



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**DOMÓTICA CONTROLADA POR GESTOS
MIOELÉCTRICOS**

TESIS

Que para obtener el título de

INGENIERO MECATRONICO

P R E S E N T A N

**PEREZ RIVERA ERICK JAIR
XALA ESTRADA ERIK ALFONSO**

DIRECTOR DE TESIS

M.A. LUIS YAIR BAUTISTA BLANCO

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
INTRODUCCION.....	4
CAPÍTULO 1	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.1.1 Domótica	5
1.1.2 Señales mioeléctricas.....	9
1.1.3 Problemática	13
1.3 Objetivo general	14
1.4 Objetos específicos	14
1.5 Alcances.....	14
Capítulo 2	15
Método de diseño	15
2.1 Requerimientos	15
2.2 Necesidades	18
2.3 Especificaciones	18
Capítulo 3	20
Diseño Conceptual.....	20
3.1 Identificación del problema	20
3.2 Propuestas de tecnologías para cada subsistema	24
3.3 Configuraciones.....	32
3.4 Configuración seleccionada.....	36
Capítulo 4	37
Implementación y pruebas de laboratorio	37
4.1 Gestos para cada activación.....	37
4.2 Construcción del dispositivo	38
4.3 Ensamble	47
4.4 Protocolo de pruebas	48
4.5 Pruebas	49
4.6 Discusión de resultados	56
Capítulo 5	57
Escalamiento.....	57
5.1 Adaptación al ambiente final.....	60
5.2 Protocolo de pruebas finales.....	66
5.3 Pruebas finales.....	68
5.4 Método de funcionamiento para el usuario	72
Capítulo 6	73
Conclusiones.....	73
Trabajo a futuro	74

INTRODUCCION

El desarrollo de la automatización en los distintos sectores industriales ha traído grandes ventajas, entre ellas reducir la intervención humana en actividades repetitivas y de alto riesgo. Sin embargo, no solo el sector industrial ha tenido crecimiento, el desarrollo de nuevas tecnologías de comunicación y control ha permitido que la domótica se introduzca en la búsqueda de nuevas herramientas que permitan a los humanos mejorar su calidad de vida. La domótica ha permitido que las personas tengan acceso a los distintos aparatos de su hogar mediante un centro de comunicación con el fin de mejorar la gestión energética y su calidad de vida, esto reduce el trabajo físico y aumenta la seguridad.

La presente tesis muestra el desarrollo de una herramienta para personas que se ubican en un sector específico de la población, las cuales cuentan con una discapacidad motriz inferior. Este proyecto se enfoca en brindar ayuda a los usuarios para interactuar con distintos elementos dentro de sus hogares y así realizar actividades cotidianas que en la mayoría de las ocasiones les es complicado llevarlas a cabo; como es el caso de abrir las puertas, encender las luces cuando el apagador se encuentre lejos, entre otras actividades.

El propósito de este proyecto es tomar bases de la domótica para realizar una integración de sistemas electrónicos y aplicarlos en una vivienda, en la cual se analizará el comportamiento de usuarios con discapacidad motriz inferior al interactuar con dicho sistema. Se busca que el usuario tenga mayor accesibilidad al interactuar con sistemas básicos de su hogar, que realiza en repetidas ocasiones, y le es difícil debido a su situación física.

El proyecto consiste en un accesorio de tipo brazalete que le permita al usuario moverse libremente utilizando tecnología inalámbrica, con el cual pueda controlar distintos sistemas de una casa habitación. Mediante la lectura de señales biológicas este accesorio las interpretará como activaciones para poder controlar distintos sistemas de la casa, los cuales sean de mayor recurrencia por las personas.

Esta idea parte de una situación real que personalmente se vivió y va más allá de dar una comodidad a las personas sino buscar una equidad en el ámbito social con este tipo de personas que día a día se ven involucrados en realizar cambios para mostrar las mismas capacidades que las demás personas, y no solo en el hogar sino en muchas otras situaciones que se viven en el entorno. Buscar una manera de ayudar y promover el cambio utilizando las tecnologías que tenemos en nuestras manos es una tarea sencilla pero que se debe analizar y tomar la iniciativa.

CAPÍTULO 1

1.1 Antecedentes

1.1.1 Domótica

El desarrollo de nuevas tecnologías y telecomunicación han permitido abrir nuevas disciplinas que facilitan el estilo de vida de los seres humanos, lo cual nos hace ver, que lo que algún día vimos en películas de ciencia ficción actualmente se está volviendo una realidad, entre ellas tenemos a la domótica, la cual, la CEDOM (Comité Español de la Domótica) la define como: *“ la automatización y el control de la gestión inteligente de la vivienda, aportando seguridad técnica y de intrusión, ahorro energético, confort y comunicación entre los dispositivos y el usuario final”*. Así pues, una vivienda domótica es un hogar el cual tiene implementado un sistema tecnológico que ofrece bienestar y seguridad al usuario.

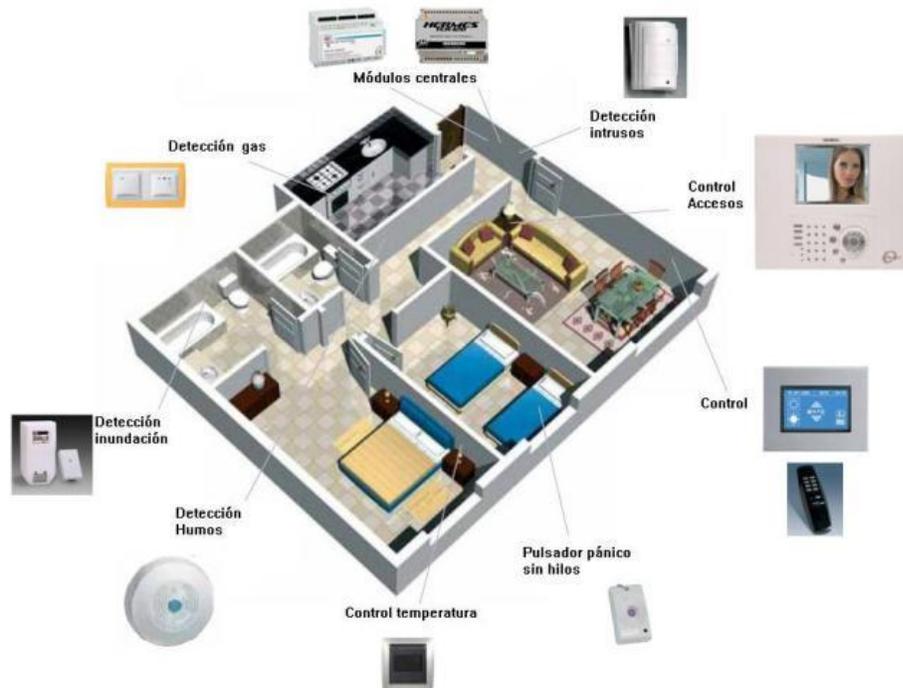


Ilustración 1 Representación gráfica de la domótica [1]

La domótica nace en los inicios de la década de los 70, con los primeros dispositivos de automatización implantados en edificios, dando origen a pruebas piloto. Posteriormente en los 80, se decide implementar estos servicios a un nivel más comercial dando un gran paso, para luego a finales de la misma década comenzar a desarrollarse en casas urbanas. [2] Trayendo consigo beneficios como el ahorro de energía, la comodidad, seguridad, el acceso y comunicación a distintos servicios para cada uno de los distintos usuarios.

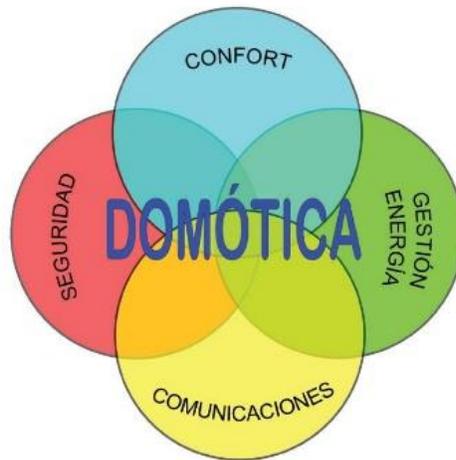


Ilustración 2 Aplicaciones de la domótica [3]

La domótica ha traído consigo grandes ventajas para el desarrollo social, dejando de lado tecnologías básicas que en su tiempo fueron de gran importancia, ya que en su mayoría la domótica ha consumido muchas de éstas para generalizarlas e introducirlas a un sistema en conjunto, dando como resultado una gran variedad de beneficios a los usuarios, entre algunos ejemplos podemos mencionar las redes domésticas, las cuales permitían comunicación entre los usuarios con sus viviendas y edificios y con el paso de los años se comenzaron a introducir nuevas herramientas gracias a la domótica. [3]

Como ya se mencionaba, la domótica trae consigo muchos beneficios y lo más importante es la adaptabilidad para los distintos sectores, ya sean industriales o particulares. Debido a la normatividad que se tiene, el usuario tiene el poder de elegir a su consideración las partes de su casa o negocio que se van a automatizar. Existen organismos que se encargan de certificar y dar validez a los niveles domóticos que se vayan a implementar.

	Nivel básico	Nivel intermedio	Nivel alto
Grado de domotización	Mínimo	Medio	Alto
Suma mínima de puntos	13	30	45
Aplicaciones contempladas	3	3	6

Tabla 1 Tabla de niveles domóticos [3]

Como se observa en la Tabla 1, existe una ponderación para cada nivel de domótica. Mediante una serie de preguntas relacionadas con las características que requiera el usuario, se determina una cantidad de puntos, los cuales, se miden con la tabla 1, y así se puede definir el nivel de automatización del inmueble. [4]

Esta tecnología permite una adaptabilidad más positiva para los usuarios gracias a la facilidad de uso. Muchas actividades que comúnmente hacemos como encender el televisor, abrir las ventanas, abrir puertas, encender la iluminación de las distintas habitaciones; hoy en día es una realidad poder controlar cada una de ellas con un simple mando de control, o alguna interfaz, ya que genera un flexibilidad a la hora de su manejo

Una parte muy importante es el control de comunicación en la domótica, ya que logra mantener comunicado a cada uno de los dispositivos y sistemas con el usuario, ya que con esto se han generado muchas áreas de aplicación.

Aplicaciones domóticas	Gestión de la seguridad	Gestión de la confortabilidad
	<ul style="list-style-type: none"> • Control de intrusión y videovigilancia. • Simulación de presencia. • Control de accesos y de presencia. • Alarmas médicas y técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatización de persianas y toldos. • Control y regulación de: <ul style="list-style-type: none"> – la iluminación. – la climatización. – el riego.

Ilustración 3 Áreas de aplicación en la domótica [4]

Gestión de la energía

- Programación y zonificación de la climatización.
- Regulación de la iluminación.
- Racionalización de cargas.
- Gestión de tarifas.

Gestión de las comunicaciones

- Telecontrol telefónico de los equipos instalados en la vivienda.
- Telecontrol vía Internet.
- Transmisión de alarmas.

Ilustración 4 Áreas de aplicación en la domótica [4]

En el ámbito del hogar, los sistemas domóticos han revolucionado la forma de vivir de muchas personas, sin embargo, como en toda actividad existen cosas positivas debemos aceptar que hay de igual manera puntos negativos, pero en este caso la mayor desventaja por decirlo así, podría ser el costo de estas tecnologías, ya es una tecnología que no está al mismo nivel de demanda que otras, como es el caso de las TIC (Tecnologías de Información) que en los últimos años ha ido creciendo la demanda de usuarios y hoy en día somos más. [5]

Gracias al desarrollo de las TIC, los usuarios de los sistemas domóticos no solo son jóvenes, sino también personas mayores que se han ido introduciendo al manejo de estas tecnologías, ya que gracias a la facilidad de uso han permitido abrir nuevas oportunidades para todo tipo de personas, desde niños, adultos, personas mayores y lo más importante, personas con algún tipo de discapacidad, que como sabemos, en muchas ocasiones no les damos la misma importancia. En cambio, la domótica ha abierto nuevas oportunidades para este sector de la población, diseñando sistemas más adaptables para estas personas.

En general podemos decir que los sistemas domóticos han revolucionado el estilo de vida de la sociedad, y se proyecta en un futuro esta tecnología podrá estar al alcance de todos, tomando iniciativas adecuadas y atacando sectores con mayor prioridad como hospitales, escuelas, museos, entre muchas otras áreas de sector público y privado.

1.1.2 Señales mioeléctricas

En la vida diaria, muchos sistemas de control intuitivo: los teléfonos funcionan con un control por voz, por movimientos táctiles e incluso por gestos que realiza el usuario y no solo los teléfonos sino consolas de videojuego, televisiones, etc. Lo anterior nos hace ver la realidad de que el control por gestos ha permitido nuevas alternativas en varios sistemas. Estos gestos que el cuerpo humano realiza son generados por una señal biológica que se origina en el cuerpo conocida como acción mioeléctrica. Las señales mioeléctricas se encuentran en los músculos, en presencia o ausencia de movimiento.

Las señales mioeléctricas es uno de los esquemas que se ha utilizado en el control. Se basa en el concepto de que siempre que un músculo en el cuerpo se contrae o se flexiona, se produce una pequeña señal eléctrica (EMG) que es creada por la interacción química en el cuerpo. Esta señal es muy pequeña (5 a 20 μV) Un microvoltage es una millonésima parte de un voltio. Para poner esto en perspectiva, foco consume 110 a 120 voltios (V), de forma que esta señal es más pequeña que la electricidad requerida para alimentar una bombilla eléctrica. [6]

A grandes rasgos las funciones realizadas por el cuerpo humano son llevadas a cabo a través de impulsos eléctricos, estos impulsos son el resultado de la acción electroquímica de ciertos tipos de células, las cuales generan la diferencia de potencial mediante partículas ionizadas tales como iones de potasio, calcio, así como la despolarización de membranas celulares [7]. Muchos de estos intercambios potenciales tienen lugar en el cerebro, el cual envía la orden en forma de impulsos eléctricos, los cuales son transportados a otra parte del cuerpo a través de los nervios. La unidad básica del sistema nervioso es la neurona; la neurona es una célula especializada en recibir y transmitir impulsos eléctricos denominados potenciales de acción (Ilustración 6), estas descargas eléctricas viajan a través de la membrana celular y es el principal medio de comunicación entre tejidos y células dentro del cuerpo humano. [7]

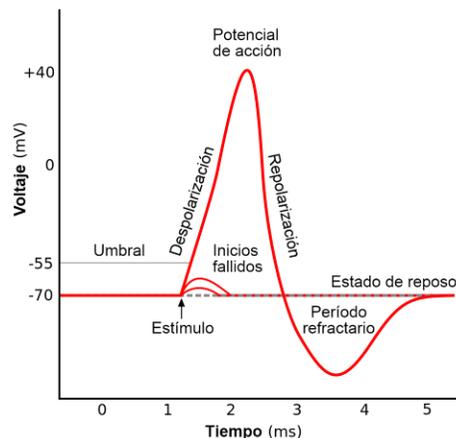


Ilustración 5 Potencial de acción

Existe un tipo de neuronas especializadas que conforman el sistema motor humano, estas neuronas reciben el nombre de motoneuronas; las motoneuronas son las encargadas de mandar y recibir impulsos eléctricos desde la espina dorsal hasta las fibras musculares. [6] En el músculo podemos distinguir dos unidades principalmente, la unidad anatómica y la unidad funcional; la primera es la llamada fibra muscular mientras que la segunda recibe el nombre de unidad motora. La unidad motora (UM) (Ilustración 6) [13] es un grupo de fibras musculares inervado por una sola neurona motora. Realizar un simple movimiento requiere la intervención de muchas neuronas tanto sensoriales como motoras, que trabajando en conjunto logran ejecutar la acción indicada; el funcionamiento es el siguiente: se genera la orden en el cerebro en forma de un impulso eléctrico, este impulso viaja a través de la espina dorsal y llega hasta las motoneuronas responsables de inervar el músculo que realizará la acción estimulando las fibras musculares, produciendo así la expansión o inhibición del músculo.[8]

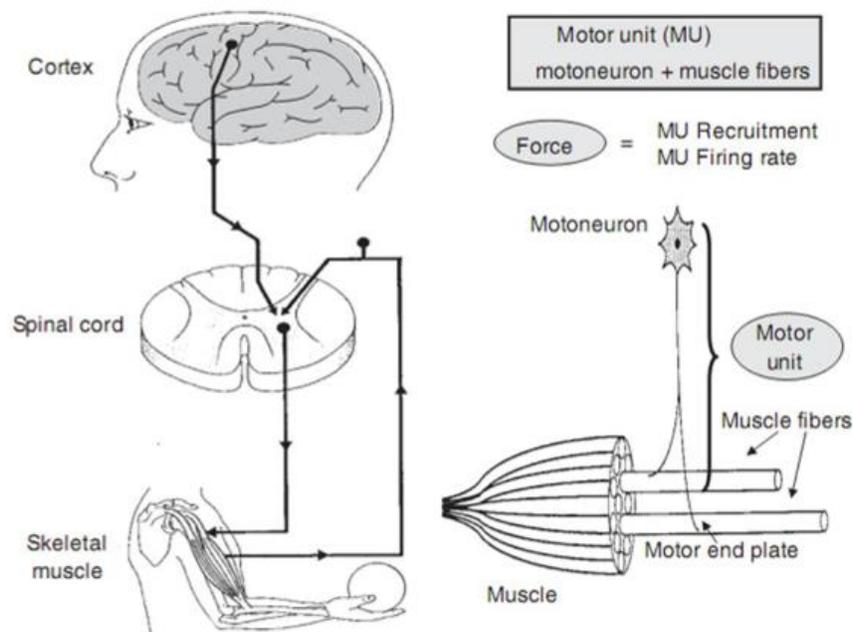


Ilustración 6 Esquema representativo del mecanismo básico de control y de los componentes de la unidad motora [8]

Una manera de poder obtener información del cuerpo humano es la electromiografía. La electromiografía (EMG) es el estudio de potenciales eléctricos generados por los músculos durante el movimiento. Existen dos formas principales de registrar señales electromiográficas; la electromiografía de superficie o no invasiva y la electromiografía invasiva.

La electromiografía superficial es uno de los métodos de monitoreo que se basa en el uso de electrodos superficiales, estos electrodos son colocados directamente sobre la piel del músculo del cual se quiere obtener la información. [13]

El método de captura de señales mioeléctricas debe constar de ciertos pasos, ya que al utilizar el método de la electromiografía superficial corremos el riesgo de no leer una señal limpia, es decir que la señal original se ve afectada por los tejidos entre el músculo y la piel, así como por los elementos de medición. Para poder trabajar correctamente con estas señales, una vez capturada la señal por los electrodos debe amplificarse, así como filtrarse para poder eliminar el ruido adquirido en la lectura.

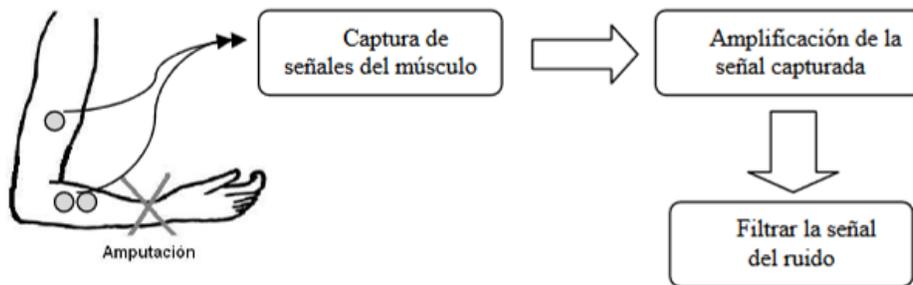


Ilustración 7 Etapas de captura de señales mioeléctricas [12]

Después de todo ese proceso se obtendrá una señal mioeléctrica más pura para poder trabajar con ella.

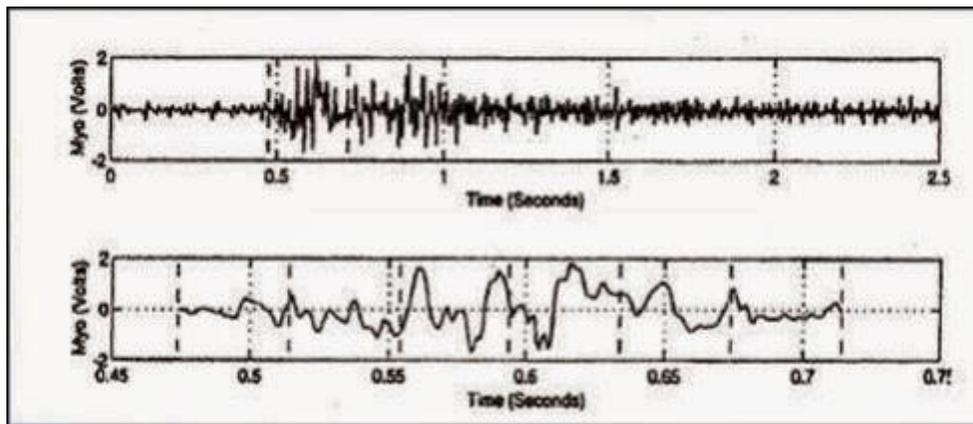


Ilustración 8 Comparación de señales mioeléctricas sin filtrar y filtrada [11]

1.1.3 Discapacidad

En nuestra vida cotidiana nos encontramos con distintas situaciones en las cuales estamos en relación con personas que tienen algún tipo de discapacidad, o como muchas personas denominan “diferentes”, con el tiempo se han creado distintas conductas a este tipo de grupo social, como cederles el asiento en el transporte público, ayudarlos en alguna situación que nosotros creemos no pueden realizarla, o simplemente comunicarnos con ellos de una forma especial. Pero, ¿qué es en realidad lo que estas personas piensan? No todas las personas contamos con las características generales de un ser humano, como el tener ambos brazos o piernas, poder escuchar, ver, hablar o tener el completo control motriz de nuestro cuerpo, pero esto no significa que no puedan tener una vida social y personal normal como cualquier otra persona. Muchas de las personas que tienen características físicas diferentes realizan actividades que en general realizamos, e incluso pueden hacerlas mejor, a lo que debemos ponernos en su lugar y observar detenidamente lo que ellos realmente necesitan.

Se tiene la creencia de que los lugares no están adaptados a las personas con discapacidad, pero en realidad las personas son las que aún no se adaptan a ellos. Se cree que al ayudar a una persona con discapacidad es lo correcto, sin embargo, desde la posición del discapacitado estamos haciendo “lo incorrecto” [13], ya que no comprendemos que debemos tratarlos como personas normales, y saber que ellos también pueden hacer las mismas actividades, el tener una discapacidad no te hace diferente a los demás.

Lo mencionado anteriormente pasa con las personas que tienen accidentes, cuando están en el hospital lo único en que pueden pensar es como van a realizar sus actividades ahora que tienen ese impedimento, y comúnmente comienzan a preocuparse y pensar en los problemas que traerán consigo con las personas que los rodean, y más que verse como los afectados, se ven como una carga para los demás.

En los hogares de las personas les cuesta trabajo adaptarse cuando han tenido un accidente que les crea impedimentos, pero les es más complicado tener una dependencia de otra persona, en ocasiones los familiares se ven en la necesidad de ayudar y apoyar al afectado, sin embargo, para ellos es penoso y tienden a sentirse incómodos, y aunque se contrate a un cuidador ellos creen que no es necesario y pueden realizar todas las actividades. Sin embargo, para algunas de las situaciones que estas personas encuentran en sus casas, como encender las luces, abrir las puertas, las ventanas, entre otras situaciones, es indispensable tener una herramienta que les facilite esa movilidad y les dé una mayor comodidad.

1.1.3 Problemática

Las personas con discapacidad, que nacen con ella o a lo largo de su vida la obtuvieron, ya sea por un accidente o genéticamente, se han visto obligados a realizar cambios considerados en la forma de llevar su vida. Este tipo de situaciones ha creado una problemática social, debido a que no estamos preparados para entender la independencia de las personas con impedimentos físicos.

Se parte desde una situación en la que las personas con discapacidad realizan sus actividades diarias, tomando en cuenta toda acción que realizan en sus hogares. El desarrollo de herramientas que se adaptan a estas personas para hacer más fácil y prácticas sus necesidades, como el conducir para desplazarse de un lugar a otro, para lo cual se desarrolla un sistema que permita dependiendo de las características de la persona poder conducir con facilidad, o en el caso de tomar un baño, un sistema que permita facilitar la actividad, ya sea para abrir la llave de agua o posicionarse en la bañera. Existen distintos métodos que a lo largo de los años han permitido a estas personas adaptarse, sin embargo ¿Qué pasa con actividades aún más sencillas, como abrir una puerta, encender las luces, abrir las ventanas o mantener segura su casa?

La domótica a lo largo de su desarrollado ha permitido crear nuevas alternativas para este sector, y ha facilitado la forma de vida de las personas en sus hogares, sin embargo, los sistemas de control no siempre son dirigidos a sectores específicos, como las personas con impedimentos físicos y por otra parte son sistemas que trabajan en conjunto y algún tipo de falla podría generar un problema aún mayor con el usuario. Lo que nos lleva a una herramienta que permita a este sector de la población poder realizar con mayor seguridad y eficiencia actividades generales dentro de sus casas.

En México el porcentaje de personas con discapacidad es del 5.1% de la población total [14], en el cual se encuentran distintos tipos de actividades con dificultad como son: caminar o moverse, ver, oír, hablar o comunicarse, alteraciones de la conducta, déficit de atención o autocuidado. No todo el sector puede realizar todas las actividades cotidianas de un hogar, pero en su mayoría podrían ser beneficiados por herramientas que faciliten sus acciones, como en el caso de caminar, la necesidad y el trabajo de poder encender la luz o abrir una puerta es bastante complicada, y en muchos casos necesitan de ayuda para poder hacer esta acción, lo mismo tenemos con las personas que perdieron la vista, y personas con impedimentos motrices.

Estas situaciones han permitido realizar una investigación general, para conocer qué tan útil y necesario podría ser un sistema capaz de facilitar el control de zonas específicas, que permitan tener una mayor comodidad y seguridad a este sector de

la población, y generar esa confianza de poder vivir libremente como cualquier otra persona en su hogar. [15]

1.3 Objetivo general

Diseñar, fabricar e instalar un sistema domótico que le permita a una persona con ciertas características físicas controlar, a través de gestos funciones cotidianas dentro de una casa habitación.

1.4 Objetos específicos

- Identificar los elementos de uso cotidiano dentro de la habitación
- Definir el perfil del usuario.
- Identificar las tecnologías que se acoplen al sistema domótico.
- Definir los gestos para las funciones específicas que realizará el usuario dentro del ambiente.
- Implementar las tecnologías elegidas en un ambiente real para el usuario definido.

1.5 Alcances

- Construir un modelo funcional.
- Probar el modelo funcional en situaciones controladas.
- Determinar los parámetros que permitirían migrar el modelo a un escalamiento real.
- Implementar el sistema en el ambiente elegido.
- Hacer pruebas con usuarios que cumplan con el perfil.

Capítulo 2

Método de diseño

2.1 Requerimientos

Para el proyecto se plantearán requerimientos obtenidos a partir del estudio del usuario y de cuáles son las condiciones a las que se enfrenta.

Casi todo el mundo enfrenta dificultades en algún momento debido a accidentes en el trabajo u hogares que les impiden moverse con facilidad, pero es solo en ocasiones y durante el periodo de recuperación, sin embargo, para las personas con discapacidad las barreras pueden ser más frecuentes y tienen mayor impacto. En México son casi 6 000 000 de personas que sufren de alguna discapacidad.

Grupos quinquenales de edad	Total	Hombres	Mujeres
Total	5 739 270	48.9	51.1
0 a 14 años	520 369	58.2	41.8
15 a 29 años	566 587	57.4	42.6
30 a 59 años	1 881 162	50.2	49.8
60 a 84 años	2 336 277	45.3	54.7
85 y más años	431 519	40.9	59.1
No especificado	3 356	53.5	46.5

Ilustración 5 Distribución porcentual de la población con limitación en la actividad según sexo para cada grupo de edad, 2010 [16]

Este sector de la población se puede clasificar en cuatro grupos principales, los cuales son: Discapacidades sensoriales y de la comunicación, discapacidades motrices, discapacidades mentales y discapacidades múltiples [17].

Aunque la sociedad ha desarrollado sistemas que se adaptan a las personas con discapacidad, aun no es tan eficiente como se pretende, ya que existen muchas dificultades para poder ser utilizados. Por otra parte, existen muchos factores que pueden afectar la salud de las personas con discapacidad, debido a la cantidad de cambios que deben realizar para cumplir con las actividades que cotidianamente realizan en su entorno.

Una de las características principales a las que se enfocará el perfil del usuario estará sujeto a personas con una discapacidad motriz, debido a que en México una las dificultades más reportadas dentro de las personas con discapacidad es el caminar, y algunos de los detonantes de esta dificultad son enfermedades (39.4%) y la edad avanzada (23.1%) [18].

Porcentaje de la población con discapacidad según causa de la misma (Año 2010).

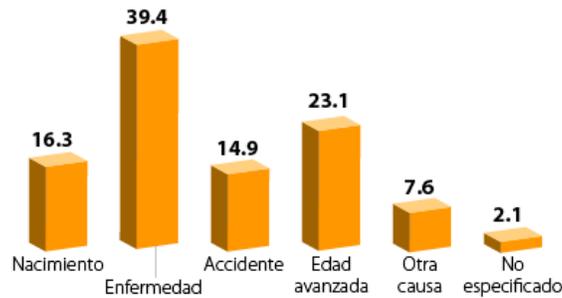


Ilustración 6 Gráfica de porcentaje de población con discapacidad

Personas que están sujetas a alguna discapacidad motriz por alguna enfermedad o alguna condición física sufren un cambio en su vida diaria debido a que hay actividades que les cuesta más trabajo realizar por las condiciones a las que están expuestas en sus hogares ya que carecen de la capacidad de movimiento, algunas de estas actividades son: encender las luces, abrir las puertas, manipular los aparatos domésticos que se encuentran por toda la casa, abrir las ventanas, asegurar la casa entre otras.

Dadas las condiciones anteriores, este tipo de personas deben tener una herramienta para facilitar sus actividades dentro del hogar, por ello se requiere que el sistema que se diseñe promueva que la persona pueda interactuar con los sistemas sin importar sus condiciones, darle la capacidad de que interactúe con ellos a la distancia, permitirle controlar estas actividades sin ponerlas en riesgo y para ello se identifica que para que facilite la interacción de la persona nuevamente con los sistemas del hogar el sistema que se diseñe debe poder ser controlado de forma remota, es decir que sin importar el lugar donde se encuentre dentro de su hogar el usuario debe poder interactuar con los sistemas. Además de poder controlarse de forma remota por las características que tiene el usuario se necesita que el sistema a implementar tenga la ligereza y facilidad suficiente para que el usuario lo pueda utilizar.

Como sabemos cada persona tiene un estilo de vida propio, y esto conlleva a las actividades que puede llegar a realizar día con día, dentro y fuera de su hogar, un estudiante por ejemplo tiene que ir a la escuela y trasladarse de su casa a la escuela y viceversa, además de realizar actividades extracurriculares. Lo mismo pasa con un trabajador, que debe acudir a la oficina o el lugar en el que trabaje dependiendo el oficio, pero en realidad, ¿cuáles es el tiempo que una persona con discapacidad motriz pasa en su casa?, una persona que tiene el impedimento de desplazarse con

facilidad requiere un mayor tiempo y según la encuesta realizada para este proyecto, la mayoría de las personas encuestadas pasan de 6 a 12 horas dentro de su hogar, por lo cual el sistema debe tener un tiempo de operación adecuado a la estancia del usuario, es decir que pueda funcionar mientras el usuario se encuentra dentro del hogar [ver anexo de encuestas].

Por otra parte, hablando de interacción del usuario con el sistema existen varios tipos de controladores que se utilizan actualmente como son: PLC (Controlador Lógico Programable), PC, temporizadores, termostatos, Smartphone o pantallas táctiles [19], pero uno de los que está causando tendencia y que se está convirtiendo en un elemento natural que utilizan las personas son los gestos tecnológicos. Según el estudio realizado por HP y ResearchNow entre más de 6.090 personas nos revela que el reconocimiento de esta nueva ola de gestos relacionados con la tecnología ha evolucionado durante los últimos años y han incorporado en la comunicación diaria gestos y aspectos propios de la interacción con los nuevos dispositivos con pantalla táctil y con tecnología de reconocimiento gestual [20]. Donde queriendo sacar provecho de las nuevas tecnologías y seguir la tendencia de utilizar los gestos se requiere que el sistema sea controlado de esta manera.

Como se desea que la interacción del usuario con los elementos de su hogar no sea una interacción cualquiera, sino que cuente con las características de ser domótico, ya que se desea que tenga un nivel de relación tecnológica, y para que pueda ser considerado domótico debe cumplir con los estándares de la CEDOM y por lo tanto el sistema va a contar con un número mínimo de acciones para poder ser considerado como domótico [21]. Para este proyecto se probará con el nivel más básico de domótica el nivel 1, por ejemplo, contar con sensores de presencia, control de persianas y puertas, gestión energético de iluminación, interfaz de control, fuente de alimentación alternativa, un sistema de seguridad en los puntos de acceso al inmueble que impida el paso y tener un punto de control inalámbrico, por mencionar algunas.

Con base en estos requerimientos se puede pasar a la selección de las necesidades del proyecto a realizar, y así establecer las especificaciones para comenzar el diseño del sistema.

2.2 Necesidades

Para continuar con el método de diseño se procederá a dar un orden de importancia a los elementos con los que va a cumplir el sistema. Por lo tanto, para la realización de este proyecto se identifican las siguientes necesidades:

1. Que el sistema permita el libre movimiento dentro de la casa por lo cual se necesita que sea remoto.
2. Que el sistema pueda ser manipulado por una persona con perfil de falta de motricidad.
3. Que el sistema pueda ser controlado por diferentes gestos.
4. Que el sistema domótico sea de nivel básico, por lo que se requiere únicamente aquellas actividades en las que el usuario necesita mayor esfuerzo, y hace con más cotidianidad.
5. Que el usuario realice actividades básicas dentro de una casa (abrir la puerta, encender luces, cerrar/abrir la cortina, etc.)
6. Que el usuario aparte de realizar las actividades básicas, pueda realizar otras actividades sin que muestren problemas los demás sistemas (ir al baño, doblar ropa, dormir, comer, etc.)
7. Que el sistema sea útil, funcione al menos durante la mitad día.

Con esta lista de necesidades se guiará la correcta definición de las especificaciones finales del diseño del sistema, para así cumplir con los objetivos de dicho trabajo.

2.3 Especificaciones

En este apartado se describirán las métricas que permitan satisfacer las necesidades con base en los requerimientos identificados para el trabajo y que permitirán evaluar el mismo al final de las etapas de diseño.

Se tomarán estas especificaciones como objetivas ya que van de la mano con los objetivos específicos, a continuación, se muestra una tabla que permite identificar la relación entre las especificaciones y las necesidades, utilizando una metodología en la cual se dará la importancia para cada una de las opciones planteadas en las que se manejará una escala de 1 a 5. Tomando como referencia a la escala; 1 representa poca importancia de la especificación para cumplir con las necesidades del usuario, y 5 que representa mucha importancia que satisface adecuadamente con las necesidades. Tomando en cuenta que la importancia se da con respecto al número de necesidades que satisface cada especificación.

Especificación	Número de necesidad asociada	Importancia	Unidades	VALOR
Gestos de activación	1,3	3	Adimensional	1 por sistema
Distancia de operación	1,2,3,5,6	5	Metros[m]	10
Tiempo de operación continua	5,6,7	3	Horas	8
Número de sistemas a controlar	3,4	4	Adimensional	5

Tabla 2 Tabla de especificaciones

Con estas especificaciones el usuario podrá manipular el sistema, y tener una herramienta para facilitar las actividades diarias que realiza en su casa. La importancia de los gestos de activación se debe a que cada gesto debe manipular una función de la casa y esto conlleva a la facilidad de uso.

Por otra parte, si el sistema deberá ser controlado remotamente lo cual permite una mayor movilidad del usuario la cual genera una comodidad para cada actividad que realice, y poder manipularlo desde cualquier punto de su hogar.

El tiempo de operación continua del sistema, tiene una gran importancia debido a que permite al usuario utilizar la herramienta en cualquier momento sin importar el horario, ya que no se requiere utilizar la herramienta continuamente.

El número de sistemas a controlar se planea que sean 5 para poder cumplir con lo que se mencionó anteriormente del estándar domótico de la CEDOM, el cual es el número mínimo de sistemas para poder ser considerado sistema domótico.

Capítulo 3

Diseño Conceptual

Para continuar con el desarrollo del proyecto, se tomarán en cuenta las necesidades y especificaciones para poder plantear el diseño conceptual con la finalidad de realizar descripciones de las posibles tecnologías y procedimientos que se utilizarán para satisfacer los objetivos del trabajo, para que una persona con ciertas características pueda realizar actividades cotidianas dentro de su hogar con mayor facilidad.

3.1 Identificación del problema

El propósito de este trabajo es diseñar un sistema que funcione como herramienta para una persona con discapacidad motriz, a la cual le sea complicado desplazarse dentro de su hogar y así poder realizar actividades específicas, como: abrir la puerta, encender las luces de las distintas habitaciones, poder controlar las persianas y además activar el sistema de seguridad de la casa, utilizando gestos para activar cada función. Para lo anterior se implementará un diagrama de “caja negra” para expresar de forma general en qué consiste el funcionamiento del sistema en la ilustración 11

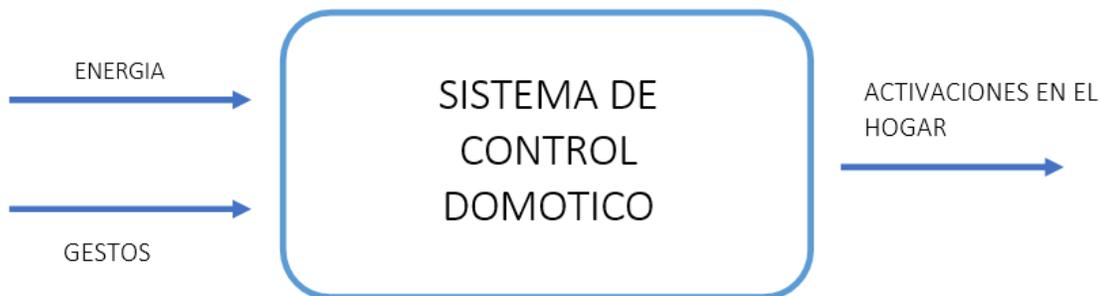


Ilustración 7 diagrama de caja negra del sistema general

El funcionamiento del sistema consiste en llegar a poder activar cada sistema del hogar de forma correcta y para esto se necesita identificar de una serie de gestos que puede generar el usuario el correcto para cada activación en el hogar y al igual que la energía que dará alimentación a cada uno de los sistemas y este funcione de manera práctica y segura, es decir como se observa en el diagrama, la caja tiene una entrada la cual hace referencia a una serie de gestos que puede generar el usuario para que posteriormente represente el sistema de control domótico que podrá dar

el funcionamiento a los sistemas o zonas. La caja tiene como función leer la entrada o el gesto que realiza el usuario para poder identificar qué sistema quiere activar.

Habiendo ya presentado la idea general, se realizará un diagrama más específico para detallar las subfunciones en donde se plantee con mayor detalle el funcionamiento al que se quiere llegar. Utilizando una descomposición a detalle con subsistemas, que den a conocer funciones más específicas y fundamentales. Por lo cual se plantea en la ilustración 12 el diagrama de subfunciones

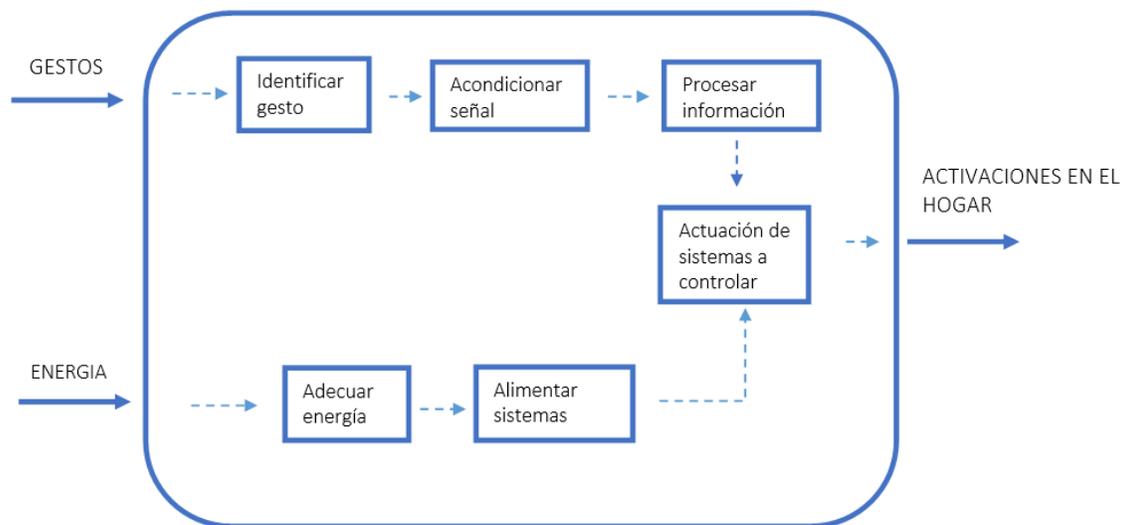


Ilustración 8 Diagrama de subfunciones

Como se observa, el diagrama se divide en 6 cajas más, las cuales representan los subsistemas del proyecto en general. A continuación, se describirá cada uno de esos subsistemas.

- **Identificar gesto:** En este subsistema, su entrada será la lectura del gesto que realiza el usuario para poder hacer el control de los dispositivos, con base en las necesidades, se sabe que el gesto que se leerá tendrá que ser realizado con alguna parte del cuerpo superior del usuario, y la salida de este subsistema será la información del gesto ya identificado para poder así acondicionar la señal.
- **Acondicionamiento de la señal:** En este subsistema su entrada será el gesto ya identificado, el cual se acondicionará para poder ser enviados de forma remota hacia una tecnología en donde se procesará su información, y su salida será la información del gesto acondicionada para enviarla.

- Procesar información: En este subsistema su entrada será la información que se reciba del gesto, al haber identificado el gesto que realizó el usuario se procesará con alguna tecnología donde se sabrá qué hacer con cada uno de los gestos que realice el usuario, y su salida del subsistema será una señal para cada actuador dependiendo del gesto que se detectó.
- Adecuar energía: A lo que se refiere este subsistema es en cuanto a la energía que se encuentra dentro de la casa habitación, con la que se alimentará el proyecto, por lo cual su entrada será la energía con la que cuenta cada habitación y su salida será el voltaje y corriente correcta para que todos los sistemas lleven a cabo su funcionamiento.
- Alimentar sistemas: En este subsistema, la entrada es el voltaje y la corriente para el cual cada sistema lleve a cabo su operación correctamente, y su salida será los sistemas ya alimentados los cuales deben funcionar correctamente sin interrumpirse uno con otro.
- Identificar sistemas: En esta etapa se recibe la información, la cual será procesada para poder determinar qué sistema de la casa se va a controlar, y a su vez dar la indicación para que dicho sistema se active.

Las actuaciones que se encontrarán dentro del hogar serán las siguientes:

- Apertura de puertas
La apertura de puertas es una parte importante debido a que el usuario debe ingresar a las distintas habitaciones de su hogar, por lo que se convierte en una activación con prioridad. El usuario podrá ingresar a la habitación sin la necesidad de interactuar directamente con la puerta, mediante un gesto asignado a dicha actividad. Por medio de un mecanismo activado remotamente se podrá manipular la apertura y cierre de la puerta, sin interrumpir la trayectoria del usuario, y evitar que el usuario genere movimientos alternativos, que impidan un libre movimiento.

- Encendido de luces
Una activación que debe ser controlada remotamente son las luces de las habitaciones, el usuario constantemente requiere manipular remotamente el encendido y apagado de los focos, ya que constantemente puede estar dentro o fuera de la casa y para generar un ahorro de energía es necesario mantenerlas apagadas y solo encenderlas cuando sea necesario, por otra parte una persona con discapacidad genera cierto conflicto al realizar esta actividad debido a su impedimento para desplazarse con mayor rapidez dentro de los distintos lugares, por lo que generar una activación y poderlo controlar mediante un gesto remotamente sería de suma importancia para la aplicación de este proyecto.
- Manipulación de persianas
El uso de persianas es una alternativa para regular la entrada de luz por medio de la ventana. Para una persona con discapacidad da mayor comodidad manipular una persiana que abrir o cerrar las cortinas, sin embargo, la oportunidad de poder abrirlas o cerrar las persianas con un solo gesto disminuye el esfuerzo requerido para estas personas.
- Seguridad
La seguridad personal de la casa de una persona con discapacidad debe ser mayor, ya que queda en desventaja en caso de algún incidente, si alguna persona intentara robar o entrar a la casa sin autorización. Para esto es importante generar una activación, e implementar un sistema de seguridad que permita al usuario impedir el acceso a la casa, ya sea que se encuentre dentro o fuera de ella.

3.2 Propuestas de tecnologías para cada subsistema

Para resolver los subsistemas de **identificar los gestos y acondicionar las señales** se llegó a distintas tecnologías de control de las cuales se tomaron en cuenta distintos dispositivos que sean de fácil acceso y manipulación de los usuarios. A continuación, se mostrarán las opciones más adecuadas, basándonos en los objetivos del proyecto y realizando una comparación se podrá determinar el más adecuado para resolver estos subsistemas.

MindWave

Esta diadema permite al usuario hacer control de las distintas áreas o funciones a implementar mediante señales cerebrales, esto se logra gracias a una tecnología llamada NeuroSky, la cual mide los impulsos mioeléctricos del cerebro y los traduce dándole aplicaciones específicas a cada señal emitida. Este dispositivo puede ser comunicado con un microcontrolador y dar mayor campo de aplicación para funciones especiales como las que se necesitan en cada uno de los casos que se aplicarán en la casa, como abrir una puerta, manipular persianas, etc.



Ilustración 9 usuario portando diadema Mindwave

Características

- La diadema mindwave posee una tecnología capaz de medir el comportamiento cerebral. Detecta primas-ondas cerebrales, los espectros de potencia del EEG (electroencefalografía), meditación, y los algoritmos futuros.
- Comunicación bluetooth 2.0, esta versión de bluetooth permite un alcance de comunicación de hasta 30m en ambientes despejados, debido a que está

diseñado para aplicaciones en las que se requiere una pantalla es necesario estar a una corta distancia para interactuar.

- El tipo de alimentación que requiere este dispositivo son pilas AAA, las cuales le dan un tiempo de trabajo de 8 horas continuas.
- El tipo de control que usa esta diadema es mental, ya que su principal función es ejercitar la mente, mediante meditación y concentración se puede hacer uso de distintas aplicaciones.
- Programación, para la programación cuenta con distintas bibliotecas que se adaptan a distintos lenguajes de programación, como Java, C, Python, entre otros, lo que hace posible la implementación para objetos por medio de microcontroladores.

La medición se realiza mediante un innovador sensor seco que capta y digitaliza las frecuencias de las ondas cerebrales. El sensor se coloca en la frente, concretamente, en la zona que los neurocientíficos denominan FP1 (ciclo formativo de grado medio). Una pequeña pinza colocada en el lóbulo de la oreja sirve como referencia eléctrica neutra para medir con más precisión. El casco se comunica con el ordenador mediante un adaptador inalámbrico USB de forma que los resultados se puedan ver en pantalla. De esta manera es posible obtener una medida inmediata de biofeedback que nos permite medir como nunca antes nuestros niveles de Atención, Relajación y Meditación.

Myo Armband

Este dispositivo permite al usuario hacer el control de distintas aplicaciones utilizando gestos emitidos por el brazo del usuario, ya que mide las señales mioeléctricas que generan los músculos, y los interpreta para poder realizar una comunicación inalámbrica. Este brazalete permite la comunicación con microcontroladores para así poder maximizar su potencial de desarrollo.

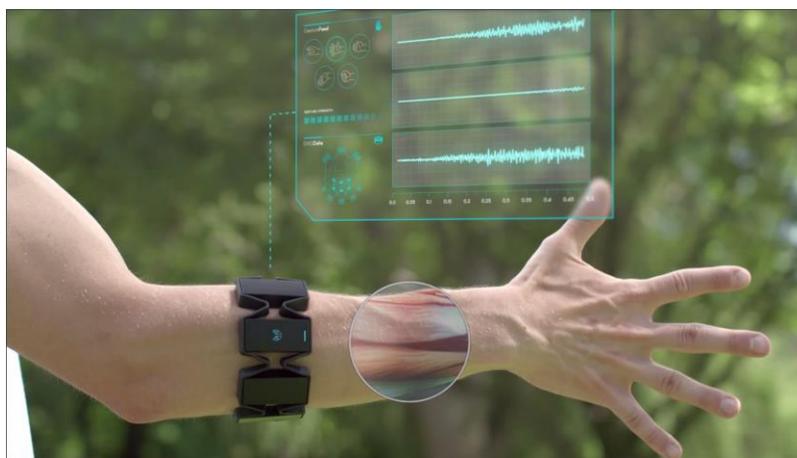


Ilustración 10 Activación de Brazalete MYO

Características

- MYO es un brazalete que funciona captando la actividad eléctrica de nuestros músculos y las traduce en señales que se envían a nuestro ordenador
- La tecnología que emplea el dispositivo abre nuevos campos, debido a sus sistemas de medición de señales mioeléctricas, el acelerómetro con el que cuenta, mejora su precisión.
- Comunicación bluetooth 4.0, este modelo de comunicación permite hasta 100m de alcance para comunicación en un ambiente libre, y mejora la durabilidad de la batería. Además de hacer la interacción inalámbrica.
- Batería: la batería del MYO permite un tiempo de trabajo alrededor de 5 horas constantes. Su conexión micro-USB da una mejor portabilidad y adaptabilidad al momento de recargarlo.
- Control gestual; hace más fácil su uso, debido a que no interfiere con los movimientos cotidianos del usuario, y adapta gestos específicos para su funcionamiento.
- Programación; con base en la programación el brazalete MYO se adapta a múltiples plataformas de programación con microcontroladores, y genera un lazo importante con la programación orientada a objetos, lo que lo hace versátil en muchos aspectos.

Puesto que el brazalete Myo interpreta los impulsos eléctricos generados por los movimientos musculares en el antebrazo, no necesita ni luz ni una cámara para funcionar. Esto, unido a su tamaño relativamente pequeño, puede que facilite su uso en cuartos oscuros o bajo luz solar brillante.

Myo puede diferenciar entre distintos movimientos de dedos y detectar la rotación y el movimiento de la mano mediante la medición de los distintos patrones de impulsos eléctricos que generan los movimientos, y usa un sensor inercial para entender tales movimientos. Al llevar el brazalete, se logra hacer control de distintos dispositivos o aplicaciones. Esta información se envía a un procesador en el brazalete, y un algoritmo la traduce en comandos que se envían a través de Bluetooth de bajo consumo al dispositivo que estás tratando de controlar, como por ejemplo un teléfono inteligente [22].

Como se puede observar son dispositivos de suma ayuda para el control, sin embargo analizaremos los pros y contras de ambos; por una parte tenemos que la diadema permite una comunicación mediante señales cerebrales y el brazaletes por gestos del brazo, ambos son inalámbricos y es un gran punto, sin embargo la diadema no cuenta con un sistema de bloqueo , por lo que el usuario tendrá que

quitársela cuando ya no requiera hacer uso de ella, mientras que el brazalete permite realizar un movimiento de bloqueo y esto le ayuda a continuar con otras actividades sin interferir con los subsistemas.

Para el procesamiento de información que el dispositivo de control genere se requieren implementar otras herramientas electrónicas, que permitan recibir la información emitida por el sistema de control para poder generar el comando necesario para poder controlar cada uno de los dispositivos de la casa, para esto se propondrán algunos microcontroladores.

Intel Edison

Esta microcomputadora permite una gran diversidad de aplicaciones, debido a sus mejoras tecnológicas. Es un dispositivo que permite leer señales de entrada tanto analógica como digital, además de implementar la opción de comunicación vía WiFi, y hacer más eficientes los resultados, la programación es un poco más complicada que los demás microcontroladores en el mercado.



Ilustración 11 Tarjeta electrónica Intel Edison

Características

La tarjeta Intel Edison es una herramienta que permite desarrollar múltiples actividades de aplicación, y está enfocada principalmente al IoT (Internet de las cosas), es uno de los microcontroladores más avanzados, y permite una programación sencilla y versátil. Los lenguajes de programación que soporta son Arduino Sketch y Linux, además que cuenta con un módulo de conexión bluetooth 4.0 el cual mejora el ahorro de batería y la comunicación, también cuenta con conexión Wi-Fi capaz de trabajar a 2 o 5 GHz.

Arduino

La tarjeta de desarrollo Arduino es una opción tecnológica adecuada para el procesamiento de información, debido a su facilidad de programación, y sus características de control, permite trabajar con señales analógicas y digitales, además de lograr una comunicación más eficiente por bluetooth. En cuanto al precio es muy accesible lo que permite una gran adaptación a los requerimientos del proyecto.

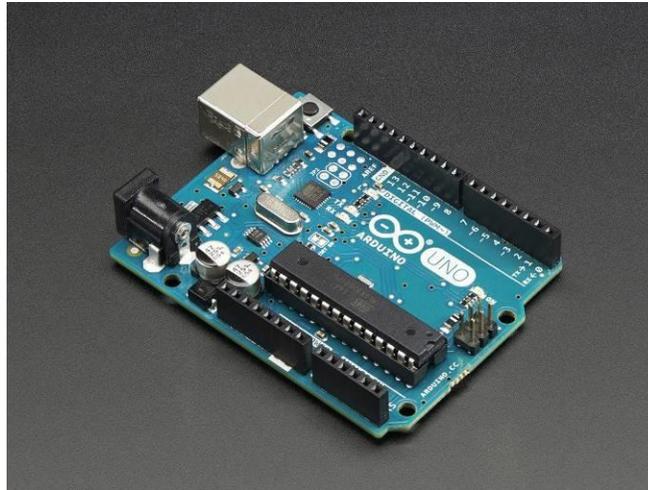


Ilustración 12 Tarjeta de desarrollo Arduino

Características

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el ATmega328P. Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se podrán utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería para empezar.

Arduino Uno trabaja a una tensión de 5v y una corriente de 20mA, con una memoria interna de 32KB de los cuales 0.5 KB son utilizados para el gestor de arranque, lo que permite almacenar una gran cantidad de código.

En cuanto a características físicas tiene unas dimensiones de 69x54 mm, y un peso de 25g. Además, cuenta con un LED indicador, que permite visualizar el estado de funcionamiento de la tarjeta.

El **método de alimentación** es muy importante, por lo cual para el proceso de adecuar la energía se debe buscar una forma de alimentar los distintos sistemas, como se sabe que la energía en ellos no será uniforme, esto quiere decir que unidades de voltaje y amperaje no serán iguales para cada dispositivo, debido a que tenemos actuadores, microcontroladores entre otros dispositivos de distinto consumo energético. Se plantearán opciones para poder analizar sus características.

Fuente de alimentación fija Supply Atx 500w

Las fuentes de alimentación fija de este tipo cuentan con dos entradas de voltaje (90-140 V / 170-264 V) las cuales se seleccionan por un interruptor, y es capaz de dar una potencia de 500 W con 4763 Hz de frecuencia, además tiene distintas salidas de voltaje debido a su configuración electrónica interna; 5, 10, 12 y 24 V, y en el canal de 12 V puede trabajar hasta 22 A. Una de las ventajas de este tipo de fuentes es que pueden trabajar con mayor eficiencia con distintos dispositivos conectados ya que manejan altos rangos de amperaje y su consumo puede ser compensado.



Ilustración 13 Fuente de alimentación fija Supply Atx.

Fuente de voltaje variable

Las fuentes de voltaje variable permiten dar uno o más voltajes de distinta magnitud, y así lograr alimentar sistemas de diferente demanda, esto ayuda a tener un mejor control del consumo energético y más aún se reduce espacio y costo. Solo se requiere buscar la fuente que mejor se adecue a los sistemas que se analizarán posteriormente. Este modelo de fuente da una capacidad de trabajo en regulación de hasta 30 V con un amperaje de 5 A, además cuenta con una capacidad de 110 V de entrada. Las ventajas que tiene es que pueden conectarse distintos dispositivos, y variar el voltaje para adaptarse al funcionamiento, siempre y cuando la demanda de corriente no sobrepase las especificaciones.



Ilustración 14 Fuente de voltaje variable

Y por último para los sistemas a controlar se darán las tecnologías para cada una de las activaciones que se mencionaron anteriormente de las cuales se proponen distintas opciones que permiten una mayor diversidad a la hora de tomar una decisión y hacer una selección más adecuada respecto a cada método.

Apertura de puertas

- Implementar un mecanismo de control directo en el cual se utilice un motor DC a una capacidad de 12 V para así tener una mayor libertad al abrir o cerrar la puerta, utilizando un mecanismo de dos barras conectado directamente a la puerta y generando un acople con el motor, pueda ser fácil el control del mismo. Para esto el motor requiere un control electrónico mediante pulsos que le permita manipular el tiempo de apertura y cierre de la puerta, así como señales que indiquen las posiciones de la misma.
- Otra opción es generar un mecanismo de bandas y utilizar una puerta corrediza, la cual permita una mayor libertad al usuario al ingresar o salir del lugar, este mecanismo debe contener un motor DC de la misma capacidad (12V) para poder mover la puerta, y con ayuda del mecanismo de bandas ajustado a la puerta y a la canaleta de la puerta corrediza, se podrá reducir el esfuerzo realizado por el motor, además de incluir las señales de posición de

la puerta y de igual manera controlar el tiempo de apertura y cierre de la puerta mediante un circuito electrónico.

Encendido de luces

- Para el encendido de los focos de la habitación es necesario implementar un arreglo con relevadores, que permitan hacer un cambio de estado mediante una señal digital, y así hacer más fácil el control de la activación.

Manipulación de persianas

- Para el control de las persianas se puede implementar un mecanismo que se adapte al funcionamiento que contienen las mismas. Tomaremos dos tipos de persianas que cumplan con este funcionamiento, persianas tipo vertical, estas cuentan con distintas paletas las cuales se mueven en conjunto gradualmente con ayuda de un mecanismo integrado, para esta parte un motor DC de 9-12 V se acoplará mediante un eje al sistema de la persiana generando el movimiento automáticamente mediante pulsos. En esta parte la activación requiere dos gestos, uno para controlar la apertura gradual y otro para el control gradual del cierre, esto ayuda a manipular la cantidad de luz que entre a la habitación y hacer más cómodo el control por parte del usuario.
- Para el tipo de persiana horizontal se contará con el mismo principio de funcionamiento que la persiana vertical, con la diferencia que las persianas horizontales se enrollan y generan mayor campo visual al exterior, esto hace más atractiva su aplicación, mediante un motor DC de 9-12V se genera el movimiento a base de pulsos, y utilizando dos gestos, uno para la apertura y el otro para el cierre.

Seguridad

- Para la activación de seguridad será necesario que el usuario mediante un gesto logre activar un sistema de seguridad, este podrá generar un bloqueo para la apertura de puertas, mediante un dispositivo que selle la puerta internamente, un electro imán que funcione a 12V, el cual mediante una señal Digital active un relevador que a su vez permita el paso de corriente para poder sellar la puerta e impedir la apertura. Por otra parte esta activación también le permitirá a usuario manipular otra activación adicional, como abrir la puerta, mover las persianas o encender las luces, ya que por seguridad la casa debe estar resguardada. Adicionalmente se puede agregar un indicador, una sirena, la cual indique que la casa tiene activado el sistema de seguridad.

3.3 Configuraciones

Una vez identificadas las posibles soluciones para cada uno de los subsistemas del problema principal, se plantean diferentes configuraciones para poder generar una solución. Para ellos se organizarán en una forma de tabla para observar cada subsistema con su posible solución. A continuación, se muestra la tabla generada.

Identificar gestos Acondicionar señales	Procesar información	Metodo de alimentación	Actuacion de sistemas a controlar
Mindwave	Intel Edison	Fuente independiente	Motor DC Mecanismo de Barras
MYO Armband	Arduino	Fuente de voltaje variable	Motor DC Mecanismo de Bandas
			Relevadores
			Motor DC Persianas verticales
			Motor DC Persianas horizontales
			Electroiman

Tabla 3 Configuraciones de subsistemas

A continuación, se plantearán un conjunto de configuraciones en las que se considerarán las posibles soluciones que se tienen, una vez teniendo las distintas configuraciones se mencionarán sus ventajas y desventajas para cumplir de manera adecuada la función principal.

CONFIGURACIÓN 1

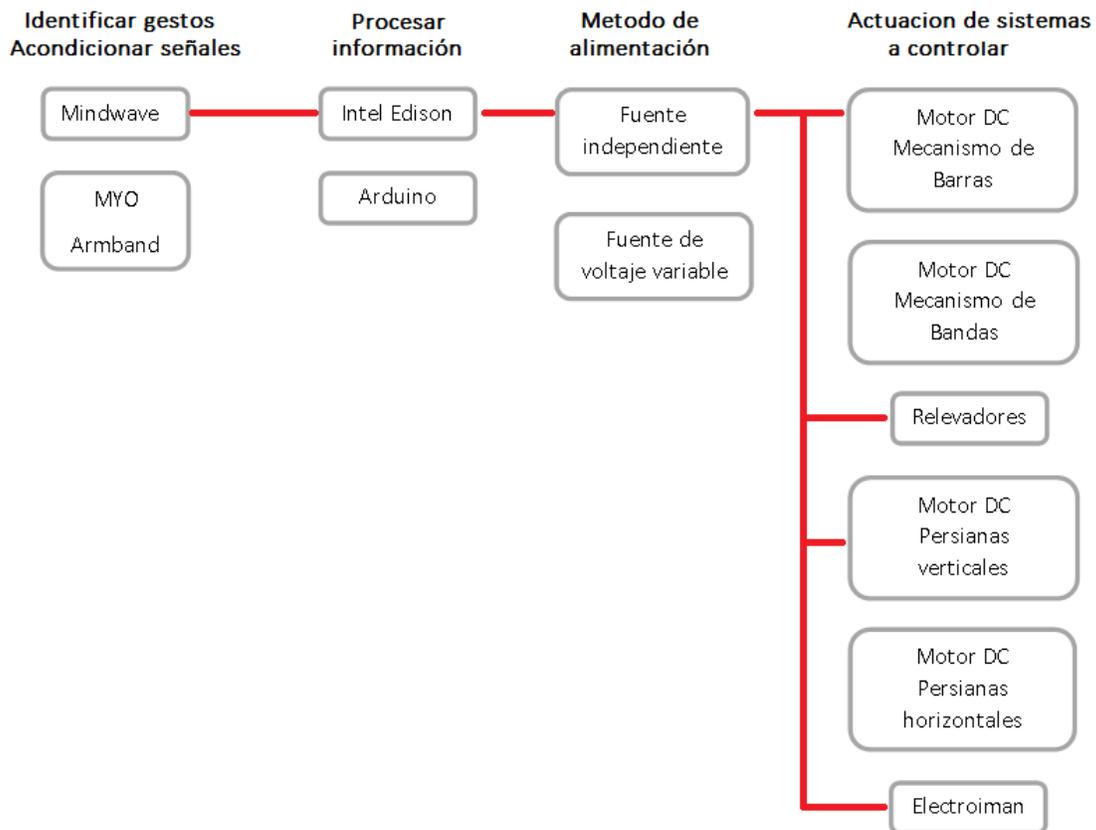


Ilustración 15 Configuración 1

Como se puede observar en esta primera configuración para la parte de Identificar los gestos realizados por el usuario y acondicionar esas señales se optó por el dispositivo mindwave para poder leer los impulsos mioeléctricos del cerebro, donde enviará la señal vía bluetooth y su receptor será la microcomputadora Intel Edison los cuales como se pueden observar en sus características tienen una compatibilidad y cumplen todas las características de funcionamiento, sin embargo la interacción que debe tener el usuario con base en el control es restringida, debido a que la diadema mindwave necesita de un monitoreo constante de las señales en un monitor y debido al tipo de bluetooth que posee no garantiza un buen comportamiento en toda la casa, a lo que no es conveniente aunque la tarjeta Edison se preste a la manipulación. Por otra parte, en cuanto a las actuaciones que se eligieron trabajan perfectamente con la fuente de alimentación fija, ya que todos los dispositivos funcionan al mismo voltaje y la fuente puede trabajar hasta 22A.

CONFIGURACIÓN 2

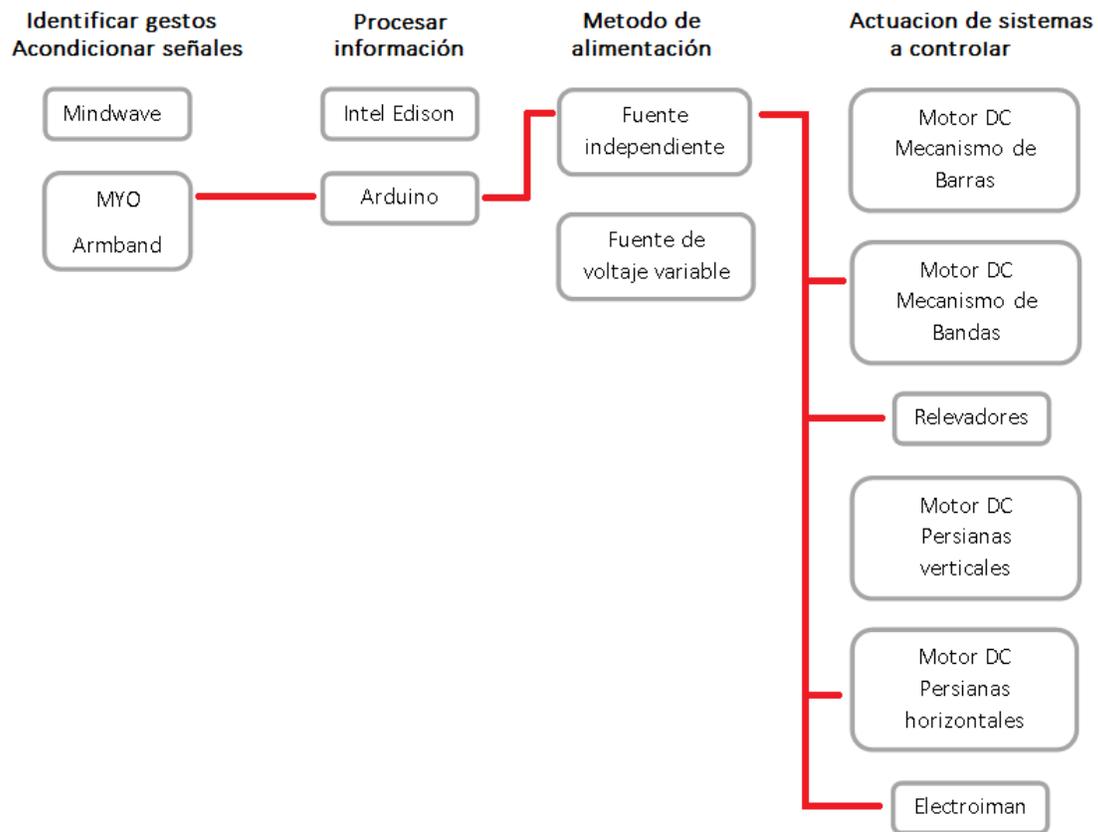


Ilustración 16 Configuración 2

Por otra, parte la configuración 2 propone utilizar el dispositivo MYO Armband como identificador de los gestos del usuario y el cual también acondicionará esas señales enviándolas por bluetooth, pero esta vez a la tarjeta de desarrollo Arduino, y al igual que la configuración anterior estos dos también tienen compatibilidad debido a sus características de bluetooth y de programación. El MYO nos muestra una ventaja mayor debido a que este no necesita un monitor y la comunicación de bluetooth es mayor, el cual nos ofrece una mayor movilidad dentro del hogar, además de que este cuenta con un sistema de bloqueo por lo que para el usuario si quiere realizar una cosa diferente no será necesario quitarse el brazalete, sino solo bloquearlo y continuar con sus actividades. En cuanto a su alimentación la fuente independiente es capaz de alimentar a todos los sistemas incluso al microcontrolador el cual nos asegura un buen funcionamiento sin interferir con los demás subsistemas. Por otra parte, en las actuaciones dentro del hogar se optó por elegir un mecanismo con bandas el cual requerirá de menos fuerza por parte del motor para mover la puerta, y por parte de la elección de las persianas horizontales es debido a su mayor campo visual al exterior, una mayor ventaja de esto es que todos los motores y el electroimán trabajan al mismo voltaje y no generan mucho amperaje.

CONFIGURACIÓN 3

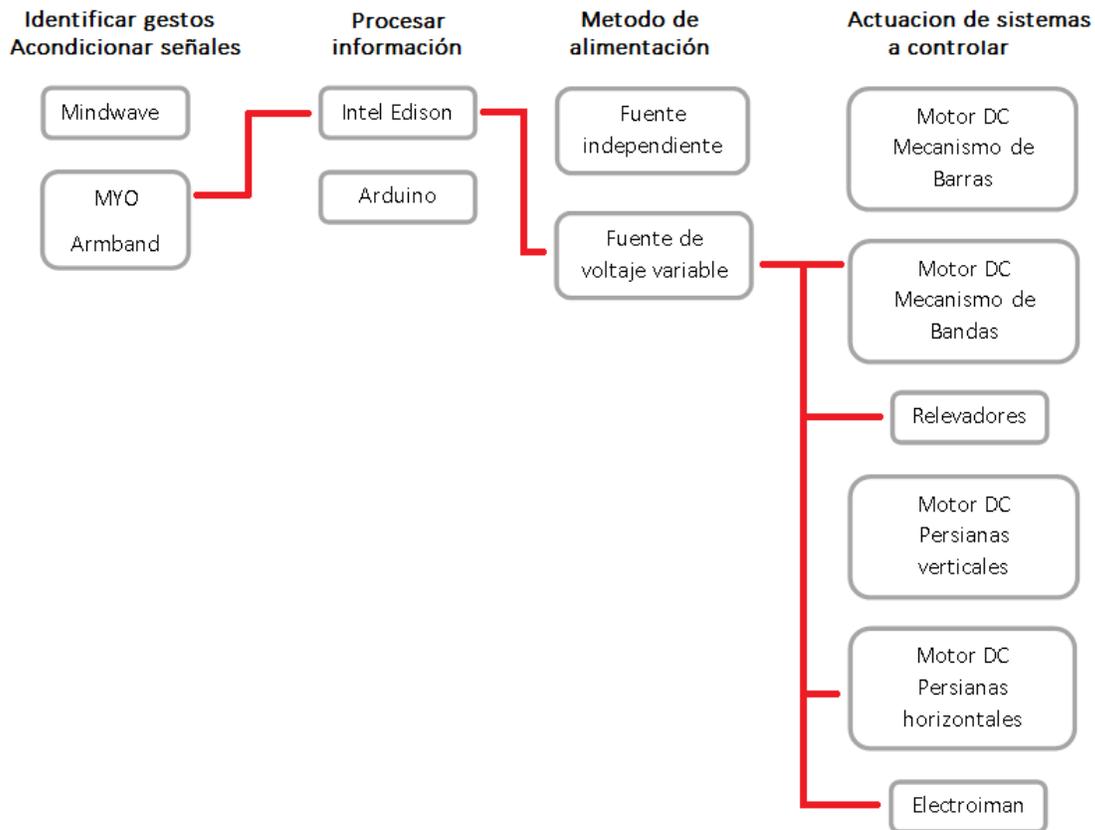


Ilustración 17 Configuración 3

Para la tercera configuración se tiene nuevamente el MYO Armband y el microcontrolador Intel Edison los cuales también son compatibles y su funcionamiento es adecuado, sin embargo la tarjeta Edison posee más características de desarrollo y el aprovechamiento total será escaso en comparación a otro tipo de aplicaciones, por lo que es preferible utilizar esta tarjeta para tecnologías IoT (internet de las cosas) y hacer más eficiente el funcionamiento, a lo que nos orienta a utilizar la tarjeta de desarrollo Arduino.

3.4 Configuración seleccionada

Después de analizar las soluciones encontradas y las posibles configuraciones entre ellas, se elegirá la configuración 2 para cumplir con la función principal que se desea en el diseño y así dar solución al problema dado. A continuación, se muestra el resultado en función de las subfunciones que lo componen.

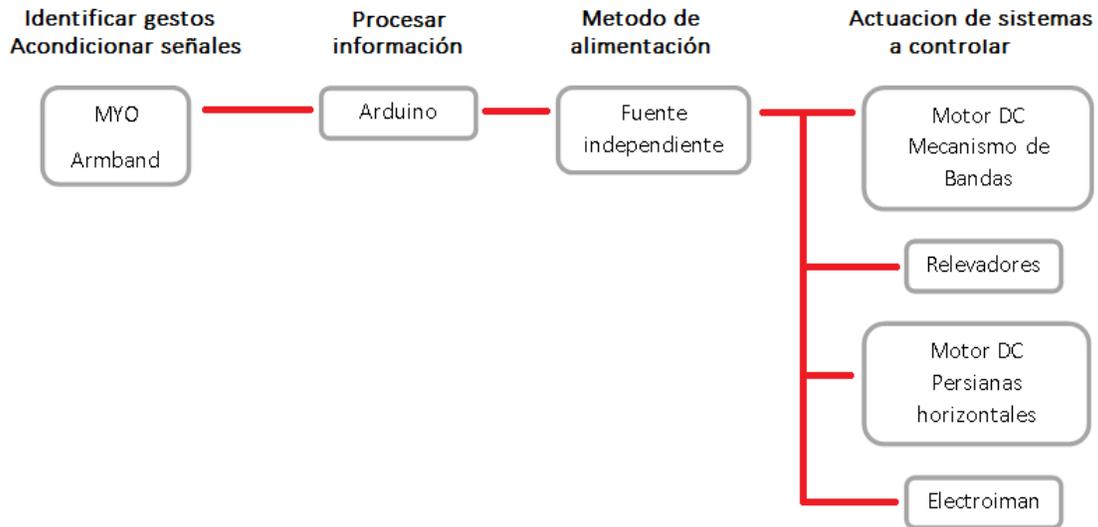


Ilustración 18 Configuración 4

CAPÍTULO 4

Implementación y pruebas de laboratorio

En esta etapa del proyecto se llevará a cabo la construcción de un banco de pruebas en donde se armarán los sistemas que se van a controlar con los gestos medidos por el brazalete, el banco de pruebas será fabricado tomando en cuenta la configuración seleccionada junto con sus tecnologías correspondientes. Con la finalidad de obtener una visualización de las actuaciones del sistema, en donde se vean reflejadas las respuestas de funcionamiento. Con el banco de pruebas se busca implementar el funcionamiento del proyecto en general, mediante sistemas simples en los que se pueda apreciar cómo sería el comportamiento del proyecto implementado en una casa habitación.

4.1 Gestos para cada activación

Para iniciar en esta parte se asignará un gesto por sistema, esto nos dará como resultado 5 activaciones dentro del hogar con las que el usuario podrá interactuar. Se seleccionó como adecuado el dispositivo MYO ya que contiene 5 gestos precargados dando la posibilidad de activación del sistema conforme se necesite.

A continuación, se mencionará cada uno de los gestos que se utilizarán y la activación a la cual serán asignados.

GESTO	ACTIVACION
Puño 	Apertura de puerta
Estirar los dedos 	Encendido/apagado de luces
Mano hacia la izquierda 	Cerrar persiana
Mano hacia la derecha 	Abrir persiana
Doble toque 	Activar seguridad/Bloqueo de sistema

Ilustración 19 representación gestual del Brazalete MYO

Una vez teniendo los gestos proseguimos a la elaboración de cada uno de los sistemas para cada activación.

4.2 Construcción del dispositivo

En esta parte se mostrará la construcción del banco de pruebas en donde se realizarán distintas pruebas para mostrar correctamente el funcionamiento de los dispositivos, los sistemas se mencionarán individualmente y al final se mostrará el ensamble completo.

Este banco de pruebas se enfoca en una sola habitación dentro del hogar y los sistemas trabajarán conforme lo que se había definido en el apartado 3.3. Primero el usuario realiza el gesto de cualquier activación, mediante comunicación bluetooth se envía al sistema de procesamiento, donde la recibe la tarjeta de desarrollo arduino, éste procesa la información y bajo una programación definida envía las señales de activación para los distintos actuadores dentro de la habitación.

A continuación, se describen los distintos sistemas.

- Apertura de puerta

La primera activación de la que se hablará será de la apertura de puerta, como ya se menciona en los requerimientos, el usuario ingresará al hogar y a distintas habitaciones, por lo tanto, no debe interrumpir con la trayectoria del usuario, dejándole un espacio de libre movimiento para poder transitar.

Basándose en las configuraciones del capítulo 3, una vez que el usuario realice el gesto que se seleccionó para esta activación, en este caso cuando el usuario cierre su mano en forma de puño, el brazalete mandará una señal al microcontrolador el cual bajo la programación que tiene mandará tres señales en forma de voltaje, una será del pwm (modulación por ancho de pulsos), con este pwm se podrá regular la velocidad con la se quiere que el motor gire ya que será la velocidad con la que la puerta abra, y las otras dos señales serán los pines de habilitación los cuales son para seleccionar el sentido en el que se requiere que gire el motor, estas tres señales se mandarán a un puente H, en este caso el dispositivo que se utilizará será el módulo con el chip L298N en donde se podrá a controlar el sentido y la velocidad del motor.

Un puente H es un circuito de transistores y diodos que nos permite controlar la polaridad de dos terminales de salida en función de las entradas lógicas, nos ayuda a determinar el sentido de giro del motor gracias a los pines de habilitación que tiene, este módulo cuenta con dos salidas. La salida A está conformada por OUT1 y OUT2 y

la salida B por OUT3 y OUT4. Los pines de habilitación son ENA y ENB respectivamente. Y los pines IN1, IN2, IN3 e IN4 son los pines de control.

Además, el sistema de apertura de puertas contará con 3 sensores, 1 de presencia y 2 de contacto, los de contacto servirán para indicar cuando esté abierta o cerrada la puerta, y el de presencia indicará cuando el usuario haya pasado a la habitación. La idea de los 3 sensores es con el hecho de que la puerta al abrir totalmente se mantenga abierta hasta que el usuario haya pasado totalmente, una vez que suceda eso la puerta comenzará a cerrarse automáticamente hasta regresar a su estado inicial, completamente cerrada, esto como medida de seguridad para evitar que la puerta cierre cuando aún el usuario siga cruzando la puerta.

Para la implementación de los 3 sensores se usarán los siguientes:

- Switch con palanca de lámina
De este tipo se usarán dos unidades, las cuales indicarán la posición de la puerta (abierta o cerrada) mediante el contacto físico con la puerta, con la finalidad de evitar que el motor que mueve el mecanismo continúe funcionando y genere algún error en la activación. Estos pulsadores tienen dos configuraciones, normalmente abierto (NA) y normalmente cerrado (NC), de las cuales se utilizará NA para enviar una señal digital de 5V, estos dispositivos pueden trabajar a 5 A de corriente y hasta 125 V, lo que da gran facilidad para aplicaciones domóticas.



Ilustración 20 Switch con palanca de lámina

- Sensor piroeléctrico pasivo (PIR)

El sensor tipo PIR tiene la función de detectar radiaciones infrarrojas, lo que lo hace óptimo para implementarlo como detector de movimiento ya que todos los cuerpos vivos o no generan radiación. Este tipo de sensores tienen un alcance de 3 a 7 m, y es sumamente utilizado en aplicaciones domóticas. Este sensor cuenta con una placa que contiene un circuito para variar el tiempo entre mediciones, o la sensibilidad de la medición, además de mandar una señal digital (5V), esto facilita su discretización con la tarjeta Arduino, y permite adaptarlo al sistema de la apertura de puerta.



Ilustración 21 Sensor PIR

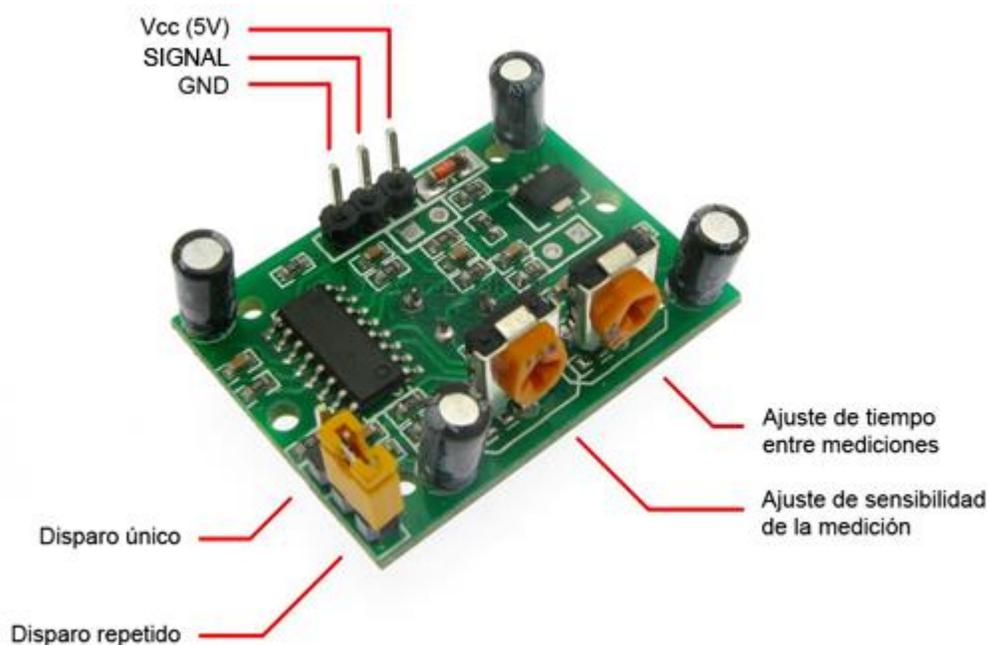


Ilustración 22 Esquema eléctrico físico de un sensor PIR

A continuación, se procederá a realizar la configuración física.

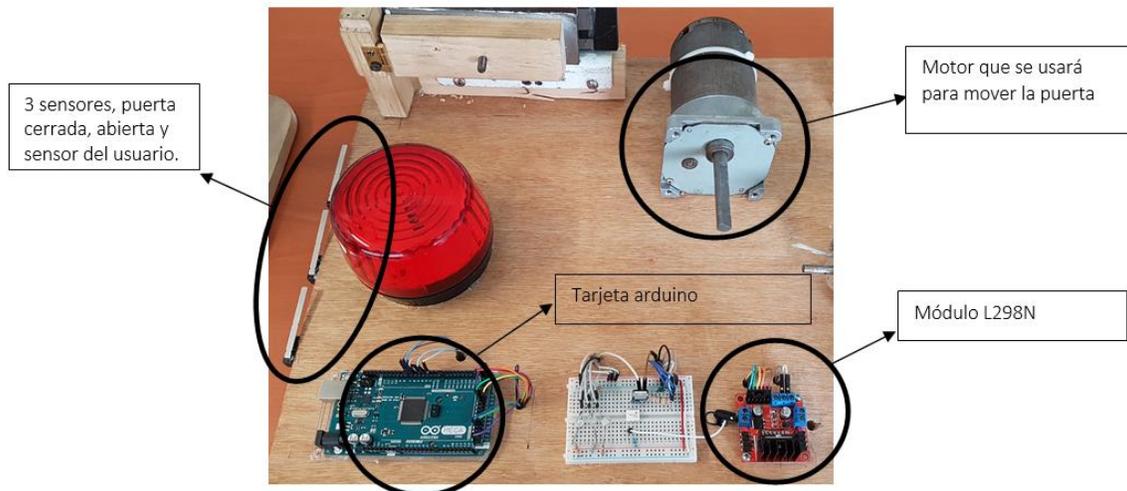


Ilustración 23 Banco de pruebas con subsistemas

En este esquema no se muestra el Sensor PIR debido, a que es un sensor que debe ser situado en una posición estratégica para una medición eficiente, y en el banco de pruebas las distancias son muy cortas.

- Manipulación de persianas

Para el sistema de manipulación de persianas se busca implementar junto con el motor un mecanismo que ayude al movimiento de las persianas para poder regular la luz dentro del hogar, y para esto se utilizará de nuevo el Módulo L298N ya que requerimos que el motor gire en ambos sentidos.

El usuario realizará dos gestos, uno para subir la persiana y otro para bajarla, en donde se asignarán dos movimientos básicos “mano hacia la derecha” y “mano hacia la izquierda” en el cual con los dedos juntos el usuario solo moverá su muñeca hacia la izquierda o derecha dependiendo la decisión que quiera. Estos gestos permitirán subir la persiana o bajarla al momento que sean detectados.

Se implementará el mismo funcionamiento que se utiliza con la apertura de puerta, una vez que haya detectado cualquiera de los dos gestos, la tarjeta arduino detectará la señal enviada por el dispositivo MYO y éste mandará las señales al puente H donde el motor se moverá en algún sentido dependiendo el gesto que se haya realizado.

A continuación, se mostrará la configuración física.

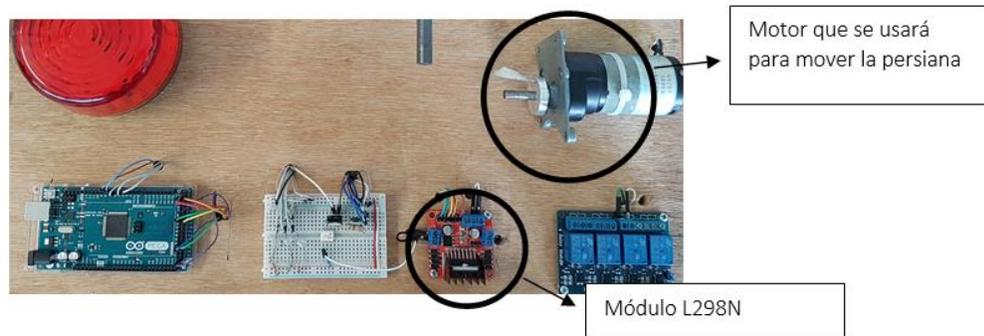


Ilustración 24 Sistema de control de persianas representado

- Iluminación

Para el sistema de iluminación en el cual se busca encender los focos de la casa con un gesto. Se utilizará un módulo de relevadores; estos módulos permiten activar los relevadores con una señal digital, la cual se recibirá por parte del Arduino. Los focos, ya que trabajan a una tensión de 120 AC serán conectados en serie con el contacto normalmente abierto (NA), el común del relevador y la tensión de alimentación, de tal manera que se genere un circuito en donde el contacto NA al ser activado por la bobina del relevador que se energiza con la señal digital cierre el circuito y logre encender el foco.

Para este caso el usuario realizará el gesto "Estirar los dedos" en el cual se abrirá la mano hasta tensarla para poder leer el gesto y generar la activación. Este gesto permitirá activar y desactivar las luces.

A continuación, se mostrará un diagrama con la configuración del relevador para poder encender el foco.

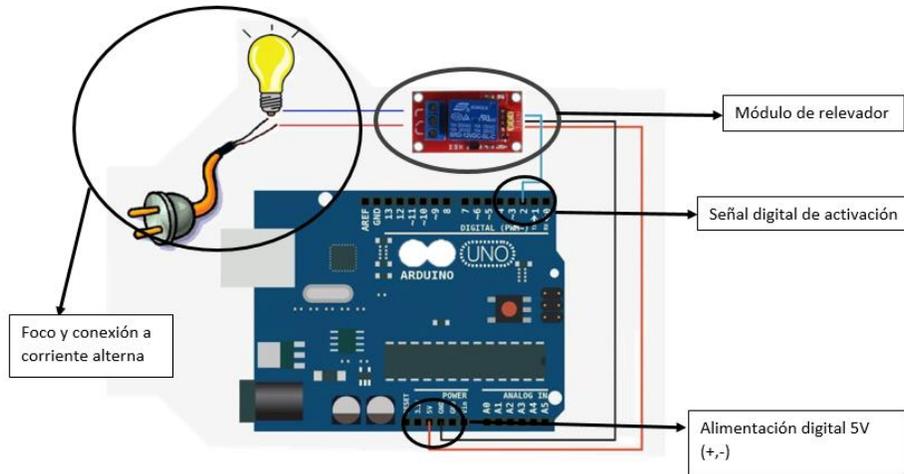


Ilustración 25 Conexión de sistema de iluminación

El módulo de relevador es una tarjeta integrada que facilita su uso, ya que sólo se requiere alimentar la placa con 5V y tiene un Pin el cual recibe la señal digital para generar la activación, del otro lado de la tarjeta encontramos tres pines para conexión, lo que permite manipular dos estado con la misma señal (Normalmente abierto y normalmente cerrado) en los cuales sólo se requiere una conexión en serie sin importar los voltajes que se manejen. Esta placa cuenta con una señal de amplificación lo que permite trabajar con señales de baja corriente.



Ilustración 26 Módulo con relevador unitario

Se procede a realizar una configuración física, y se generarán las pruebas correspondientes.

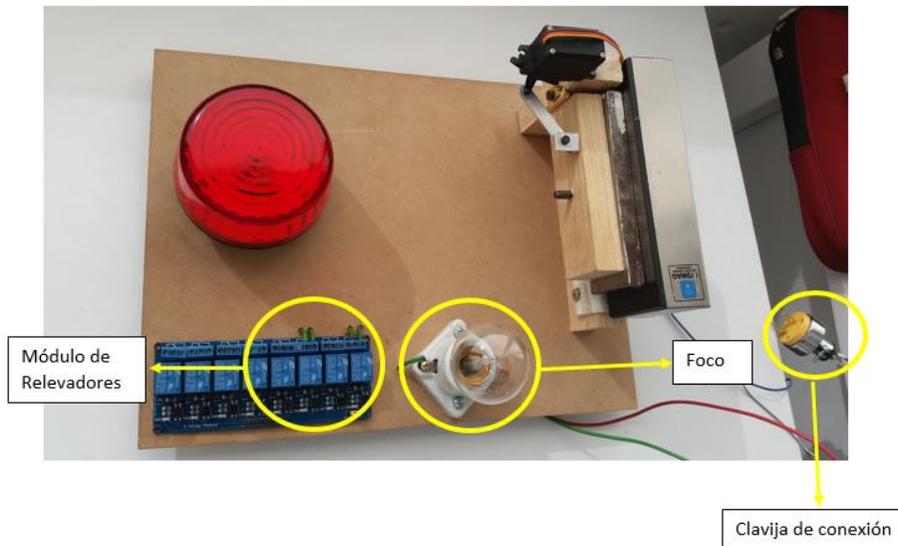


Ilustración 27 Banco de pruebas

Se utiliza un módulo de relevadores del cual solo se aprovecha una unidad para realizar las pruebas correspondientes y verificar el comportamiento del sistema. Por otra parte, se utilizará un foco de 60 W debido a su costo y el tiempo en que se utilizará para las pruebas.

Habitación	Iluminación	Potencia total instalada (W)	Tiempo medio de uso (horas/día)
Salón	- 3 bombillas incandescente de 42W - 2 bombillas de bajo consumo de 10W - 4 focos halógenos de 50W	346W	- Incandescentes 4h/día - Bajo consumo 3 h/día - Halógeno 1 h/día
Cuarto de baño 1	- 6 focos halógenos de 50W	300W	- Halógenos 3h/día
Cuarto de baño 2	- 6 focos halógenos de 50W	300W	- Halógenos 3h/día
4 Dormitorios	- 2 bom. de bajo consumo de 20W y 8 W - 2 halógenos de 50W y 70W - 4 bom. incandes.c. de 60W y 1 de 100W.	488W	- Incandescentes 1 h/día - Bajo consumo 2 h/día - Halógenos 1 h/día
Cocina	- 4 bombillas de bajo consumo de 24 W - 1 bombilla incandescente de 60W	158W	- Incandescente 2h/día - Bajo consumo 5h/día
Terraza	- 1 bombilla incandescente de 60W	60W	- Incandescente 0,5h/día
Pasillos	- 5 halógenos 50W	250W	- Halógenos 4h/día

Tabla 4 Comparativa de tipos de focos [23]

Después de realizar pruebas en conjunto con los demás sistemas se puede observar que la matriz de relevadores genera ruido eléctrico en las interrupciones de la apertura de puerta, y eso impide su correcto funcionamiento. Por esta razón se propone otra solución en la cual se busque separar los relevadores de la parte de iluminación y la parte de seguridad para generar un aislamiento, debido a la diferencia de tensiones que se maneja en la misma matriz de relevadores (AC y DC) migrando a una configuración diferente. Utilizando un circuito diferente con dispositivos electrónicos individuales, en el cual se aplicará una configuración con un MOC 3021 y un TRIAC como se muestra a continuación. Estos dispositivos permiten trabajar con corrientes directas y alternas.

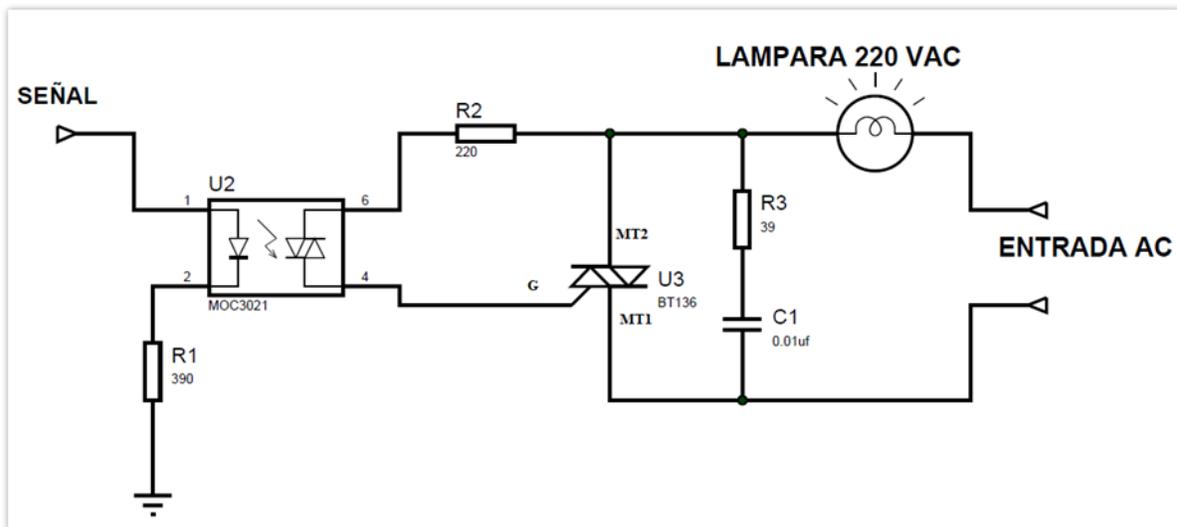


Ilustración 28 Diagrama de conexión MOC 3021

La señal será la misma que se genera con el gesto del brazalete MYO, esto permitirá mantener la programación de dicho sistema. La configuración física de la solución alternativa quedará de la siguiente manera, la cual se armará en una protoboard, y se podrá visualizar el circuito armado.

Después de realizar pruebas se observa que se corrige el error adecuadamente, lo que permite el correcto funcionamiento de las demás activaciones, evitando el ruido generado anteriormente, y hacer totalmente funcional la respuesta del encendido del foco.

A continuación, la imagen de cómo quedaría el sistema en la configuración física.

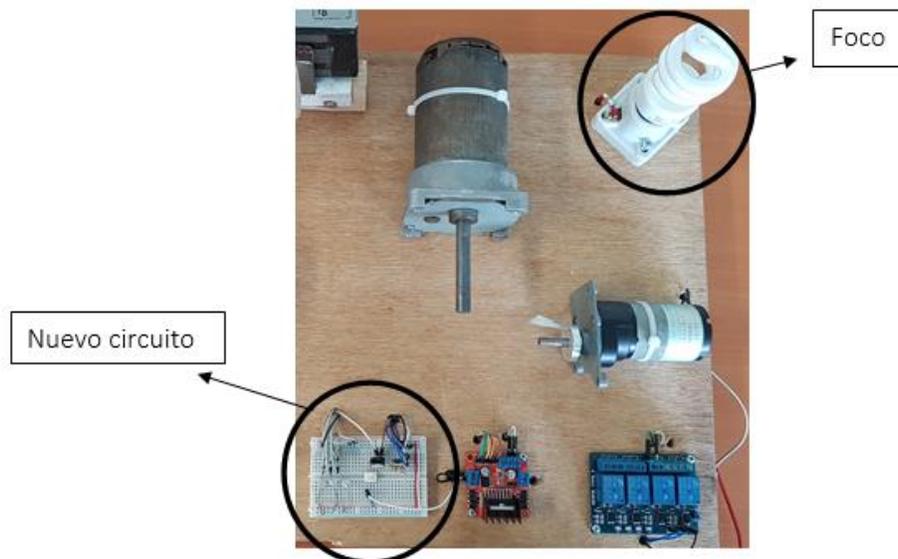


Ilustración 29 Conexión de sistema de iluminación alternativa

- Seguridad

Para el sistema de seguridad se busca implementar un circuito con un dispositivo que permita bloquear el acceso a la habitación, y para esto se usará un electroimán el cual mediante un campo magnético genera un bloqueo de unión, y esto impide que la puerta se abra. Para poder activar este electroimán utilizaremos nuevamente la configuración de relevadores ya que la señal de activación debe ser digital (5 V) y a tensión a la que trabaja el electroimán es de 12 V por lo que es necesario un relevador que permita el trabajo con ambas tensiones. Para poder verificar el funcionamiento adecuado de la activación se propone agregar una luz tipo estrobo como apoyo visual, ésta debe trabajar a la misma tensión que el electroimán (12 V), para poder realizar una conexión en paralelo y así activar ambos con la misma señal. A continuación, se muestra un esquema del funcionamiento del electroimán.

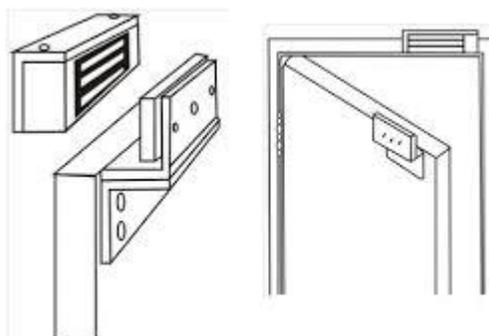


Ilustración 34 Funcionamiento del electroimán

La conexión del relevador es similar a la del foco, la diferencia es que el dispositivo a controlar maneja una tensión de 12 V y está en paralelo con la luz estrobo. La señal de activación puede ser de tipo digital.

Para esta activación el gesto que realizará el usuario será “Doble toque” en el cual se juntarán los dedos medio y pulgar en dos ocasiones, y así el brazalete podrá leer el gesto y traducirlo a la señal. Este gesto permitirá activar y desactivar el sistema de seguridad.

Adicionalmente al funcionamiento de seguridad, el cual activará el electroimán para bloquear el acceso de la puerta, se genera una interrupción en el funcionamiento de las otras actividades, evitando así que lean posibles gestos cuando el usuario esté utilizando su extremidad para cualquier otra función, esto para complementar el objetivo de brindar seguridad al usuario, y evitar que el brazalete mida o interprete gestos sin la intención del usuario.

4.3 Ensamble

A continuación, se mostrará el ensamble de los sistemas para poder formar el banco de pruebas en donde se realizarán las verificaciones del funcionamiento correcto de cada uno de los sistemas juntos.

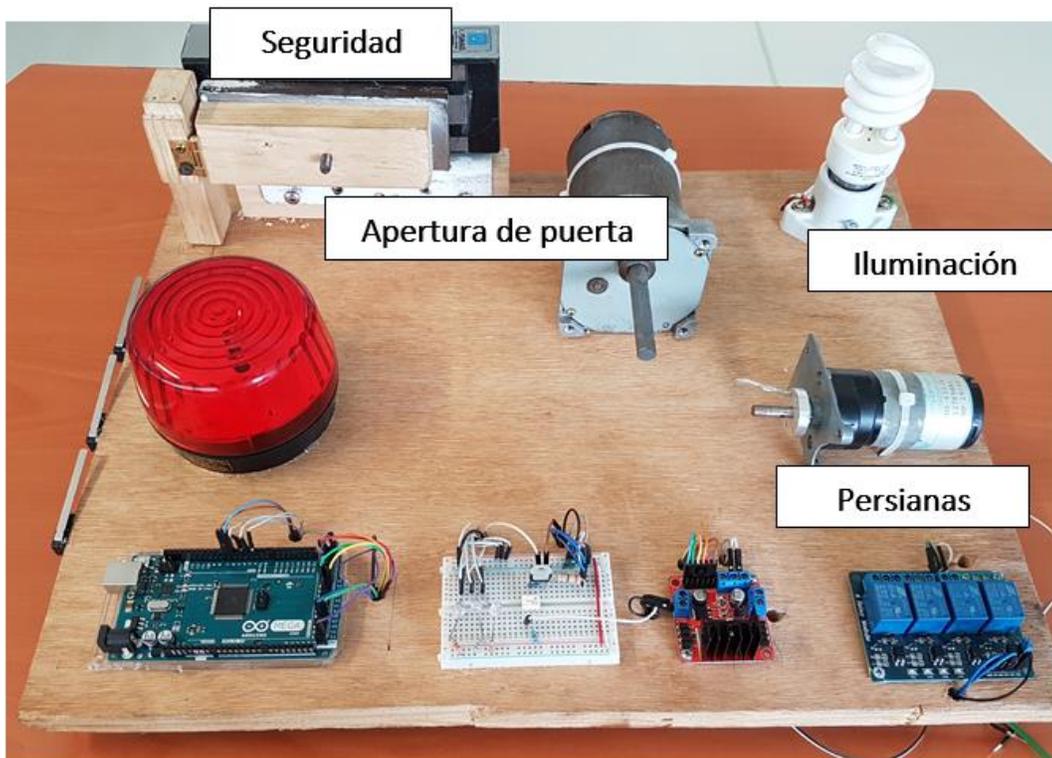


Ilustración 35 ensamble completo del banco de pruebas

4.4 Protocolo de pruebas

Para corroborar que todos los sistemas están operando con la intención que se diseñó, se establecen los siguientes pasos para evaluar:

1. Verificar las conexiones de los elementos. En esta parte se debe revisar cada conexión de los circuitos que se encuentren en la terminal correcta. Cada subsistema debe estar verificado, en la tarjeta del puente H verificar que las direcciones de los motores estén conforme al requerimiento, el pwm de cada motor debe estar conectado a la tarjeta de desarrollo Arduino y en los pines correspondientes. En cuanto a al circuito de la iluminación, verificar que las conexiones en la protoboard sean adecuadas y corroborar que no existan posibles cortos circuitos en la protoboard. En cuanto a la placa de relevadores se debe verificar que su alimentación y señales de activación se encuentren conectadas correspondientemente a cada función, en la parte de la bobina del relevador en las terminales NA (Normalmente Abierta), NC (Normalmente Cerrada), C (Común), corroborar cada conexión. Y por último analizar las conexiones de la Tarjeta Arduino.
2. Energizar el sistema; se debe corroborar que cada subsistema se encuentre energizado a la tensión correspondiente, en este caso los voltajes a manejar son 5 V para la placa Arduino los circuitos que maneja la protoboard, la placa de relevadores y la tarjeta del puente H, en cuanto a la tensión que manejarán los motores es de 12 V, éstas son las únicas tensiones DC que se van a manejar y para la parte de la iluminación se debe verificar que el foco esté conectado a tensión alterna.
3. Una vez energizado verificar que ningún elemento se active; realizar una revisión general de todos los elementos y corroborar que ninguno esté en funcionamiento, en el caso de los motores verificar que no estén en movimiento, para la parte de la iluminación, que el foco no se encuentre encendido, en cuanto al electroimán corroborar que no se encuentre energizado y por lo tanto esté en contacto con la placa metálica.
4. Realizar cada uno de los gestos de activación y dado que aún no se inicia el sistema revisar que ningún elemento se active.

5. Iniciar el sistema; en la interfaz de Arduino se iniciará el programa que permitirá al brazalete MYO comenzar a enviar las señales de los gestos de cada activación, verificar que el programa se ejecute adecuadamente. En caso contrario analizar el estatus del programa, y la conexión USB con la tarjeta de desarrollo Arduino.
6. Comenzar a realizar los gestos uno por uno y verificar que actué el elemento correspondiente sin interferir con los demás (los gestos que se mencionaron en el capítulo 4.1). Hacer un análisis individual de cada activación para así corroborar que no existe interferencia en la lectura de los gestos, debido a que el usuario debe poder manipular un gesto específico según su preferencia. Así como también verificar que el gesto que activa la seguridad genere un bloqueo de los demás gestos, verificar el comportamiento de cada gesto cuando el de seguridad esté activado.

4.5 Pruebas

Con base en los pasos del protocolo se realizan las pruebas del banco para identificar posibles problemas y discutir los resultados posteriormente. A continuación, se describen las pruebas para cada activación:

- Apertura de puerta.

Antes de realizar el gesto que corresponde a esta activación, se presiona el sensor que corresponde a que la puerta está cerrada, para simular la existencia de una puerta y así verificar la activación. Una vez presionado el sensor, se realizó el gesto correspondiente a “puño” y se observó que el motor comenzó a moverse en el sentido que está ligado a la apertura de la puerta.

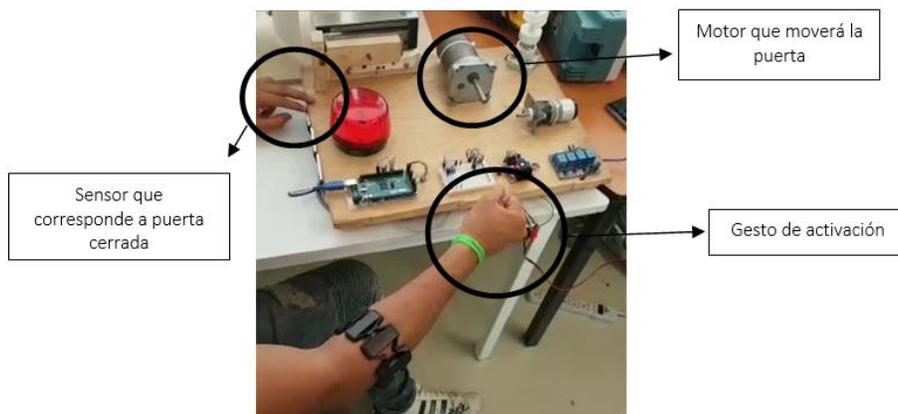


Ilustración 36 Activación de gesto para motor de la puerta

Al momento que comienza el motor a girar el sensor que correspondía a que la puerta está cerrada se deja de presionar dando a entender que la puerta está en movimiento sin presionar los dos sensores, posteriormente se presionó el botón que corresponde a que la puerta está totalmente abierta y el motor dejó de girar, esto significa que es el momento en que el usuario está pasando por la puerta y la puerta se mantiene abierta.



Ilustración 37 El motor está en movimiento y al presionar el sensor de puerta abierta se detiene. Después se presiona el sensor que corresponde a la detección del usuario, es decir que el usuario ya cruzó la puerta y la puerta puede comenzar a cerrar, una vez que se presiona el sensor, el motor comenzó a girar en sentido contrario, representando que es en el cual la puerta se cierra.



Ilustración 30 El motor está detenido, al presionar el sensor que detecta al usuario el motor **comienza a moverse.**

El motor seguía girando hasta llegar al sensor que corresponde a la puerta cerrada en donde el motor se detiene.



Ilustración 39 El motor está en movimiento y al presionar el sensor de puerta cerrada se detiene. El sensor que detecta al usuario también está activado.

En el caso de la activación de la apertura de puerta su función se hizo correctamente y no hubo errores que corregir, lo cual nos indica que podemos continuar con el siguiente gesto.

- Manipulación de persianas

Para esta activación los gestos que se realizaron fueron “mano hacia la derecha” y “mano hacia la izquierda”, en este caso, en el banco de pruebas se utiliza el motor más pequeño.

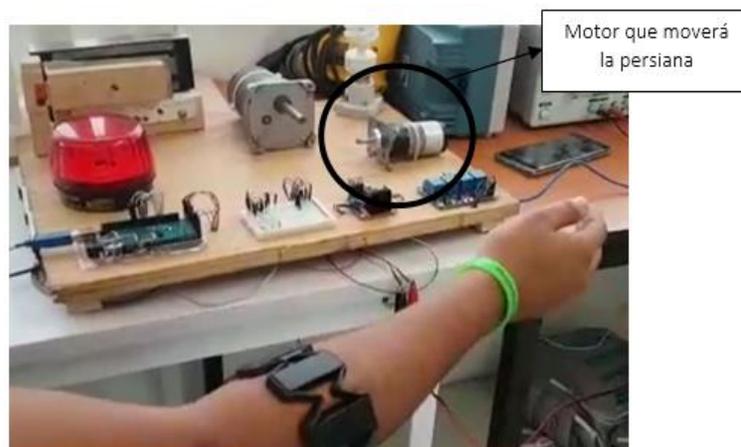


Ilustración 31 El motor está detenido mientras el usuario no realice el gesto

Al mover la mano hacia la derecha el motor comienza a moverse hacia el lado derecho, sentido en el cual se abrirá la persiana, y al dejar de hacer el gesto el motor se detendrá.

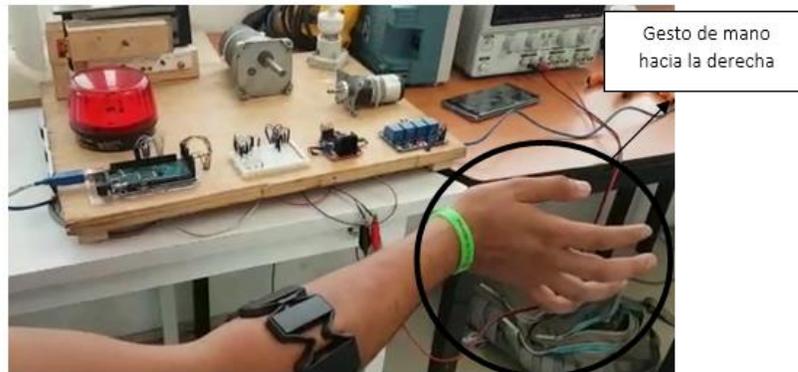


Ilustración 32 El motor gira en sentido hacia la derecha mientras el usuario realice el gesto de mano hacia la derecha

Con el gesto mano hacia la izquierda, el motor comenzará a moverse hacia el sentido izquierdo donde simula que se cierra la persiana. En cualquiera de los dos casos, al dejar de hacer el gesto el motor se detiene.

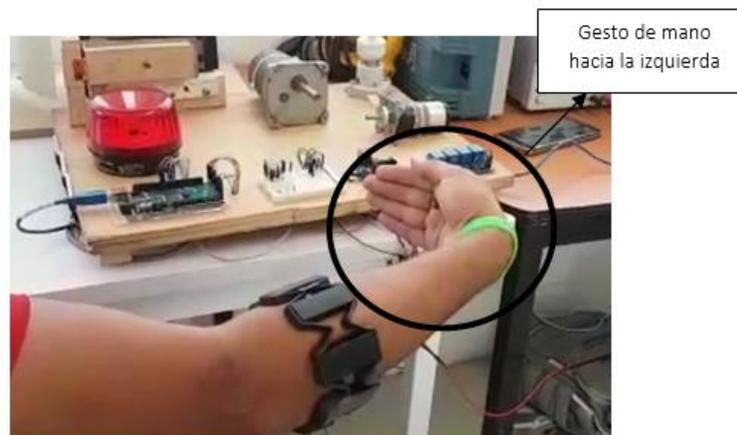


Ilustración 42 El motor gira en sentido hacia la izquierda mientras el usuario realice el gesto de mano hacia la izquierda

- Iluminación

En esta activación el usuario realizará el gesto de “estirar los dedos”, al momento que se realizó este gesto el foco encendió.



Ilustración 43 El usuario realiza el gesto y el foco enciende.

La segunda vez que se hizo este movimiento se apagó el foco.

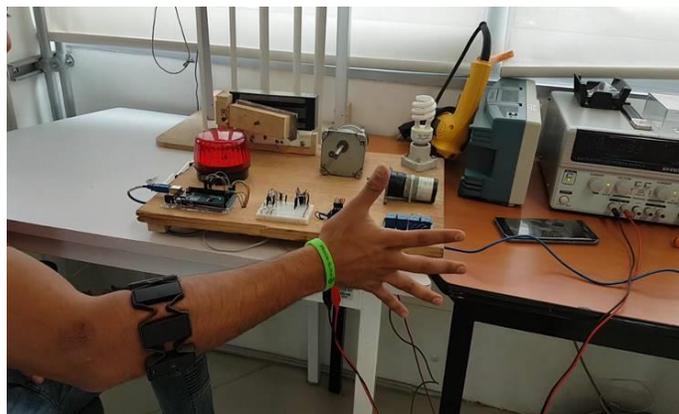


Ilustración 33 El usuario realiza el gesto y el foco se apaga.

Cabe mencionar que, cada vez que se realice el gesto el foco cambiara de estado, es decir que encenderá o apagará según sea el caso.

La primera vez que se probó esta activación generaba ruido eléctrico en la tarjeta Arduino debido a que el relevador que realizaba la activación del foco producía picos de corriente los cuales eran interpretados como señales de activación para los sensores de apertura y cierre de la puerta, pero una vez que se cambió la configuración a la mencionada en el apartado de la construcción del dispositivo, esta activación no tuvo más problemas ni interfería con las otras activaciones.

- Seguridad

Para esta activación el gesto que el usuario realizó es el de “doble toque”, una vez que se realizó se activó el sistema de seguridad, es decir que el electroimán se energizó y no podrá moverse.

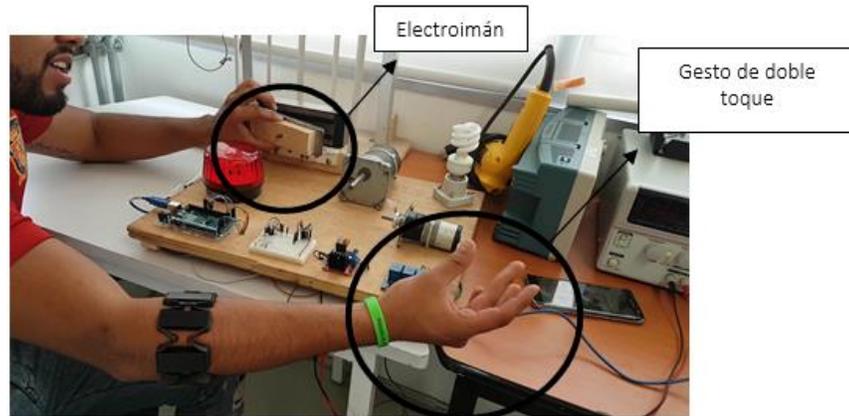


Ilustración 45 Se muestra al usuario intentando separar el electroimán para simular la apertura de la puerta y se comprueba que la activación del gesto es positiva.

De igual forma se activó el sistema de bloqueo, al realizar los otros gestos no se obtuvo ningún efecto y se puede mover el usuario libremente hasta que vuelve a realizar el gesto de “doble toque” el electroimán se desactiva al igual que el sistema de bloqueo y tras lo cual los gestos vuelven a ser reconocidos de forma correcta.

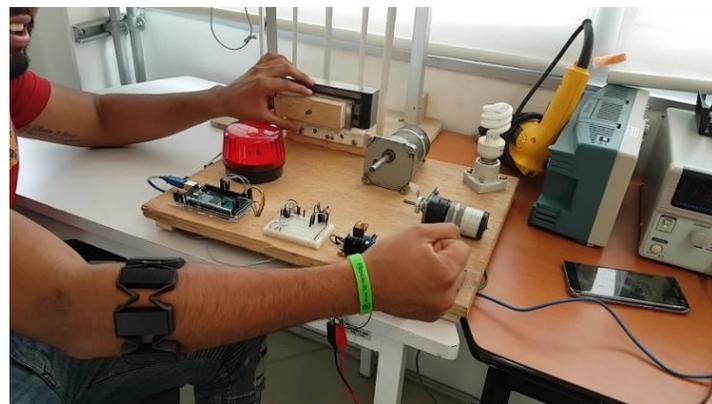


Ilustración 46 Se muestra al usuario realizar el gesto que activa la apertura de la puerta, en el cual no es posible activar el motor que simula la apertura de la puerta, debido a que el gesto de seguridad está activado

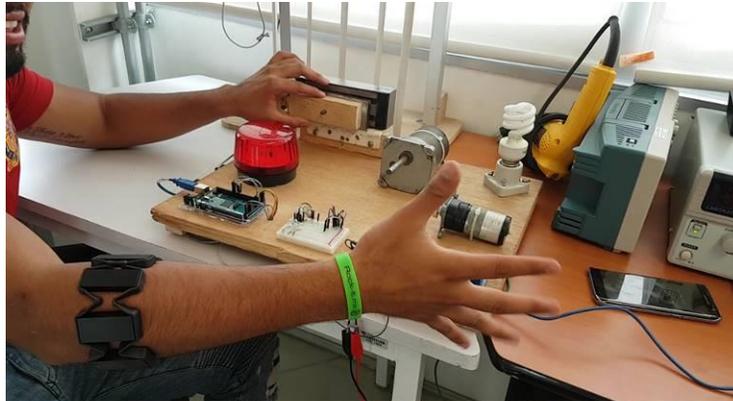


Ilustración 47 De igual forma en la prueba del gesto que enciende el foco, no se logra dicha activación, ya que el gesto de seguridad está activado.

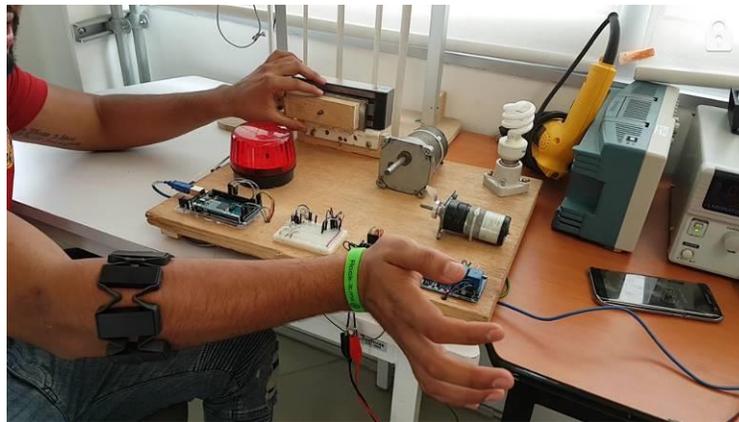


Ilustración 48 Para el último gesto que corresponde a la activación de las persianas, de igual manera la respuesta es negativa, lo que define que el gesto de bloqueo se encuentra funcionando para este caso.

4.6 Discusión de resultados

Se pudo verificar que el banco de pruebas es una simulación física del objetivo de funcionamiento del proyecto, en donde se observa el comportamiento de cada una de las activaciones y sistemas que se realizaron. Estas pruebas a escala permiten aproximarnos a la implementación final, ya que se trabaja con las tensiones y corrientes que habría en una casa habitación. En cuanto a la detección de fallas, se observó un conflicto el cual era que existía un ruido eléctrico, donde entraba en conflicto la programación y activación de distintos sistemas, se logró corregir al cambiar de configuración para la activación encender la luz, con lo cual el ruido desapareció y el sistema trabajó correctamente. El funcionamiento de los sistemas conforme a lo que se había diseñado, es satisfactorio permitiéndonos migrar estas pruebas a un ambiente real, para revisar los posibles ajustes del sistema en el ambiente final del trabajo.

CAPÍTULO 5

Escalamiento

Después de haber verificado el funcionamiento del banco de pruebas se realizará una migración a un cuarto real, en el cual se generen los distintos sistemas para cada activación, y se tome como base el funcionamiento del banco de pruebas para hacer las adecuaciones necesarias.

Como primera parte se realizará una instalación básica de cada sistema: foco, persiana, puerta y sistema de seguridad. En esta instalación se pretende analizar el funcionamiento real en una sola área, en este caso un cuarto, debido a las restricciones de presupuesto y el análisis de pruebas. El realizar un escalamiento del banco de pruebas permite adaptar los elementos completos de cada sistema, y así realizar una comparación con los resultados obtenidos anteriormente.

Al realizar las pruebas en el escalamiento también se podrán analizar las distancias de referencia a cada activación, esto debido a que el usuario no estará establecido en una posición única, contrario a como se realizaron las pruebas en el banco. Ése es el objetivo del escalamiento y a continuación se procederá a realizar de manera individual el diseño e implementación de cada subsistema.

- Apertura de puerta

Para esta activación, se utilizará el mismo motor que se usó en la aplicación del banco de pruebas, pero para el escalamiento se le añadirá, como se había mencionado en el capítulo 3.4, un mecanismo de bandas el cual se adaptará a una puerta corrediza ya que permite al usuario el acceso en un espacio más amplio debido a que se descartan las dimensiones del marco, así como también el espacio que ocupa una puerta con bisagra al estar abierta. La manipulación de abrir y cerrar la puerta automáticamente con este motor. La idea que se tiene es agregar el mecanismo de bandas junto con dos poleas, las cuales cada una estará en los extremos del riel donde recorrerá la puerta, una unida al motor y la otra a una chumacera, y la banda que estará con las poleas estará unida a la puerta, así cuando el motor comience a moverse la banda se moverá junto con la puerta.

A continuación, se mostrará un ejemplo de la puerta corrediza que se puede utilizar.



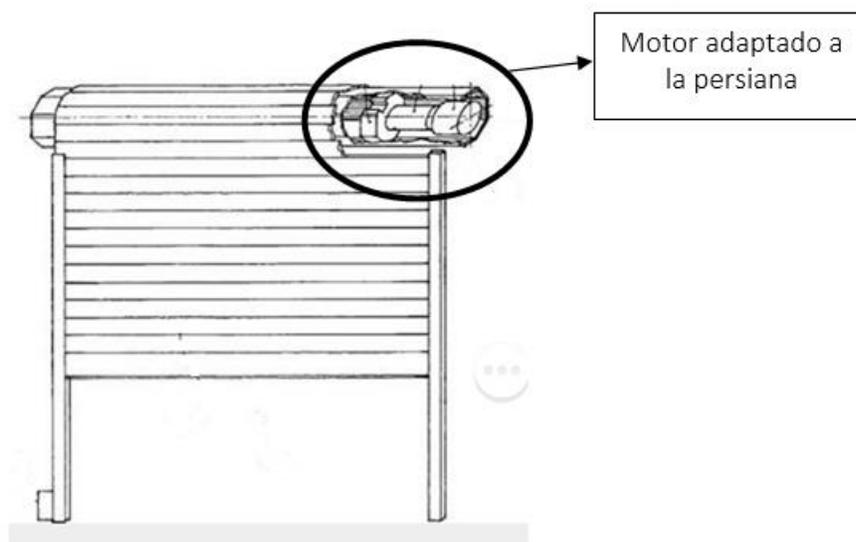
Riel en el cual se adaptara el mecanismo de bandas

Ilustración 49 Puerta corrediza

- Manipulación de persianas.

Para esta activación, al igual que para la apertura de puertas se utilizará el motor con el que se probó la activación de las persianas, pero este motor se adaptará al mecanismo de apertura de la persiana horizontal de tal forma que al girar hacia un sentido se enrolle la persiana y al girar hacia el otro se desenrolle.

A continuación, se mostrará cómo se adaptará el motor a la persiana.



Motor adaptado a la persiana

Ilustración 50 Adaptación de motor a persiana

- Iluminación

Esta activación no requiere mayor adaptación ya que, así como se implementó en el banco de pruebas es como se piensa migrar al escalamiento, no tiene ninguna dificultad de adaptarse a la habitación real y es por eso que se utilizará de la misma forma, adaptado al apagador de la habitación. Se utilizará la forma de escalera para conectarlo y de un lado será el apagador y el otro lado será la señal del sistema.

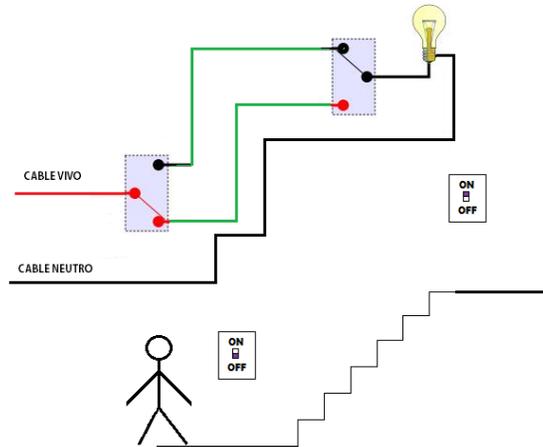


Ilustración 51 Adaptación escalera para la iluminación

- Seguridad

Esta activación se migrará al escalamiento de igual forma como se aplicó en el banco de pruebas, lo único que será diferente es que el electroimán se adaptará a una pared de la habitación y la parte metálica se adaptará a la puerta corrediza, de tal forma que al ser activado la puerta no podrá abrirse. Se adaptará de forma similar a la imagen.

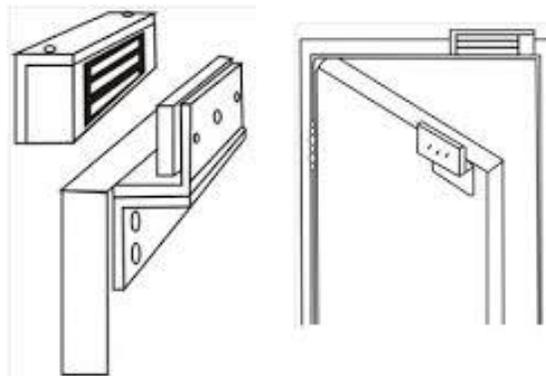


Ilustración 52 Adaptación del electroimán

5.1 Adaptación al ambiente final

En esta parte se mostrará la forma en que se adaptaron en el ambiente final las tecnologías que se utilizaron para las pruebas de laboratorio (capítulo 4), donde se realizarán las pruebas finales y se observará el correcto funcionamiento de los dispositivos, los sistemas se mencionarán individualmente y al final se mostrará el cuarto completo.

Conforme a lo que se había definido en el apartado 3.3 el ambiente final será una sola habitación dentro del hogar y los sistemas trabajarán de igual manera.

- **Apertura de puerta**

Como se había definido en el escalamiento (Capítulo 5) la puerta que se utilizará será una puerta corrediza a la que se le adaptará el mecanismo de bandas, la instalación quedará de la siguiente forma.



Ilustración 53 Adaptación de puerta corrediza

El mecanismo de bandas se adaptó sobre el riel, es decir de un lado del riel se adaptó el motor y sobre el eje del motor se le colocó una polea, del otro lado del riel se colocó una chumacera, y sobre su rodamiento se insertó otro eje en el cual se adaptó la otra polea donde corre la banda, esto quedó de la siguiente manera.



Ilustración 54 motor y chumaceras fijadas al riel

Y por último la banda se fijó a la puerta junto con unas placas con tornillos para que al momento de que la banda se mueva, la puerta lo haga de la misma manera.



Ilustración 55 placas fijadas a la puerta junto con la banda

De acuerdo al capítulo 4.2 en la construcción del banco de pruebas se utilizarán tres sensores (puerta cerrada, puerta abierta, detección del usuario) los cuales se pondrán en sitios específicos para poder realizar bien su función. El primer sensor se instaló de tal forma que al estar cerrada la puerta el sensor quedara presionado. El segundo sensor se colocó de tal forma que al estar la puerta completamente abierta quedara presionado y por último el sensor de detección del usuario se colocó de forma que detecte al usuario en cuanto ya haya pasado la puerta y no tenga ningún riesgo cuando se cierre.



Ilustración 56 Sensor de puerta abierta



Ilustración 57 Sensor de puerta cerrada

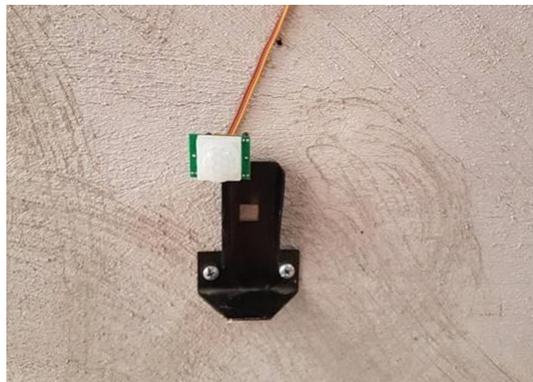


Ilustración 58 Sensor detección de usuario

La ubicación de los sensores es la siguiente.



Ilustración 59 Ubicación de sensores (puerta abierta, puerta cerrada y detección de usuario)

- Manipulación de persianas

Esta parte de manipulación de persianas se hizo de la misma manera en cómo se explicó en la parte de escalamiento, y se acopló un motor a una persiana que se enrolla y desenrolla, es decir una persiana horizontal. El motor se adaptó gracias a un acoplamiento sobre el eje que será adaptado a la persiana quedando de la forma que se muestra en la Ilustración 63.



Ilustración 60 Motor acoplado a persiana

- Iluminación

Esta activación se migró de la misma forma en que se tenía en el banco de pruebas (Capítulo 4.2) y se adaptó a la iluminación del cuarto, en este caso dos focos.



Ilustración 61 Iluminación

- Seguridad

Para esta activación se adaptó una parte del electro imán a la pared y la otra parte, que es la parte metálica se colocó en la puerta, de tal manera que en cuanto la puerta esté cerrada las dos partes se junten.



Ilustración 62 Electroimán adaptado

Por último, el sistema de energía que alimentará a los motores, la corriente alterna que se utilizará para la iluminación y los circuitos, se colocaron de tal manera que estuvieran cerca y todo el cableado de los motores, el electroimán y sensores se sostuvieron con unas grapas al concreto para evitar que quedaran colgando

5.2 Protocolo de pruebas finales

En este protocolo se explicará la serie de pasos con los cuales el usuario tendrá interacción con el sistema para probar el funcionamiento del escalamiento. Esto permite observar el comportamiento del sistema en un ambiente cotidiano ya que genera una simulación.

1. Verificar las conexiones de los elementos; realizar un análisis de las conexiones de los elementos de cada sistema, para asegurar que no existan irregularidades en el cableado y las configuraciones, se debe apoyar de los esquemas que se realizaron en el banco de pruebas del capítulo 4. Cada subsistema debe contener los elementos que se mencionan en la adaptación del sistema real: en el sistema de apertura de puertas, se deben verificar los interruptores que detectan las posiciones de apertura y cierre de la puerta, así como el sensor de presencia que se instaló en el techo del cuarto. El mecanismo del motor con banda debe estar conectado al puente H. Para el sistema de iluminación, verificar que las conexiones del circuito estén correctamente conectadas, tanto los cables que manejan la corriente alterna, como los del circuito de corriente directa. En el sistema de control de la persiana, el mecanismo que hace girar la persiana debe estar fijo al eje del motor y el motor debe estar conectado al puente H. El sistema de seguridad que bloquea los demás gestos, se debe realizar una revisión en cuanto al contacto que debe tener el electro imán con la placa metálica.
2. Energizar el sistema; se verificará que cada sistema esté energizado mediante las placas electrónicas (Arduino, puente H, placa de relevadores), así como también se verificará que la fuente de voltaje directo tenga activado el ventilador.
3. Una vez energizado verificar que ningún elemento se active; realizar una revisión general de todos los elementos y corroborar que ninguno esté en funcionamiento, en el caso de los motores verificar que no estén en movimiento, para la parte de la iluminación, que el foco no se encuentre encendido, en cuanto al electroimán corroborar que no se encuentre energizado y que esté en contacto con la placa metálica. En el caso de los pulsadores solo debe estar activado el que detecta que la puerta está cerrada debido a que aún no se activa ese gesto.

4. Realizar cada uno de los gestos de activación y dado a que aún no se inicia el sistema revisar que ningún elemento se active.
5. Iniciar el sistema; en la interfaz de Arduino se iniciará el programa que permitirá al brazalete MYO comenzar a enviar las señales de los gestos de cada activación, verificar que el programa se ejecute adecuadamente. En caso contrario analizar el estatus del programa, y la conexión USB con la tarjeta de desarrollo Arduino.
6. Comenzar a realizar los gestos uno por uno y verificar que actúe el elemento correspondiente sin interferir con los demás. Hacer un análisis individual de cada activación para así corroborar que no existe interferencia en la lectura de los gestos, debido a que el usuario debe poder manipular un gesto específico según su preferencia. Así como también verificar que el gesto que activa la seguridad genere un bloqueo de los demás gestos, verificar el comportamiento de cada gesto cuando el de seguridad esté activado. El usuario debe realizar actividades cotidianas que normalmente hace cuando está en la habitación como escribir, leer, tomar distintos objetos, entre otras cosas, esto para poder verificar si el funcionamiento del bloqueo gestual es adecuado.

5.3 Pruebas finales

Con base en el protocolo se inician las pruebas finales para identificar posibles problemas y discutir sus resultados posteriormente. Estas pruebas se hicieron con un usuario que desconociera el uso de este sistema, a este usuario se le explicó cómo es que funcionaba el sistema y los gestos con los cuales funcionaba, y primero se probó el sistema conforme al protocolo, posteriormente, se le dejó al usuario utilizarlo a su gusto. A continuación, se describen las pruebas para cada una de las activaciones:

- **Apertura de puerta**

Para la prueba de esta activación el usuario debe realiza el gesto que corresponde a “puño”, y la puerta debe estar totalmente cerrada. Una vez se realizó el gesto la puerta comenzó a abrirse.



Ilustración 65 Gesto de apertura de puerta



Ilustración 66 Puerta totalmente cerrada

Ya que la puerta abrió totalmente, la puerta se detiene y espera hasta que el usuario haya cruzado, cuando un sensor detecte al usuario, significará que el usuario ya cruzó y por lo tanto que la puerta puede comenzar a cerrarse y regresar a su posición inicial.



Ilustración 67 Puerta totalmente abierta



Ilustración 68 El usuario ya cruzó y la puerta vuelve a su estado inicial

- Manipulación de persianas

Para esta activación los gestos que debe realizar el usuario son “mano a la derecha” y “mano hacia la izquierda”, al realizar la mano hacia la derecha la persiana comenzará a subir.



Ilustración 69 Persiana hacia arriba

Y con el gesto mano hacia la izquierda la persiana comenzará a bajar.

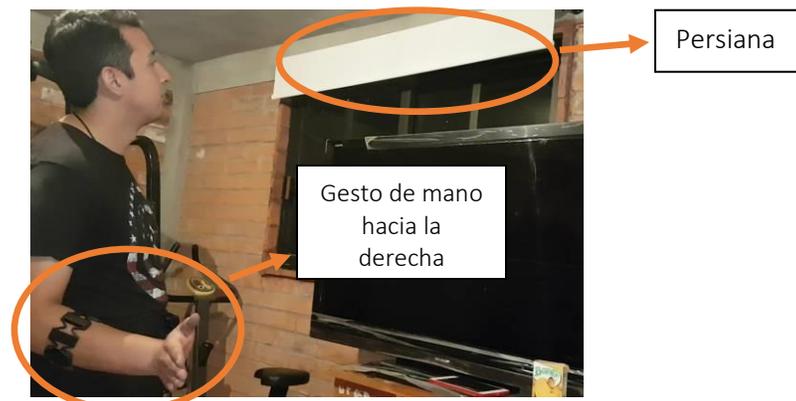


Ilustración 70 Persiana hacia abajo

Y en cualquiera de los dos casos al dejar de hacer el gesto el motor se detendrá.



Ilustración 71 Si no se realiza el gesto la persiana no se mueve

- Iluminación

En esta activación el usuario realizará el gesto de “estirar los dedos”, habiendo identificado tal gesto el foco encenderá.



Ilustración 72 Usuario realizando el gesto con la luz apagada



Ilustración 73 La luz se enciende una vez que realizo el gesto

Al realizar nuevamente el gesto el foco se apagará.



Ilustración 74 Usuario realizando el gesto con la luz encendida

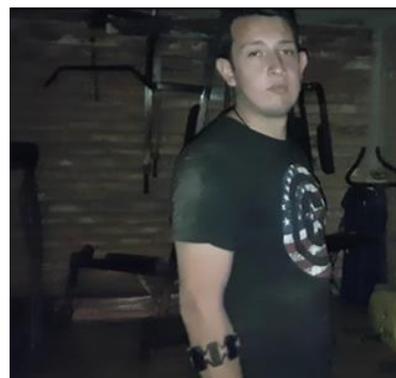


Ilustración 75 La luz se apaga después de realizar el gesto

- Seguridad

Para esta activación el gesto que el usuario realizó es el de “doble toque”, una vez que se realiza se activa el sistema de seguridad, es decir que el electroimán se energiza y no podrá moverse.



Ilustración 76 Usuario realizando el gesto doble toque



Ilustración 77 Electroimán energizado

De igual forma se activará el sistema de bloqueo que permitirá al usuario moverse libremente para poder realizar cualquier actividad sin que interfiera con el sistema y los demás gestos.



Ilustración 78 Usuario revisando cajones con el sistema bloqueado

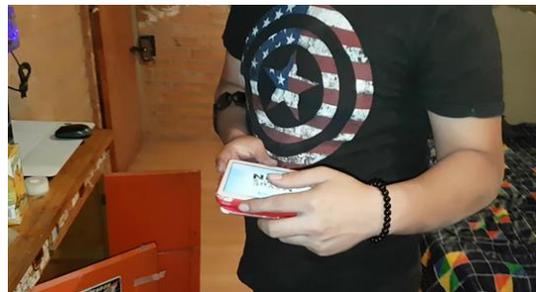


Ilustración 79 Usuario interactuando con objetos electrónicos

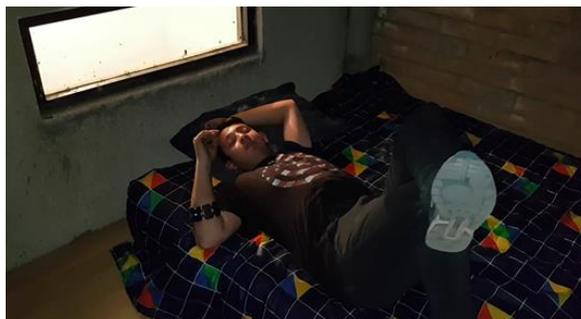


Ilustración 80 Usuario reposando con el sistema bloqueado

En los resultados de cada activación no se presentó ningún problema y tampoco cuando el usuario utilizó libremente el sistema, el único conflicto que se presentó fue en la sincronización del usuario con la pulsera, ya que dependiendo del grosor del brazo del usuario la pulsera debe generar presión para así leer correctamente los gestos, si no tiene el suficiente contacto con el brazo no leerá correctamente los gestos y por lo tanto el sistema no responderá como se requiere. Lo anterior se corrige desde la sincronización con cada usuario y con broches que contiene la pulsera para poder favorecer el contacto entre todos sus sensores y el usuario.

Una vez realizadas las pruebas se propone una serie de pasos cómo guía de funcionamiento, para explicarle al usuario como utilizar el sistema.

5.4 Método de funcionamiento para el usuario

- El usuario debe colocarse el brazalete MYO en el brazo derecho para poder hacer uso del sistema, el brazalete deberá quedar a la altura del antebrazo para poder leer los impulsos mioeléctricos de sus músculos.
- Posteriormente el usuario debe iniciar el programa que activa el sistema, mediante la interfaz de Arduino.
- Ya iniciado el sistema el usuario podrá manipular de forma independiente los subsistemas teniendo un libre movimiento dentro de la habitación.
- Para poder verificar el comportamiento del cada subsistema deberá realizar pruebas individuales mediante el gesto correspondiente, así como también realizarlos desde distintos puntos dentro del cuarto para analizar la distancia de comunicación.
- Para el caso de la activación del subsistema de seguridad el usuario deberá realizar actividades cotidianas, como encender el televisor, tomar diferentes objetos, con la finalidad que tales movimientos no activen otros subsistemas cuando la seguridad se encuentre en funcionamiento.

Capítulo 6

Conclusiones

Al finalizar las pruebas con el escalamiento se tienen las siguientes conclusiones, las cuales parten de un análisis en comparación con los objetivos que se plantearon.

- El funcionamiento del sistema fue el adecuado; como se verificó en las pruebas finales, el comportamiento de las distintas activaciones que tiene este proyecto tuvieron una respuesta adecuada a lo que se buscaba, en donde se puede identificar que el usuario interactúa con cada una de las activaciones de cada sub sistema asignando cada gesto, por lo que la apertura de la puerta, la iluminación, el control de persianas y la implementación de un sistema de seguridad permitieron identificar el funcionamiento adecuado y así corroborar que los objetivos con los que se diseñó este sistema fueron positivos.
- Accesibilidad; ya que el usuario podía realizar distintas actividades cotidianas que hace en una casa habitación sin interferir con el funcionamiento de las activaciones, se demuestra el grado de utilización que puede tener el dispositivo.
- Beneficios; se comprobó que una persona con discapacidad puede interactuar con los dispositivos de una casa habitación real mediante el control por gestos, eso genera un gran interés para un trabajo a futuro y que pueda ser llevado a otras áreas.
- Domótica; en el área de la automatización de casas y edificios, la accesibilidad que da este proyecto al usuario es importante, ya que entra en el nivel básico de domótica, como se menciona en el capítulo 1.1.1. y cumple con un estándar a nivel internacional por el número de elementos que se consideran para un análisis que evalúa el nivel de domótica.
- Inconformidades; en las pruebas también se puede observar las desventajas que se tienen con el proyecto, ya que aún tiene mejoras a futuro. En este caso el espacio fue un factor importante debido a la ubicación del cuarto y la entrada al mismo, porque no se podía apreciar el comportamiento de un usuario en silla de ruedas que quisiera entrar al cuarto debido a los escalones que se encontraban impidiendo el acceso. En el caso del inicio del programa

no se tiene a la vista la unidad de cómputo, y esto genera una dificultad para hacer el inicio del sistema. Así como también los mecanismos que se utilizaron no eran de la calidad adecuada, en cuanto a características técnicas, o de producto, esto debido al presupuesto que se manejó.

Este proyecto ayudó a identificar los beneficios y mejoras que se pueden tener para el futuro crecimiento e iteración, el cumplimiento de los objetivos fue fundamental ya que se corroboró cada uno de los sistemas implementados.

Trabajo a futuro

Para este proyecto el trabajo a futuro que se podría realizar sería:

- Mejorar la calidad de la interfaz; una de las propuestas del trabajo a futuro es mejorar la interfaz de control, dándole una mayor estética y facilidad de uso. Se propone que sea manipulada mediante una aplicación móvil o en una pantalla. Debido a que en este trabajo solo se realizó el diseño del programa para cumplir con el funcionamiento, y no se tomó en cuenta el diseño de una interfaz que pudiera ser manipulada de una manera sencilla y práctica, se debe considerar esta propuesta para un futuro, y proponer distintas alternativas.
- Mejorar la comunicación sin necesidad de una computadora; en el desarrollo de este sistema se puede observar que el uso de la computadora es indispensable para su activación, ya que la comunicación que se genera entre la tarjeta de desarrollo Arduino y el brazalete MYO debe ser realizada por medio de una unidad de cómputo, esto hace que el usuario deba contar con una computadora para poder activar el sistema. Se busca mejorar este diseño y eliminar este elemento, y así implementar un sistema que comunique directamente la tarjeta Arduino y el brazalete MYO, se propone buscar una tarjeta de desarrollo alternativo o una mejora en la tarjeta Arduino.
- Incrementar los gestos de control; otra propuesta de trabajo a futuro que se propone es la de incrementar los gestos que el usuario realice para el control de las zonas de la habitación, debido a que son varias las actividades que realiza cada persona dentro de su casa, entre ellas se puede mencionar; el control de aparatos electrodomésticos, televisores, aire acondicionado, entre otros subsistemas que personas con discapacidad instalan dentro de sus

casas para mejorar su ambiente de vida, en muchos casos podemos observar rampas eléctricas, sistemas de manipulación en la cocina, baño, que permite un mejor alcance a los distintos objetos que las personas requieren.

- Ampliar el campo de control; una mejora muy importante que se debe considerar es la amplificación del espacio de control, en donde se busque instalar subsistemas en toda la casa para mejorar la aplicación de este proyecto. Como se verificó, el funcionamiento dentro de una habitación fue adecuado, así mismo se busca que el usuario pueda tener interacción en toda la casa, y manipular las zonas de cada una de las habitaciones con el control gestual.

Referencias

- [1] Tomas Gaspar Gómez Medina, "Cuidando el hogar, ¿qué es la domótica?" México, Julio 2014. Disponible en:
<https://www.laguaiainmobiliaria.com.mx/que-es-la-domotica/>
- [2] Arkiplus, "Historia de la domótica" México, abril 2013. Disponible en:
<http://www.arkiplus.com/historia-de-la-domotica>
- [3] Molina González, Leopoldo, *Instalaciones Domóticas*, McGraw-Hill, España 2010
- [4] Asociación española de domótica e inmótica, "Normativa de domótica e inmótica" España, agosto 2016.
Disponible en:
<http://www.cedom.es/sobre-domotica/normativa-y-certificacion>
- [5] Instituto Nacional de Estadística, "Índice de personas con discapacidad" México, 2010.
Disponible en:
<http://www.ine.es/dyngs/INEbase/>
- [6] Revista Digital Universitaria, "Prótesis mioeléctricas" UNAM México, junio 2016.
Disponible en:
<http://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art01/art01-2d.htm>
- [7] Cameron John R. "Medical Physics", MEDICAL PHYSICS PUBLISHING 1999, Portland, OR, 399 pp
- [8] Irving Aarón Cifuentes González, "Diseño y construcción de un sistema para la detección de señales electromiográficas" Tesis en ingeniería, Ingeniería en computación, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, septiembre 2010
Disponible en:
<ftp://ftp.uady.mx/pub/tmp/smagana/TESIS%20FINALIZADA.pdf>
- [9] TCindy L. Stanfield. *Principios de fisiología humana*. Pearson. ISBN: 9788478291236.
Disponible en:
<https://curiosoando.com/cual-es-la-diferencia-entre-potencial-de-accion-y-potencial-graduado>
- [10] Zoraida Alemán, "Detector de movimiento muscular" México, noviembre 2014.
Disponible en:
<http://mibrazoroboticonuevo.blogspot.mx/>
- [11] Leidy Carvajal, "Diseño de un método para capturar señales mioeléctricas de miembros superiores" Universidad de la Amazonia, Florencia, España.
Disponible en:

<https://uametodologia.files.wordpress.com/2011/05/articulo-metodologia2.pdf>

[12] Merletti, Roberto, " *Electromyography -Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications*". Merletti, Roberto; Parker, Philip 2004

[13] fundación Prevent (diciembre 2014), "Lo incorrecto una mirada hacia la discapacidad"
[Archivo de video]

Disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=SBLiBLb23ZA>

[14] INEGI, " Discapacidad en México", México, 2010.

Disponible en:

<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>

[15] Anexos, encuesta realizada en hospital a personas con discapacidad.

[16] INEGI, " Discapacidad", Censo de población y vivienda, México, junio 2010.

Disponible en:

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mdis01&s=est&c=27714>

[17] INEGI, " Discapacidad", Censo de población y vivienda, México, junio 2010.

Disponible en:

<http://buscador.inegi.org.mx>

[18] INEGI, " Discapacidad", Censo de población y vivienda, México, junio 2010.

Disponible en:

<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>

[19] Endesa, " Domótica", Webquest ENDESA educa energía, México, 2014.

Disponible en:

http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/endsae3/domotica

[20] Digital AV Magazine Underwood Comunicación SL " Los gestos tecnológicos se convierten en un elemento natural en la vida de las personas, según HP", Brasil 2016

Disponible en:

<http://www.digitalavmagazine.com/2014/04/23/los-gestos-tecnologicos-se-convierten-en-un-elemento-natural-en-la-vida-de-las-personas-segun-hp/>

[21] Asociación Española de Domótica e Inmótica, " Tabla de niveles para evaluación de instalaciones domóticas", Madrid, España, noviembre 2016.

Disponible en:

<http://www.cedom.es/sobre-domotica/evaluacion-de-instalaciones-domoticas>

[22] Rachel Metz, "Discapacitados auditivos" MIT Technology Review, febrero 2016
Disponible en:
www.technologyreview.es

[23] Codesolar "Baterías y fuentes de alimentación", Cía Ltda, 2016
Disponible en
http://www.codesolar.com/Energia-solar/Iluminacion_LEDs/Seleccion_Leds_Boquilla_Casquillo.html

Anexos

Encuesta de monitoreo para búsqueda de grupo social a dirigir los objetivos.

Criterios de inclusión

- Pacientes con una discapacidad motora
- Pacientes que acuden con un cuidador

Criterios de exclusión

- Pacientes menores de 15 años
- Paciente con depresión
- Paciente hospitalizado

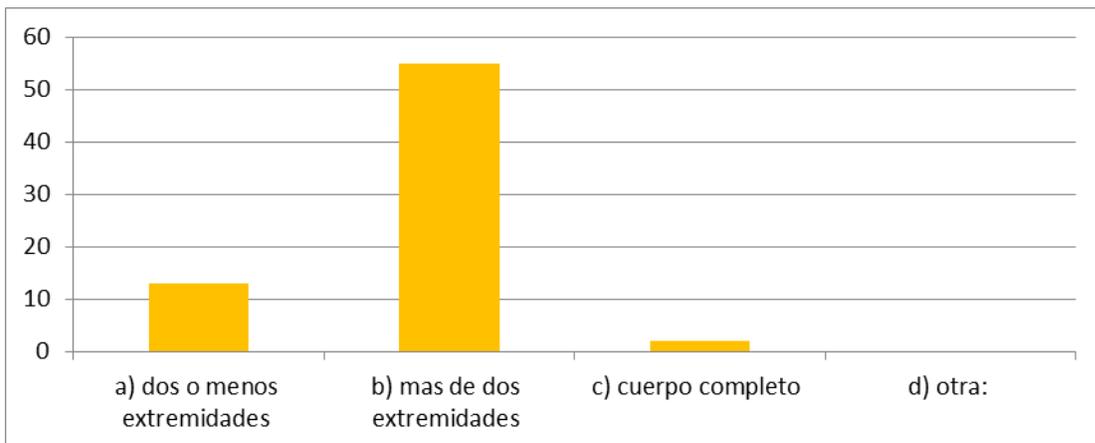
* Universo: 70 paciente con discapacidad.

Fuente: INR

Encuesta aplicada por la Dra. Paloma Sarazuadi Gutiérrez Nabor

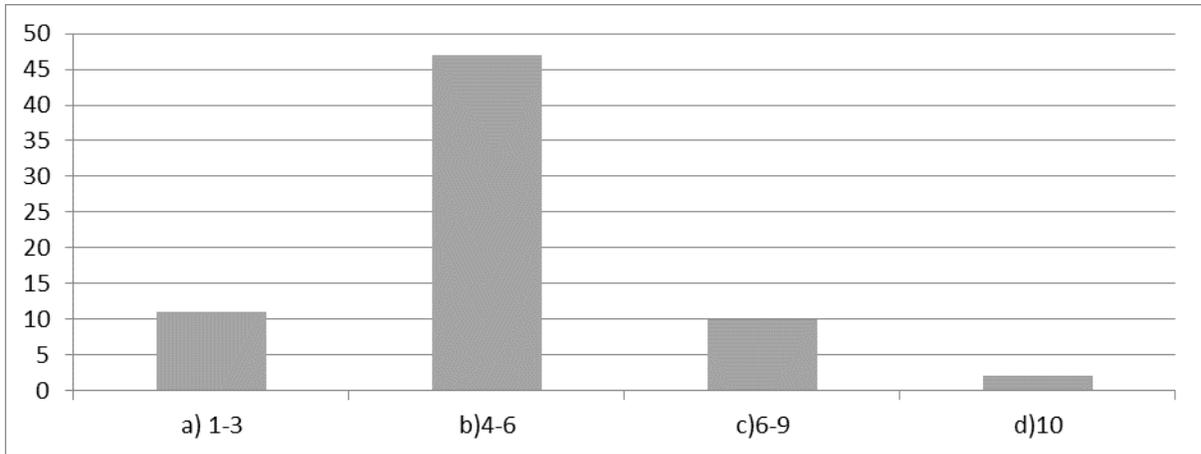
¿Su discapacidad comprende?

a) dos o menos extremidades	13
b) más de dos extremidades	55
c) cuerpo completo	2
d) otra:	0



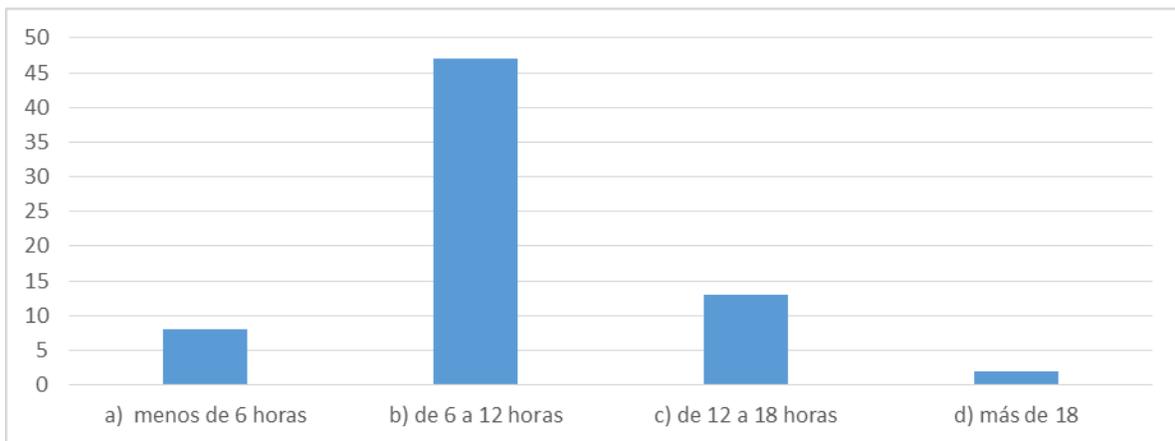
Del 1 al 10, califique su limitación (10max discapacidad/ 1 min)

a) 1-3	11
b)4-6	47
c)6-9	10
d)10	2



¿Cuántas horas al día pasa en su hogar?

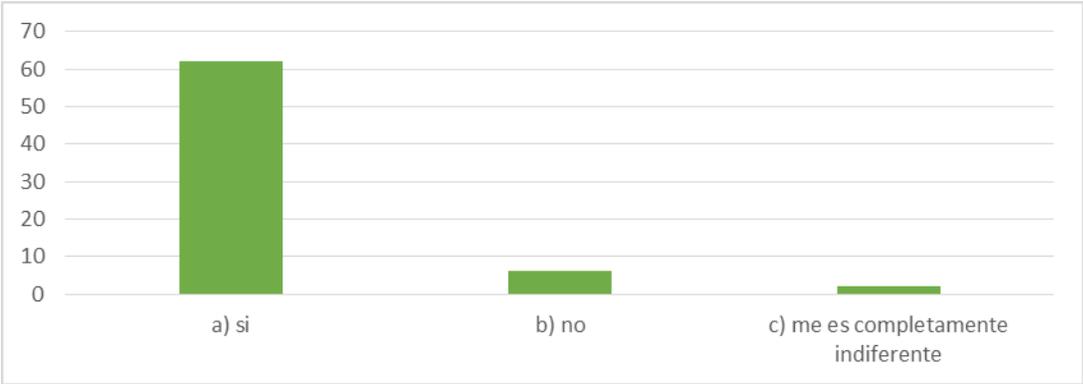
a) menos de 6 horas	8
b) de 6 a 12 horas	47
c) de 12 a 18 horas	13
d) más de 18	2



Después de saber la discapacidad de los pacientes se les dio una explicación general de la idea del proyecto, para saber su opinión. Se obtuvieron estos resultados.

¿Crees útil el instrumento que se te ha presentado, para actividades de la vida diaria?

a) si	62
b)no	6
c) me es completamente indiferente	2



Para usted como cuidador primario, ¿qué tan útil sería el instrumento mostrado?

a)95-100%	22
b)50-95%	37
c) menos del 50%	11

