (alrededor 35 metros en interiores). Este alcance se incrementa mientras menor sea la frecuencia de trabajo.



Fig. 5. Conexión inalámbrica mediante Radiofrecuencia

2) Sistema Control Power Line (PLC):

El protocolo X-10 es un estándar para la transmisión y recepción de información a través de la red eléctrica. La idea fundamental de esta técnica es el aprovechamiento doble de la

red de distribución eléctrica de baja tensión: como conductor de energía y de información.

Las ventajas de utilizar esta tecnología son:

- Instalación rápida y sencilla:

La principal ventaja de utilizar Protocolo X-10 para hacer automatización de hogares es que no se requiere cableado adicional para las señales de control, da la posibilidad de automatizar hogares y oficinas de manera sencilla.

- Economía

Los costos de los dispositivos X-10 son bajos en comparación con los de otros sistemas, y debido a que no se requiere cableado adicional ni circuitería, esto se traduce en reducción de costos.

- Compatibilidad

La filosofía fundamental del diseño X-10 es que los productos podrán relacionarse entre ellos, y la compatibilidad con los productos anteriores no se perderá, es decir equipos instalados hace 20 años siguen funcionando con las gamas actuales.

3) Teoría de transmisión X-10:

Para realizar la transmisión de datos se utilizan señales de 120 KHz que se inyectan a la red eléctrica como se indica en la Figura 6, sincronizándolas con los cruces por cero de la señal de poder (60 Hz). Esta técnica es llamada Control por Corriente Portadora ("carrier current" control).

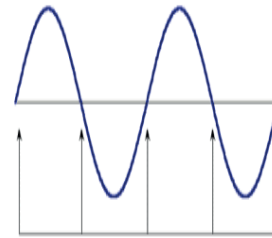


Fig. 6. Cruces por cero de la señal de poder

Transmisores y receptores son sincronizados con el paso por cero de la tensión de red, esto es característico de todos los dispositivos X-10. De esta manera, los transmisores saben cuándo enviar datos y los receptores cuándo buscarlos. Por otro lado, en estos puntos se tiene el nivel mínimo de interferencias producidas por otros equipos lo cual facilita la lectura de la información enviada.

Para transmitir un 1L es necesario inyectar señales de 120 KHz dentro de los 200 μ s posteriores al cruce por cero de la señal de poder. La presencia de las señales de 120 KHz en la red debe ser de 1 ms mínimo para que el 1L sea válido. Un 0L es representado por la ausencia de las señales radiofrecuencia (ver Fig. 7.)

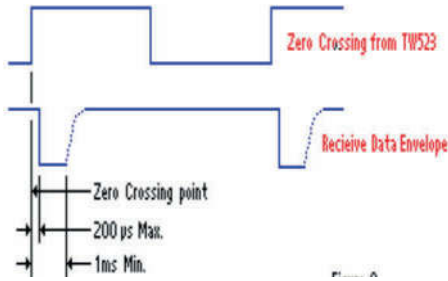


Fig. 7. Diagrama de tiempos para la transmisión de señales X-10 [8].

En un sistema trifásico los dispositivos X-10 que se encuentran en fases distintas no pueden comunicarse, a menos que se coloquen puentes de señal que permitan que la señal X-10 viaje por toda la red sin importar la fase. Por este motivo es necesario que los pulsos de 120 KHz se retransmitan a 1/3 y a los 2/3 del semiperiodo. La ilustración de la transmisión de un 1L en X-10 para un sistema trifásico de 60 Hz se puede ver en la figura 8:

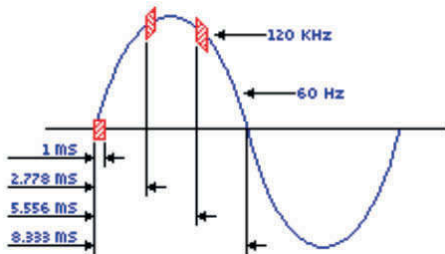


Fig. 8. Ilustración de transmisión X-10 para un sistema trifásico [8].

- **Módulo controlador X10:** El módulo controlador es el CM15A que envía una señal codificada de bajo voltaje en la frecuencia de 20 KHz que es superpuesta sobre el voltaje de suministro de energía (50 o 60 Hz). El módulo CM15A es el dispositivo más importante ya que es la interfaz entre el PC y el resto de módulos receptores X10. La salida de este módulo es de 5 a 6 V pico-pico, además este módulo tiene la capacidad de detectar colisiones para luego retransmitir el dato cuando la línea de poder este libre.

- **Módulos receptores X-10:**

Módulo de lámpara: Este módulo permite: encender, apagar y regular la intensidad de las luces conectadas. Para el control de iluminarias se puede utilizar tanto los módulos de lámpara (LM), como los módulos interruptores de pared (Wall Switch, WS), la diferencia entre estos es que los WS además de permitir el control remoto permiten también el control manual, requisito fundamental en este diseño.

Módulo de aparato: Es un receptor de señales X-10 que permite el control de cargas on-off mediante salida de relé. En este proyecto se escoge un módulo UM 506 que permita tanto el control por señales X-10 como el control manual.

Módulo convertidor de X-10 a IR: Con el propósito de comandar equipos basados en IR (televisor, equipo de sonido y cortina) se requiere de un convertidor que reciba las órdenes X10 y las traduzca a código IR, en el mercado solo se encontró

convertidores de 220V/50 Hz, los cuales para la red eléctrica 110V/60Hz no son útiles.

C. Estructura del sistema implementado

En la figura 9 se muestran el sistema completo constituido por: sistema de comunicación (sistema usuario-PC y sistema PC-usuario), la unidad central (computador y módulo controlador X10 CM15A), los módulos receptores X-10 (WS 467, UM 506 y el módulo convertidor X-10 a IR), las cargas (focos, ventilador, calefactor, televisión, equipo de sonido y cortinas) y por último los cables de la red eléctrica como línea de transmisión de datos.

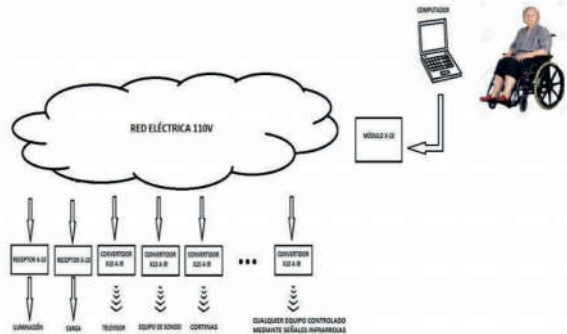


Fig. 9. Esquema del sistema propuesto

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A. Resultados:



Fig. 10. Esquema prototipo

De acuerdo a la figura 10, el prototipo está compuesto por las siguientes partes:

1) Sistema de reconocimiento de voz:

Este sistema trabaja de la siguiente manera: La persona con discapacidad física o movilidad reducida, emite comandos de voz por medio de un **Micrófono** (1a). Estas órdenes llegan a los siguientes destinos:

- Al **computador del hogar** (1b) que se encarga de controlar todos los artefactos dentro del mismo (domótica: luces, cortinas, calefactor, ventilador, equipo de sonido, televisor, etc.). Esta comunicación se realizará de forma inalámbrica.

- Al **computador de la silla de ruedas** (1c) que se encarga de controlar sus movimientos en todas las direcciones: adelante, atrás, girar hacia la derecha, girar hacia la izquierda y detenerse. Esta comunicación se realiza de forma alámbrica.

En la parte de reconocimiento de voz, el sistema emplea un **software de reconocimiento de voz** comercial que requiere de un entrenamiento previo y por ello consigue **un nivel muy alto de fiabilidad**, incluso en un ambiente de ruido considerable, imposible de ser conseguido mediante sistemas basados en hardware (chips de reconocimiento de voz). Éste software es instalado tanto en el computador de a bordo de la silla de ruedas (1c) como en el computador ubicado en el hogar (1b).

2) *Transmisión de comandos de voz para el control de cargas dentro el hogar:*

En el **computador del hogar** (1a), para el control de cargas, se tiene un **software realizado en Visual Basic** (2a) que se encarga de realizar las siguientes tareas: receptor e interpretar los comandos de voz emitidos por el usuario y de transmitirlos hasta un **dispositivo controlador** (2b) de tecnología Power Line Comunicación (X10) que está conectado a la **red eléctrica** (2c). Este dispositivo hace que las órdenes emitidas por el usuario sean transformadas en señales digitales que viajan por medio de la red eléctrica preexistente en la casa. De esta manera las órdenes emitidas llegan hasta un **dispositivo receptor X10** (2d) que está conectado a la red eléctrica y al **artefacto** (2e) que el usuario desea controlar. Es importante recalcar que no se requiere ninguna instalación adicional de cableado ni de ningún dispositivo o tarjeta de control adicional.

Las acciones de control pueden ser: encender/apagar luminarias, activar/desactivar cargas eléctricas (calefactores, ventiladores, etc.), abrir/cerrar puertas y controlar todo tipo de dispositivo operados mediante rayos infrarrojos (TV, equipo de sonido, cortinas, etc.)

3) *Transmisión de comandos de voz para el control del movimiento de la silla de ruedas:*

En el **computador de la silla de ruedas** (1b), para controlar el movimiento de esta, se tiene otro **software realizado en Visual Basic** (3a) que se encarga de recibir los comandos emitidos por el usuario a través del **micrófono** alámbrico (1a) y, por medio del puerto serie, manejar un **controlador de motores DC** (3b), el cual es el encargado de controlar dos motores de dicha silla de ruedas eléctrica. De esta manera, dependiendo del accionamiento de uno u otro de estos motores, el usuario puede desplazarse en cualquier dirección: hacia adelante, atrás, a la izquierda, a la derecha, realizar giros con un ángulo determinado, controlar la velocidad de desplazamiento y detenerse.

Adicionalmente, para que el usuario vaya en su silla de ruedas de un punto a otro sin desviarse, se desarrolló un método para linealizar dicho movimiento el cual que se basa en el funcionamiento de una brújula electrónica.

4) *Transmisión de comandos de voz para el manejo de programas del computador:*

Mediante el software de reconocimiento de voz, es posible controlar varios de los programas instalados en el **computador del hogar** (1b) y emplearlos para la generación de documentos de texto, navegar en internet, hacer llamadas telefónicas, etc.

El proyecto ha alcanzado las siguientes características:

- Independencia de terceras personas:

Ya que todo es controlado únicamente mediante comandos de voz, el presente sistema representa una solución para superar

las limitaciones de una persona con discapacidad motriz o movilidad reducida, obteniendo un alto grado de independencia respecto de terceras personas y una probabilidad muy alta de inserción laboral. Consecuentemente, todo esto traerá alivio y soporte para sus familiares o personas que le asisten.

- Versatilidad:

Este sistema está diseñado para que el control manual y el control mediante voz coexistan y sean independientes. De esta manera, cualquier fallo en el sistema controlado mediante voz, no interfiere con el funcionamiento normal.

- Invención e innovación:

Éste proyecto es innovador por las siguientes razones:

- Porque permite realizar todas las tareas dentro del hogar utilizando únicamente comandos de voz.

- Para los dispositivos operados mediante rayos infrarrojos (IR), tal como una TV, se hace el cambio desde protocolo X10 hacia IR por medio de un módulo diseñado y construido en este proyecto, ya que estos aún no han sido desarrollados comercialmente. Los códigos IR correspondientes a un dispositivo IR específico, cualquiera que este sea, son extraídos mediante un procedimiento de visualización en un osciloscopio. De esta manera, una vez extraídos todos los códigos necesarios, ya se puede ejecutar cualquier comando de dicho dispositivo (por ejemplo: encenderlo/apagarlo, subir/bajar su volumen, cambiar de canal, etc.), empleando comandos de voz.

- Si bien en el mercado existen silla de ruedas eléctricas automatizadas (controladas por joysticks), este proyecto es el único capaz de controlar el movimiento de la silla de ruedas eléctrica, únicamente con órdenes verbales del usuario.

- El sistema cuenta con un método para linealizar el movimiento de la silla de ruedas, de forma que el usuario vaya de un punto a otro sin desviarse. El método desarrollado, inexistente en productos asociados con sillas automáticas, se basa en el funcionamiento de una brújula electrónica que permite conocer y mantener la orientación deseada.

- Fiabilidad

Para el reconocimiento de voz, el sistema utiliza un software comercial que requiere un entrenamiento previo y por ello se consigue un nivel muy alto de fiabilidad, incluso en ambientes de ruido considerable.

- Facilidad de implementación y economía

Ya que los comandos de voz emitidos por el usuario viajan a través de la red eléctrica preexistente en la casa, no se requiere ninguna instalación adicional de cableado y por tanto su implementación se reduce a la instalación de software y a la conexión de equipos de tecnología X10 cuyo costo es reducido y al ser equipos comerciales se minimiza cualquier posibilidad de falla, situación común en el diseño e implementación de hardware propio. Se estima que para una casa de familia de cuatro integrantes, la inversión es de: \$3000 desglosados de la siguiente manera: Silla de ruedas (\$1000), controlador de motores (\$400), 2 computadoras (\$1000), módulos X10 (\$600). En el siguiente enlace se muestra un video del proyecto: <https://www.youtube.com/watch?v=bcfBYBXYMWM>

B. Discusión

- Este proyecto es único en el mundo por las siguientes razones:

- Está orientado a mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad motriz o movilidad reducida.
- Se ha investigado en internet y no existe otro proyecto similar.

- El diseño de este sistema basa su funcionamiento en métodos que son inexistentes en el mercado y son: método para linealizar el movimiento de la silla, el método para convertir la señal X-10 a IR y el sistema se controlada mediante la voz.

- Este sistema está diseñado para que el control manual y el control mediante comandos de voz coexistan y sean independientes. De esta manera, cualquier fallo en el sistema controlado mediante voz, no interfiere con el funcionamiento normal.

- Para el reconocimiento de voz se emplea un software que utiliza métodos sofisticados para dicho reconocimiento. Este requiere de un entrenamiento sencillo, luego del cual el reconocimiento de voz es excelente.

- El sistema garantiza facilidad de instalación y eliminación de cableado ya que se realiza la transmisión de las señales de control a través de la red eléctrica ya existente, adaptándose a los requerimientos de cualquier vivienda.

- El sistema, al estar basado en tecnología comercial X10 que cumple con varios estándares internacionales, reduce al mínimo cualquier posibilidad de falla, situación común en el diseño e implementación de hardware propio.

V. CONCLUSIÓN

- El proyecto desarrollado es una alternativa tecnológica para mejorar la calidad de vida de personas discapacitadas ya que por medio de comandos de voz el usuario puede realizar actividades cotidianas en su hogar y manejar el computador.

- Al utilizar un reconocimiento de voz por software se incrementa la precisión y efectividad en el desempeño de esta tarea, y al ser esta una parte esencial del sistema se garantiza un excelente funcionamiento del control de las cargas. Si bien como debilidad del software es que es unipersonal, a cambio se tienen grandes ventajas como: reconocimiento ilimitado de palabras, corrección de vocabulario, y gran precisión en el reconocimiento.

- Una gran ventaja del sistema es que el usuario no debe estar junto al computador para emitir las órdenes, es decir, puede controlar las cargas desde cualquier lugar de su casa, sin importar los obstáculos (paredes, puertas, etc.) gracias a que el micrófono y audífonos son inalámbricos y cuyo medio de transmisión es por radiofrecuencia.

- Se obtuvo un sistema, que además de ser controlado por la voz, paralelamente tiene control manual, para que además de servir para la persona con discapacidad en los cuatro miembros, sirva también para las demás personas que habitan en la vivienda. El tener el control manual es muy importante ya que de existir cualquier falla en el sistema de control mediante voz, no se pierde la posibilidad de control manual.

- El módulo convertidor de X-10 a IR permite controlar la televisión, equipo de sonido, cortinas y cualquier equipo

manejado por infrarrojo: únicamente se requiere que el microcontrolador lea la trama X-10 y construir y transmitir los comandos infrarrojos.

- Con las pruebas de reconocimiento de voz se determina que el alcance en interiores es de aproximadamente unos 35 metros, dentro de este rango el reconocimiento de voz no presenta ningún problema. Con respecto a la inmunidad al ruido, el reconocimiento no se ve afectado con niveles de ruido altos, teniendo un alto desempeño.

- El sistema ha alcanzado un nivel de producto terminado que será puesto a disposición de las personas con discapacidad motriz y movilidad reducida, tan pronto como se obtengan recursos económicos para implementarlo en forma masiva.

- Las personas que se benefician de este proyecto no solo son personas con discapacidad motriz y movilidad reducida sino también brinda alivio y soporte a sus familiares o personas que le asisten.

- En el siguiente enlace se muestra un video del proyecto:

<https://www.youtube.com/watch?v=bcfBYBYMWM>

VI. REFERENCIAS

- [1] ALHENA Simply Smarth Homes [Webpage]. Disponible: <http://www.alhenaing.com/>.
- [2] DOMENECH, Riera E., LECUMBERRI, Iriarte D. and ZAMORA, López J. Procedimiento y sistema interactivo de control de dispositivos domésticos. ES., WO 2004/084114 A1. (G06F 19/00), 10 Marzo 2004. Appl. 30 Septiembre 2004.
- [3] LEE, Koon S., LIM, Jeong H., KOO, Ja I., KIM, Dae W., and KANG, Sung H. Multipurpose remote controller and method for controlling the same. US. WO 03/001839 A1. (H04Q 9/00), 09 April 2002. Appl. 3 January 2003.
- [4] OH, Eric. ADDY, Kenneth L. and Zakrewski, David S. Building automation systems with voice control. US. EP 2863586 A1. (H04L 12/28), 22 April 2015. Appl. 17 September 2014.
- [5] GRAHAM, Glen S. and MILLER, Michael S. Method and system for voice control enabling device in a service discovery network. US. US006654720B1. (G10L 21/100), 25 November 2003. Appl. 9 May 2000.
- [6] Audix Microphones. RAD – 360 True diversity wireless microphone system (2010). Audix Corporation. Canadá Cabletek Electronics LTD. [Online]. Disponible: http://www.audixusa.com/docs_12/support_pdf/RAD360%20Manual.pdf.
- [7] Powerline Interface – Two Way PSC05 (2008, Mar), X-10 PRO, Tampa FL 33542. [Online]. Disponible: <https://www.iautomate.com/content/psc05.pdf>.
- [8] FLORES, J.; “Diseño e implementación de un Sistema de Automatización para el hogar sobre el Protocolo X-10 PRO y una Interfaz para PC” Proyecto de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Mar. 2007.

VII. BIOGRAFÍA



Robin Álvarez, nació en Cayambe-Ecuador el 12 de febrero de 1964. Realizó sus estudios secundarios en el colegio Nelson Torres de la ciudad de Cayambe. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en 1985. Master en Ingeniería de Telecomunicaciones (Santander-España), PhD. en Ingeniería de Telecomunicaciones (Madrid-España), Postdoctorado en la Universidad de California Berkeley –USA. Actualmente trabaja como profesor principal a tiempo completo en el Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información DETRI de la Escuela Politécnica Nacional.

Áreas de interés: Biomédica y electrónica orientada al desarrollo de prototipos para ayudas a personas con discapacidad, Procesamiento de señales, etc.

(robin.alvarez@epn.edu.ec).



Elizabeth Armas, nació en Quito-Ecuador el 28 de septiembre de 1985. Realizó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa Experimental Manuela Cañizares. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero en Electrónica y Control en 2012. Trabajó 3 años en el diseño, procura y construcción en el área petrolera. Actualmente estudia la Maestría en Mecatrónica y Robótica en la Facultad de Mecánica en la Escuela Politécnica Nacional y desempeña el cargo de Profesor Ocasional 2 en el Departamento de Ciencias Básicas, dicta las materias de Química y Geometría en el curso de Nivelación.

Áreas de interés: Mecatrónica, biomédica y electrónica orientada al desarrollo de prototipos para ayudas a personas con discapacidad. (elizabeth.armas@epn.edu.ec).



Geovanny Romero, nació en Cayambe-Ecuador el 10 de febrero de 1980. Realizó sus estudios secundarios en el colegio Nelson Torres de la ciudad de Cayambe. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Tecnólogo Electromecánico en 2004, Ingeniero en Electrónica y Control en 2010. Experiencia en investigación, ejecución de proyectos industriales, automatización industrial y robótica. Líder eléctrico & instrumentación en el sector alimenticio y petrolero. Actualmente estudia la Maestría en Mecatrónica y Robótica en la Facultad de Mecánica en la Escuela Politécnica Nacional y desempeña el cargo de Profesor Ocasional 2 en el Departamento de Ciencias Básicas, dicta las materia de Matemática en el curso de Nivelación.

Áreas de interés: Proyectos electrónicos, robótica y proyectos de investigación en Electrónica de Potencia.

(geovanny.romero@epn.edu.ec).