



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA DE LOS ORDENADORES**

**TEMA  
“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDA  
INTELIGENTE CON MONITOREO GPS PARA PERSONAS  
SIN EXTREMIDADES”**

**AUTOR  
ROMERO MURILLO DANNY FERNANDO**

**DIRECTORA DEL TRABAJO  
ING. COMP. CASTILLO LEÓN ROSA ELIZABETH, MG**

**GUAYAQUIL, NOVIEMBRE 2020**



## ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <b>REPOSITORIONACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>   |  |   |  |
| <b>FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>  |  |   |  |
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>   |  |   |  |
| Diseño de un prototipo de silla de rueda inteligente con monitoreo GPS para personas sin extremidades.   |  |   |  |
| <b>AUTOR(ES)</b><br>(apellidos/nombres):   |  | Romero Murillo Danny Fernando   |  |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b><br>(apellidos/nombres):   |  | Ing. García Torres Ingrid Angélica / Ing. Castillo León Rosa Elizabeth, MG. |  |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>  |  | Universidad de Guayaquil  |  |
| <b>UNIDAD/FACULTAD:</b>  |  | Facultad Ingeniería Industrial  |  |
| <b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>  |  |   |  |
| <b>GRADO OBTENIDO:</b>   |  | Ingeniera en Teleinformática  |  |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>   |  | <b>No. DE PÁGINAS:</b>  |  |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>  |  | Tecnología de los Ordenadores   |  |
| <b>PALABRAS CLAVES/<br/>KEYWORDS:</b>  |  | Discapacidad Motriz, Arduino, GPS, GRPS.                                    |  |
| <p><b>RESUMEN/ABSTRACT (100-150 palabras):</b></p> <p>Las personas que cuentan con algún problema motriz han tenido que sobrellevar sus vidas a otra realidad utilizando un medio para su movilización el presente proyecto tiene como objetivo diseñar un prototipo que consiste en un sistema de control para el manejo de una silla de ruedas, permitiendo obtener autonomía de movilidad y aplicando las tecnologías actuales de comunicación para localizar la silla mediante un GPS. Las metodologías experimental y descriptiva permitieron determinar los componentes a utilizar para el prototipo, la investigación de campo a través de entrevistas dirigidas a un profesional y persona con discapacidad motriz, dieron una información más específica y detallada a las necesidades actuales de las personas con este tipo de discapacidad. El prototipo adaptado se culminó realizando las respectivas pruebas de cada componente demostrando la eficiencia del mismo y del GPS, obteniendo resultados similares a una silla eléctrica.</p> <p>People who have a motor problem have had to cope with their lives to another reality using a means for their mobilization. The objective of this project is to design a prototype that consists of a control system for managing a wheelchair, allowing autonomous mobility and applying current communication technologies to locate the chair using a GPS. The experimental and descriptive methodologies made it possible to determine the components</p> |  |   |  |

to be used for the prototype, field research through interviews directed to a professional and a person with motor disabilities, gave more specific and detailed information to the current needs of people with this type of disability. The adapted prototype was completed by carrying out the respective tests of each component demonstrating the efficiency of it and the GPS, obtaining results similar to an electric chair.

|                              |                                    |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ADJUNTO PDF:                 | SI                                 | NO                                 |
| CONTACTO CON AUTOR/ES:       | Teléfono: 0985722894               | E-mail:<br>danny.romerom@ug.edu.ec |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: | Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola |                                    |
|                              | Teléfono: 593-2658128              |                                    |
|                              | E-mail: direccionTi@ug.edu.ec      |                                    |



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE  
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA  
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO  
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON  
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **ROMERO MURILLO DANNY FERNANDO**, con C.C. No. **0921939237**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDA INTELIGENTE CON MONITOREO GPS PARA PERSONAS SIN EXTREMIDADES**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

---

**ROMERO MURILLO DANNY FERNANDO**  
C.C. No. **0921939237**



## ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Habiendo sido nombrado ING. ROSA ELIZABETH CASTILLO LEÓN MG, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por ROMERO MURILLO DANNY FERNANDO, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDA INTELIGENTE CON MONITOREO GPS PARA PERSONAS SIN EXTREMIDADES ha sido orientado, durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio URKUND quedando el 6% de coincidencia.

**URKUND**

**Document:** Romero Murillo Danny Fernando.docx (D97116110)

**Submitted:** 2021-03-03 11:23 (-05:00)

**Submitted by:** danny.romerom@ug.edu.ec

**Receiver:** rosa.castillo@ug.edu.ec

**Message:** Adjunto para revision del urkund [Show full message](#)

6% of this approx. 30 pages long document consists of text present in 7 sources.

| Rank | Path/Filename   |
|------|---|
| 1    | TESIS_COMPLETA_TUBAY_SUAREZ_CHARLIE.docx  |
| 2    | <a href="https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789...">https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789...</a> |
| 3    | TESIS-MARCO SACOTO.docx   |
| 4    | <a href="http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/571...">http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/571...</a> |
| 5    | VELIZ.TESIS.docx  |

1 Warnings

Reset Export Share

a discapacidad física correspondiente a 219,786 personas. El CITATION Vi20 \n \l 12298 (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2020) indica que los discapacitados que tienen un trabajo son 70.128 personas con diferentes discapacidades, donde el 54,69% pertenecen a la discapacidad física que se encuentran laborando activamente es decir 38.280 personas, dentro de este rango 24.354 son hombres y 13.926 son mujeres. En la guía del MSP en la página 18, tercer párrafo CITATION Min14 \n \t \l 12298 (2014) menciona que estadísticamente es el tipo de discapacidad más numeroso, aproximado al 47% del total del registro nacional de personas con discapacidad adicionalmente incluyendo otros tipos de alteraciones tales como: hemiparesias, hemiplejías, paraplejías, tetraplejías, amputaciones de miembros superiores e inferiores siendo total o un segmento de la misma, mal formaciones congénitas entre otras. En la ciudad de Guayaquil perteneciente a la provincia del Guayas el 16.03% de la población que corresponden aproximadamente 32.986 personas presentan algún tipo de discapacidad física motora. Aunque estas cifras se asemejan a la realidad no se puede determinar con exactitud la cantidad de personas con discapacidades motrices reducidas a nivel de extremidades

<https://secure.orkund.com/view/92687817-471274-944371>



ING. ROSA ELIZABETH CASTILLO LEÓN  
DOCENTE TUTOR  
C.C. 0922372610  
FECHA: 05 DE MARZO DE 2021



## ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Guayaquil, 05 de marzo de 2021

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDA INTELIGENTE CON MONITOREO GPS PARA PERSONAS SIN EXTREMIDADES** del estudiante **ROMERO MURILLO DANNY FERNANDO**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**ROSA  
ELIZABETH  
CASTILLO LEON**

\_\_\_\_\_  
ING. ROSA ELIZABETH CASTILLO LEÓN  
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
C.C. \_0922372610  
FECHA: \_05 DE MARZO DE 2021



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 17 de marzo de 2021.

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizaraburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDA INTELIGENTE CON MONITOREO GPS PARA PERSONAS SIN EXTREMIDADES”** del estudiante **ROMERO MURILLO DANNY FERNANDO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 16 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado digitalmente por:  
**INGRID**  
**ANGÉLICA**  
**GARCÍA TORRES**

**ING. INGRID ANGÉLICA GARCÍA TORRES, MG**  
**C.C:1308497682**

**FECHA: 17 de marzo de 2021**

### **Dedicatoria**

Primero le dedico a Dios, por darme sabiduría a lo largo de este tiempo para lograr culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres Juan Bautista Romero Granja y María Cecilia Murillo Avecillas que siempre han sido el pilar de mi vida, con su amor y paciencia incondicional.

A mis hermanos mayores Carlos Alberto Rodríguez Murillo y Jonathan Juan Romero Murillo porque han sido ellos ejemplo para poder terminar otro de mis logros.

A mis amigos, compañeros y maestros por su apoyo incondicional, por haber compartido momentos gratos y difíciles en el transcurso del estudio universitario.



## **Agradecimiento**

Deseo iniciar agradeciendo a Dios, por cada día vivido durante todos estos años y otorgarme la fuerza para seguir mi camino, EL que en todo momento está conmigo ayudándome aprender de mis errores y quien guía el destino de mi vida.

A mis Padres Juan Bautista Romero Granja y María Cecilia Murillo Avecillas, por el apoyo incondicional, sus consejos y la paciencia de cada día, ya que ellos siempre desean lo mejor para mí.

A mis hermanos mayores Carlos Alberto Rodríguez Murillo y Jonathan Juan Romero Murillo por ser referentes y por darme motivación para culminar mis estudios.

A las Ing. Castillo León Rosa Elizabeth, MG y Ing. García Torres Ingrid Angélica quienes me ayudaron, estoy agradecido de todo corazón porque gracias a ellas realice mi tesis, porque ellas han sido mis ángeles que Dios me envió, desde el desarrollo hasta la culminación de mi tesis, es un privilegio contar con su ayuda y guía.

A mis docentes, que me instruyeron y me formaron como profesional, brindándome sus conocimientos y experiencias, en especial a la Ing. Ximena Fabiola Trujillo Borja.

## Índice General

| N° | Descripción  | Pág. |
|----|--------------|------|
|    | Introducción | 1    |

### Capítulo I

#### El Problema

| N°    | Descripción                   | Pág. |
|-------|-------------------------------|------|
| 1.1   | Planteamiento del problema    | 2    |
| 1.2   | Formulación del Problema      | 3    |
| 1.3   | Sistematización del problema  | 3    |
| 1.4   | Objetivos de la Investigación | 3    |
| 1.4.1 | Objetivo General              | 3    |
| 1.4.2 | Objetivos específicos         | 3    |
| 1.5   | Justificación                 | 3    |
| 1.6   | Delimitación del problema     | 4    |
| 1.7   | Alcance                       | 4    |

### Capitulo II

#### Marco Teórico

| N°      | Descripción                                | Pág. |
|---------|--|------|
| 2.1     | Antecedentes del estudio.                  | 5    |
| 2.1.1   | Discapacidad                               | 5    |
| 2.1.2   | Silla de ruedas                            | 6    |
| 2.1.2.1 | Características de las sillas de rueda     | 6    |
| 2.1.2.2 | Tipos de sillas de rueda                   | 8    |
| 2.2     | Sistema de control                         | 9    |
| 2.2.1   | Requisitos de un sistema de control        | 10   |
| 2.2.2   | Elementos básicos de un sistema de control | 10   |
| 2.2.3   | Clasificación de los sistemas de control   | 11   |
| 2.2.3.1 | Sistema de control de laso abierto         | 11   |
| 2.2.3.1 | Sistema de control de laso cerrado         | 11   |
| 2.2.4   | Tipos de sistemas de control               | 12   |
| 2.2.4.1 | Sistema Manual                             | 12   |
| 2.2.4.2 | Sistema Semiautomático                     | 12   |
| 2.3     | Fuente de alimentación del sistema         | 13   |
| 2.4     | Motores                                    | 14   |

| <b>N°</b> | <b>Descripción</b>                        | <b>Pág.</b> |
|-----------|---|-------------|
| 2.4.1     | Motores a gasolina                        | 14          |
| 2.4.3     | Motores CC (Corriente Continua)           | 15          |
| 2.4.4     | Motores de Corriente Alterna (CA)         | 16          |
| 2.4.5     | Motor Universal                           | 16          |
| 2.5       | Técnicas Adaptivas                        | 16          |
| 2.6       | Tecnología aplicada                       | 16          |
| 2.7       | Tecnología aplicada en la salud           | 17          |
| 2.8       | Normas de seguridad para sillas de ruedas | 17          |
| 2.9       | Microcontrolador                          | 18          |
| 2.10      | Arduino                                   | 18          |
| 2.10.1    | Funcionamiento del Arduino                | 19          |
| 2.10.2    | Tipos de Arduino                          | 20          |
| 2.11      | Sistema de geolocalización GPS            | 21          |
| 2.12      | Marco legal                               | 21          |

### **Capítulo III**

#### **Propuesta**

| <b>N°</b> | <b>Descripción</b>   | <b>Pág.</b> |
|-----------|--|-------------|
| 3.1       | Metodología de Experimental                                  | 22          |
| 3.2       | Metodología descriptiva                                      | 22          |
| 3.3       | Investigación de Campo                                       | 23          |
| 3.4       | Comparativa de los dispositivos para el diseño del prototipo | 29          |
| 3.4.1     | Comparativa de Microcontroladores                            | 29          |
| 3.4.2     | Comparativa de módulos Arduino                               | 30          |
| 3.4.3     | Comparativa de módulos Bluetooth                             | 31          |
| 3.4.4     | Comparativa entre Acelerómetros                              | 32          |
| 3.5       | Componentes del prototipo                                    | 33          |
| 3.5.1     | Alimentación   | 33          |
| 3.5.2     | Sistema de engranaje   | 34          |
| 3.5.3     | Control Driver vnh2sp30 para los motores                     | 35          |
| 3.5.4     | Modulo Gprs/Gsm Shield SIM 900                               | 36          |
| 3.5.5     | Módulo Bluetooth HC-05                                       | 38          |
| 3.5.6     | Módulo Arduino nano  | 38          |

| <b>N°</b> | <b>Descripción</b>                                       | <b>Pág.</b> |
|-----------|--|-------------|
| 3.5.7     | Módulo Arduino uno                                       | 38          |
| 3.5.8     | Módulo GPS GT - U7                                       | 39          |
| 3.5.8     | Sensor Acelerómetro MPU-6050                             | 39          |
| 3.5.9     | Motores  | 39          |
| 3.6       | Diseño del prototipo                                     | 40          |
| 3.6.1     | Circuito Master-Esclavo                                  | 40          |
| 3.6.2     | Circuito Master  | 40          |
| 3.6.3     | Circuito Esclavo   | 41          |
| 3.6.4     | Diseño de la silla de ruedas                             | 42          |
| 3.7       | Configuración de los dispositivos                        | 43          |
| 3.7.1     | Configuración del módulo bluetooth HC-05 a modo Maestro  | 43          |
| 3.7.1.1   | Configuración de la velocidad de comunicación            | 44          |
| 3.7.1.2   | Configuración del Role para trabajar como Maestro        | 44          |
| 3.7.1.3   | Configuración del modo de conexión Maestro               | 44          |
| 3.7.1.4   | Configuración del dispositivo destino                    | 44          |
| 3.7.2     | Configuración del módulo bluetooth HC-05 modo Esclavo    | 45          |
| 3.7.2.1   | Configuración de la velocidad de comunicación Esclavo    | 45          |
| 3.7.2.2   | Configuración del Role para trabajar como Esclavo        | 45          |
| 3.7.3     | Configuración del GRPS/GSM900                            | 46          |
| 3.7.4     | Configuración del Acelerómetro                           | 46          |
| 3.8       | Funcionamiento de las interconexiones entre dispositivos | 47          |
| 3.8.1     | Conexión entre Arduinos                                  | 47          |
| 3.8.2     | Conexiones Acelerómetro – Módulos Arduino                | 48          |
| 3.8.2.1   | Pruebas de funcionamiento de los ejes                    | 48          |
| 3.8.2.2   | Funcionamiento dirección delantera                       | 48          |
| 3.8.2.3   | Funcionamiento dirección trasera                         | 49          |
| 3.8.2.4   | Funcionamiento dirección izquierda                       | 49          |
| 3.8.2.5   | Funcionamiento dirección derecha                         | 50          |
| 3.8.2.6   | Funcionamiento del Frenado o Stop                        | 50          |
| 3.8.3     | Funcionamiento del GRPS/GSM900                           | 51          |
| 3.8.4     | Funcionamiento del GPS GT-U7                             | 52          |
| 3.8.5     | Funcionamiento del Driver VNH2SP30                       | 53          |
| 3.9       | Pruebas del funcionamiento del Prototipo                 | 54          |

| <b>N°</b> | <b>Descripción</b>                             | <b>Pág.</b> |
|-----------|--|-------------|
| 3.9.1     | Prueba del GRPS/GSM900 con GPS GT-U7 con botón | 58          |
| 3.10      | Resultado del PCB del circuito Master          | 59          |
| 3.11      | Presupuesto del prototipo                      | 59          |
| 3.12      | Conclusiones                                   | 60          |
| 3.13      | Recomendaciones                                | 61          |
|           | <b>Anexos</b>                                  | <b>61</b>   |
|           | <b>Bibliografía</b>                            | <b>87</b>   |

## Índice de Tablas

| <b>N°</b> | <b>Descripción</b>                    | <b>Pág.</b> |
|-----------|---------------------------------------|-------------|
| 1.        | Comparativa entre Microcontroladores  | 30          |
| 2.        | Comparativa entre Módulos Arduino     | 30          |
| 3.        | Comparativa entre módulos Bluetooth   | 32          |
| 4.        | Tabla comparativa entre Acelerómetros | 33          |
| 5.        | Presupuesto total del proyecto        | 59          |

## Índice de Figuras

| <b>Nº</b> | <b>Descripción</b>                       | <b>Pág.</b> |
|-----------|--|-------------|
| 1.        | Tipo de discapacidad                     | 6           |
| 2.        | Arcos                                    | 7           |
| 3.        | Silla de rueda manual                    | 8           |
| 4.        | Silla de rueda eléctrica                 | 9           |
| 5.        | Sistema de control                       | 10          |
| 6.        | Sistema de control de laso abierto       | 11          |
| 7.        | Sistema de control de laso cerrado       | 11          |
| 8.        | Sistema manual                           | 12          |
| 9.        | Sistema semiautomático                   | 12          |
| 10.       | Sistema automático                       | 13          |
| 11.       | Esquema de fuente tradicional            | 13          |
| 12.       | Tipos de motores                         | 15          |
| 13.       | Arduino Uno                              | 19          |
| 14.       | Tipos de arduinos                        | 20          |
| 15.       | Batería de motocicleta                   | 33          |
| 16.       | Engranaje de ruedas                      | 34          |
| 17.       | motor de elevavidrios para carros        | 355         |
| 18.       | Driver VNH2SP30 PWM Puente H 30A         | 36          |
| 19.       | SIM900                                   | 37          |
| 20.       | Módulo Bluetooth                         | 38          |
| 21.       | Módulo Arduino nano                      | 38          |
| 22.       | Arduino Uno                              | 38          |
| 23.       | Modulo GPS                               | 39          |
| 24.       | Sensor acelerometro                      | 39          |
| 25.       | Motores                                  | 39          |
| 26.       | Circuito Master                          | 40          |
| 27.       | Circuito Esclavo                         | 41          |
| 28.       | Esquema de conexión del GRPS/GSM900      | 42          |
| 29.       | Prototipo-Silla de ruedas                | 42          |
| 30.       | Comunicación de Circuitos Master-Esclavo | 43          |
| 31.       | Comunicación de Circuitos Esclavo        | 45          |
| 32.       | Comunicación Esclavo                     | 45          |

| <b>Nº</b> | <b>Descripción</b>               | <b>Pág.</b> |
|-----------|----------------------------------|-------------|
| 33.       | Acelerómetro-Arduino Nano        | 46          |
| 34.       | Código ejemplo                   | 47          |
| 35.       | Código entre Arduinos            | 47          |
| 36.       | Conexión entre Arduinos          | 48          |
| 37.       | Prueba dirección delantera       | 48          |
| 38.       | Prueba dirección trasera         | 49          |
| 39.       | Prueba dirección izquierda       | 49          |
| 40.       | Prueba dirección derecha         | 50          |
| 41.       | Prueba de frenado                | 50          |
| 42.       | Código fuente del SIM900         | 51          |
| 43.       | Void Loop                        | 51          |
| 44.       | Configuración SMS                | 52          |
| 45.       | Encendido GPS                    | 52          |
| 46.       | Funcionamiento chip - SIM900     | 53          |
| 47.       | Código Arduino Esclavo y Drivers | 53          |
| 48.       | Conexión Driver                  | 54          |
| 49.       | Casco                            | 54          |
| 50.       | PCB Circuito Master              | 54          |
| 51.       | Funcionamiento – Adelante        | 55          |
| 52.       | Funcionamiento – Atrás           | 55          |
| 53.       | Funcionamiento – izquierda       | 56          |
| 54.       | Funcionamiento – derecha         | 56          |
| 55.       | Prueba de batería                | 57          |
| 56.       | Void de ubicación                | 58          |
| 57.       | SMS – GPS                        | 58          |
| 58.       | Diseño PCB del circuito master   | 59          |



## Índice de Anexos

| <b>Nº</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Pág.</b> |
|-----------|---|-------------|
| 1.        | Pines del modulo arduino nano   | 62          |
| 2.        | Pines del Acelerometro  | 62          |
| 3.        | Pines del bluetooth hc-05   | 62          |
| 4.        | Pines del Modulo Arduino Uno  | 63          |
| 5.        | Pines del Modulo Sim900   | 63          |
| 6.        | Activacion del Acelerometro   | 64          |
| 7.        | Programacion para la placa arduino nano   | 67          |
| 8.        | Programacion Para Placa Arduino Uno Control Del Driver Shield Vnh2sp30                | 68          |
| 9.        | Programacion Para Placa Arduino Uno con GRPS/GPS con Botón                            | 81          |
| 10.       | Programacion Para Placa Arduino Uno con GRPS/GPS y Motor Shield                       | 74          |
| 11.       | Data Shield Del Driver Vnh2sp30   | 81          |
| 12.       | Entrevista Con Psicóloga Fisioterapeuta   | 85          |
| 13.       | Preguntas para entrevistas a experto Psicóloga fisioterapeuta y persona discapacitada | 86          |



## ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

---

#### **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SILLA DE RUEDA INTELIGENTE CON MONITOREO GPS PARA PERSONAS SIN EXTREMIDADES”**

**Autor:** Romero Murillo Danny Fernando

**Tutor:** Ing. Castillo León Rosa Elizabeth, MG.

#### **Resumen**

Las personas que cuentan con algún problema motriz han tenido que sobrellevar sus vidas a otra realidad utilizando un medio para su movilización. El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un prototipo que consiste en un sistema de control para el manejo de una silla de ruedas, permitiendo obtener autonomía de movilidad y aplicando las tecnologías actuales de comunicación para localizar la silla mediante un GPS. Las metodologías experimental y descriptiva permitieron determinar los componentes a utilizar para el prototipo, la investigación de campo a través de entrevistas dirigidas a un profesional y persona con discapacidad motriz, dieron una información más específica y detallada a las necesidades actuales de las personas con este tipo de discapacidad. El prototipo adaptado se culminó realizando las respectivas pruebas de cada componente demostrando la eficiencia del mismo y del GPS, obteniendo resultados similares a una silla eléctrica.

**Palabras Claves:** discapacidad Motriz, GPS, GRPS, Arduino, Prototipo, Amelia.



## ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

---

#### “DESIGN OF AN INTELLIGENT WHEELCHAIR PROTOTYPE WITH GPS MONITORING FOR PEOPLE WITHOUT LIMBS”

**Author:** Romero Murillo Danny Fernando

**Advisor:** SE. Castillo León Rosa Elizabeth, MG.

#### **Abstract**

People who have a motor problem have had to cope with their lives to another reality using a means for their mobilization. The objective of this project is to design a prototype that consists of a control system for managing a wheelchair, allowing autonomous mobility and applying current communication technologies to locate the chair using a GPS. The experimental and descriptive methodologies made it possible to determine the components to be used for the prototype, field research through interviews directed to a professional and a person with motor disabilities, gave more specific and detailed information to the current needs of people with this type of disability. The adapted prototype was completed by carrying out the respective tests of each component demonstrating the efficiency of it and the GPS, obtaining results similar to an electric chair.

**Keywords:** Motor disability, GPS, GRPS, Arduino, Prototype, Amelia.

## **Introducción**

En la actualidad una de cada siete personas en el mundo cuenta con un algún tipo de discapacidad esto es equivalente a 100 millones de habitantes de toda la población es decir un 15%, (Organización Mundial de la Salud, 2019).

Los problemas de discapacidad por lo general se presentan en individuos que padecen de alguna defunción en el aparato locomotor o en algunos casos de Amelía (Falta de alguna parte de su cuerpo), esto origina limitaciones en cuanto a desplazamiento, actividades o labores de vida cotidiana. Según (UNIR, 2020) menciona que existen muchos problemas que pueden ser generados debido a las limitaciones que provoca como las dificultades de coordinación, habla no inteligente, fuerza reducida o mala accesibilidad al medio físico.

En Ecuador la cifra de personas que padecen de algún tipo de discapacidad está por encima de las 450 mil habitantes lo que representa el 2,74% de la población total existente acorde a lo establecido por el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades.

Por otra parte, es importante mencionar que hoy en día se hacen estudios con respecto a este tipo de problemas orientados a la parte de las TICs (Tecnología de la Información y Comunicación) con el fin de permitir movilidad, como accesibilidad al medio a través de la autonomía propia e incluso aceptación en el medio laboral, un dato interesante es que la provincia del Guayas es la provincia con mayor índice de personas con algún tipo de discapacidad.

Debido a las dificultades que se producen por la discapacidad se ha incorporado la tecnología en el ámbito de la salud donde lo que se busca es pretender dar un amplio desarrollo de soluciones a sistemas complejos con el fin de permitir accesibilidad a las personas que tienen limitaciones en las extremidades entregando soluciones muy comunes como prótesis, sillas de ruedas, bipedestadores, entre otros permitiendo así una mayor integración social e incluso laboral.

# **Capítulo I**

## **El Problema**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) a nivel mundial es preocupante el incremento de las personas con discapacidad, esto se debe al envejecimiento de la población y al crecimiento global de los problemas crónicos de salud asociados a discapacidad, cosa que no se puede controlar porque cada año habrá más aumento. En Ecuador el panorama es similar ya que también se reflejan en las estadísticas de discapacitados que se muestra a continuación.

Según Conadis (2020) indica que en el Ecuador existen 481.392 personas con discapacidad registradas actualmente, donde el 46,14% de esta cifra es perteneciente a discapacidad física correspondiente a 219,786 personas.

El (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2020) indica que los discapacitados que tienen un trabajo son 70.128 personas con diferentes discapacidades, donde el 54,69% pertenecen a la discapacidad física que se encuentran laborando activamente es decir 38.280 personas, dentro de este rango 24.354 son hombres y 13.926 son mujeres.

En la guía del MSP en la página 18, tercer párrafo (2014) menciona que estadísticamente es el tipo de discapacidad más numeroso, aproximado al 47% del total del registro nacional de personas con discapacidad adicionalmente incluyendo otros tipos de alteraciones tales como: hemiparesias, hemiplejias, paraplejias, tetraplejias, amputaciones de miembros superiores e inferiores siendo total o un segmento de la misma, mal formaciones congénitas entre otras.

En la ciudad de Guayaquil perteneciente a la provincia del Guayas el 16.03% de la población que corresponden aproximadamente 32.986 personas presentan algún tipo de discapacidad física motora. Aunque estas cifras se asemejan a la realidad no se puede determinar con exactitud la cantidad de personas con discapacidades motrices reducidas a nivel de extremidades inferiores, pero se tiene conocimiento del gran porcentaje de personas discapacitados existentes que requieran ayuda.

Con el diseño y desarrollo de esta propuesta de trabajo se logrará tener un impacto tecnológico significativo específicamente en la comunidad de personas que tengan discapacidad o limitaciones físicas en sus extremidades inferiores, ya que para su construcción no se requiere un coste elevado sería de fácil adquisición por lo que se podrán

replicar fácilmente, ya que no todos tienen acceso a una prótesis o una silla de ruedas debido a su elevado precio.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo se podría mejorar el estilo de vida de una persona discapacitada en su desplazamiento, pero con el uso de la tecnología que ayude su desplazamiento y geolocalización?

## **1.3 Sistematización del problema**

1. ¿Es necesario el diseñar de una silla de ruedas inteligente con monitoreo GPS para personas con discapacidad en extremidades inferiores?
2. ¿Cuáles son los tipos de engranajes idóneos que podrán movilizar al usuario de la silla de ruedas de manera independiente?
3. ¿Los usuarios de estas sillas de ruedas inteligentes requieren de un sistema de geolocalización para su monitoreo constante?
4. ¿Qué protocolo de comunicación se establecerá entre el módulo Arduino, el GPS y los engranajes?
5. ¿Cuál es la versión de la placa de Arduino más compatible con el módulo GPS a utilizar para una eficaz transferencia de datos?

## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

Desarrollar un circuito que movilice la silla de ruedas con el movimiento de la cabeza de la persona y que cuente con un sistema GPS que monitoree la ubicación del beneficiario.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información teórica referente para el estudio del estado del arte.
- Identificar los componentes idóneos para el funcionamiento del prototipo.
- Diseñar los esquemas de las conexiones del prototipo utilizando tecnología Arduino.
- Evaluar el funcionamiento del prototipo.

## **1.5 Justificación**

Una parte de la población ecuatoriana posee algún tipo de discapacidad y una de estas son la capacidad física para poder trasladarse de un lugar a otro con una silla de ruedas.

En el proyecto que se presenta surge de la necesidad que tienen las personas con discapacidad motriz y sin extremidades de poder ejercer de forma libre y autónoma se necesita realizar un prototipo con la ayuda de los componentes del Arduino se podrá desarrollar un circuito diferente a lo convencional es con el uso de la cabeza podrá moverse y andar en las calles y adicionalmente se le incorporara un dispositivo de rastreo para la persona beneficiaria para presencio de pérdida de su familiar y poder localizar de forma segura en la ciudad de Guayaquil.

Con el desarrollo de esta tesis, las personas que serán los beneficiarios de la silla de rueda se sentirán con más autonomía y tendrá seguridad en sí mismo para poder salir a las calles a realizar sus actividades cotidianas, incluyendo el dispositivo de localización podrá monitorearlo fácilmente. Se demostrará la factibilidad de desarrollar este prototipo por el costo en comparación a dispositivos actuales integrados en la silla de rueda, Por tales motivos que la silla permitirá una conexión vía Bluetooth con el dispositivo que hará su movilización y facilite la conducción que de una movilidad asistida.

### **1.6 Delimitación del problema**

La finalidad del presente trabajo de titulación permitirá a una solución práctica, la cual consta de un prototipo que ayude a la movilización independiente de las personas con discapacidades reducidas en sus extremidades inferiores, adicionalmente tendrá un sistema de localización GPS que estará en la silla de rueda y mostrará la ubicación en tiempo real del beneficiario. Esto les brindará facilidades, comodidades y una forma más segura de circular en cualquier parte de la ciudad, sumado a esto el prototipo presentado demanda un bajo coste para su construcción. El desarrollo de la tesis estará enfocado en el diseño del prototipo e incorporarla en una silla de rueda en la que consiste con un acelerómetro que ayudará al beneficiario a poder movilizarse y con el uso de la tecnología Arduino, para su comunicación será a través de vía Bluetooth.

### **1.7 Alcance**

Se instalará el diseño propuesto en una silla de ruedas, el cual permitirá que el usuario se movilece de manera independiente con el menor esfuerzo posible y a su vez verificar su ubicación actual gracias al sistema GPS.

## **Capítulo II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 Antecedentes del estudio.**

Actualmente en el Ecuador existe un alto margen de personas que padecen de algún tipo de limitación física clasificada en 5 categorías acorde a lo establecido en el Consejo Nacional Para la Igualdad de Discapacidades con un total de 475,166 personas donde el 46% de esta población posee discapacidad física registrada acorde a los últimos datos otorgados por el estado en el 2020 con un crecimiento anual del 0,85%. Estas afectaciones que son producidas hacia una persona pueden darse por muchos criterios afectando al tronco encefálico del sistema nervioso encargado de coordinar y enviar pulsos eléctricos al cuerpo permitiendo la movilidad o la automatización de funciones cotidianas como la respiración, frecuencia cardíaca entre otros.

Cabe mencionar que existe un sin número de condiciones que hacen que una persona tenga limitaciones de movilidad esto de alguna manera afecta a las funciones o actividades donde gracias al exponencial avance tecnológico existen ciertos procesos definidos de manera global y perenne orientados a brindar facilidades a personas que no tienen una movilidad al 100% otorgándoles autonomía propia e incluso social.

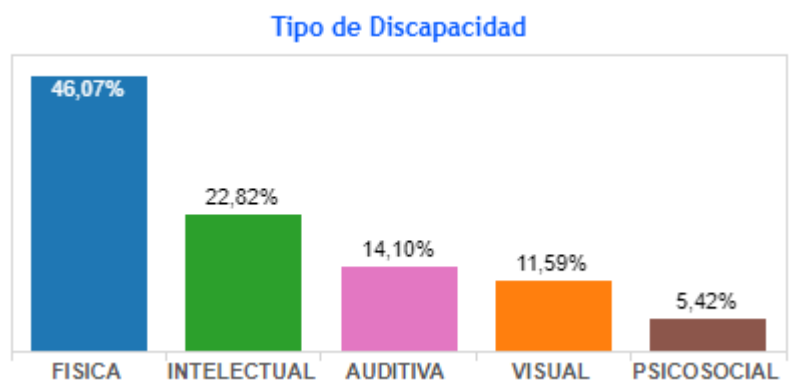
##### **2.1.1 Discapacidad**

Se denomina como discapacidad a la limitación de movimiento que afecta de forma directa a una persona, esto impide que se pueda realizar funciones de movilidad, manipulación e incluso muchas veces de respiración. (Cendrero, 2017) menciona que gran parte de estos problemas son ocasionados muchas veces por la falta o alteración de los músculos, huesos e incluso las articulaciones que afectan a la motricidad del individuo. Un factor importante a mencionar es el tronco encefálico debido a que es el encargado de mantener ciertas funciones del cuerpo como la respiración, la automatización o la movilidad de los tejidos del cuerpo esto se produce a través de pulsos generados en las funciones del cerebro del hemisferio izquierdo y hemisferio derecho que son enviados a través de los nervios lo que le permite saber de que manera moverse como las diferentes sensaciones que llegan a él.

Cabe mencionar que actualmente existen diferentes tipos de discapacidades divididas en 5 categorías donde dentro de dichas categorías se agrupan subcategorías acorde al último censo de personas con discapacidad legalmente registrados en el RNDE (Registro Nacional



de Discapacidad del Ecuador) donde el 46% de las personas registradas se debe a una limitación física, el 22,82% a una intelectual, el 14,10% de forma auditiva, 11,59% visual y un 5,42% psicosocial.



**Figura 1.** Tipo de discapacidad, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 2.1.2 Silla de ruedas

Dispositivo que permite la movilidad de un individuo a través de una ligera propulsión manual por el dueño u ocupante sentado en ella, movimiento de los ejes principales por lo general ubicados en cada extremo permitiendo el desplazamiento en varias direcciones acorde a la dirección donde se desplace, existen actualmente ciertas variaciones o mecanismos para el manejo de estos dispositivos donde por lo general las más conocidas son aquellas que requieren del apoyo de un tercero para mayor facilidad de movimiento.

#### 2.1.2.1 Características de las sillas de rueda

Un punto importante a mencionar es que toda silla de rueda cuenta con diferentes características que pueden ser personalizadas o agregarse nuevas funciones en modelos básicos como puede ser:

- **Armazón:** Por lo general una silla de rueda puede ser de estructura rígida o plegable donde esto acorde a su diseño permite darle un mejor aprovechamiento o uso. Por lo general una silla de rueda con estructura rígida permite hasta un 15 a 20% de impulso, que no lo logra una plegable debido a que genera entre 5 a 8% de impulso, (García, 2016)

Cabe mencionar que en cuanto a firmeza y resistencia las sillas de ruedas de estructura rígida otorgan hasta mejor condición de uso como a su vez los amortiguadores que permiten estabilidad e incluso tienen un mayor tiempo de uso.

- **Ruedas delanteras:** Por lo general el tamaño adecuado para el diseño de uno de estos dispositivos frecuente entre los 75-200 mm de diámetro referente a las ruedas delanteras, esta funcionalidad logra mejores condiciones para realizar rotaciones siendo lo más adecuado para interiores. Un punto para mencionar es que aquellas ruedas que frecuentan entre los 75-125 mm se recomiendan su uso para algún tipo de deporte.
- **Cubierta:** Desde la primera creación de la silla de rueda uno de los problemas que siempre ha trascendido a lo largo del tiempo es referente a la cubierta que conforma las ruedas donde actualmente existe una gran variedad de cubiertas siendo las más utilizadas las mencionadas a continuación:
  - **Neumáticas:** tienen como función amortiguar aquellas imperfecciones existentes en algún sitio o terreno, aunque con frecuencia requieren de algún cambio debido a pinchazos.
  - **Macizas:** Tienen una mayor fricción en su movimiento lo que requiere mayor propulsión o fuerza para desplazarlas, no amortiguan, pero requieren de un mayor mantenimiento.
  - **De aire:** Son las que actualmente gran parte de las sillas poseen debido a que es más fácil de manejar y de pincharse tienen una buena amortiguación.
- **Ruedas traseras:** Consiste en un tipo de cubierta maciza, inserta sólida o neumática de un diámetro de 600 mm las comúnmente utilizadas o las más pequeñas de 500-550 vista en silla de niños, paraplégicos o poca limitación de movimiento.
- **Arcos de empuje:** Puede ser compuesto de varias formas mediante aluminio, titanio (muy ligero), recubierto de plástico o de acero donde este último al ser más pesado tiene menos fricción y resbala menos, actualmente existen aros con proyecciones diseñados con el fin de facilitar un mejor agarre por parte de las personas sin extremidades o poca movilidad en las manos.



Aro con proyecciones



Aro especial Tetra

**Figura 2.** Arcos, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

- **Estabilizadores delanteros:** Encargados de asegurar o detener a constancia que existe de tensión

- **Respaldos ajustables:** Permite que el usuario coloque su peso en reposo para permitir una mayor comodidad
- **Controles:** Mediante botones o componente permite tener el control del equipo

### 2.1.2.2 Tipos de sillas de rueda

Las sillas de ruedas cuentan con dos tipos de clasificaciones o grupos cada uno con un fin específico:

- **Manuales:** Sillas autopropulsadas que por lo general pueden ser manejadas por el usuario si cuenta con la facilidad de hacerlo de no existir esa posibilidad se requerira de ayuda de un tercero para realizar dicho proceso, donde actualmente siguen siendo las más vendidas en el mercado debido a su bajo precio en comparación con las sillas eléctricas.



**Figura 3.** Silla de rueda manual, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

- **Eléctricas:** Silla automática, que es desplazada por un motor eléctrico que se encuentra entre un sistema de comando y control por lo general este tipo de silla es la más adecuada para ser utilizada en personas que cuenten con una discapacidad física críticamente severa. Cabe mencionar que en cuanto a costos posee un mayor valor en el mercado lo que la hace menos accesible al público en general.



*Figura 4. Silla de rueda eléctrica, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor*

- **Silla de ruedas bariátricas:** Tipo de silla de ruedas diseñada para las necesidades de los usuarios, por lo general este tipo de dispositivo se diferencia del resto debido que son especialmente anchos y grandes a diferencia de las sillas estándar existentes en el mercado. Aunque tiene una gran desventaja es que a veces son tan grandes que no se ajustan al tamaño de la puerta o lugares que la gente comúnmente frecuenta.

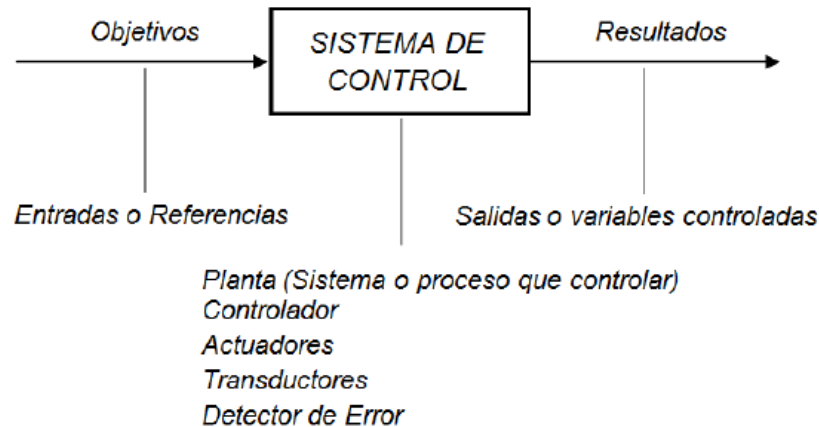
## 2.2 Sistema de control

Los mecanismos de sillas de ruedas actuales requieren de un tipo de sistema de control que les permita manejar alta intensidad de corriente que son generados a través de sus baterías que pasa a través de su circuito a la hora de realizar una fricción o un movimiento en el dispositivo. Existe varios tipos de configuración entre las más utilizada y extendida es la de tipo modular debido a su integración a un equipo conocido como joystick integral.

Un tipo de sistema de control está formado por un conjunto de elementos que se intercomunican o relacionan entre sí con el fin de ofrecer señales de salida a través de un sistema en general o crear datos de entrada. Con este tipo de sistema no es necesario conocer del todo el funcionamiento interno del equipo es decir se limita a saber de cómo actúan entre sí.

Al utilizar este tipo de integración se reduce en gran medida el cableado que se manejaba en su principio donde a su vez tiene un mayor tiempo de vida debido a que puede ser sustituido por cambio de pilas o incluso todo el dispositivo, por lo general este tipo de sistema de control se dividen en modular e integral.

- **Sistema de control modular:** Por lo general son joystick que no tienen una mayor capacidad de adaptación ni de integración con demás componentes a la hora de ser utilizados.
- **Sistema de control integral:** Caracterizados a diferencia de los modulares debido a que tienen mayor capacidad de integración y de menos avería o daño debido a que es fácil de reemplazar o de integrar con algún otro equipo.



**Figura 5.** Sistema de control, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 2.2.1 Requisitos de un sistema de control

Permite que todo sistema sea capaz de lograrse o incorporarse de forma adecuada siempre y cuando cumpla con los siguientes requisitos:

- Brindar estabilidad y robustez frente a cualquier tipo de perturbación o error que se produzca en algún modelo
- Ser lo más eficiente posible, acorde al criterio establecido
- Fácil desarrollo y comodidad para poder operar en tiempo real

### 2.2.2 Elementos básicos de un sistema de control

Para tener un correcto sistema de control en funcionamiento a través del uso de la tecnología en equipos como sillas de ruedas se requiere de varios elementos como son: sensores, actuadores y controladores.

- **Sensor:** Tienen como función conocer los valores existentes de las variables que miden el sistema con la finalidad de obtener un resultado.
- **Controlador:** Permite mediante simples pulsos digitales la mayor parte del tiempo tener el dominio de la variable que se está midiendo en este caso el sensor, por lo

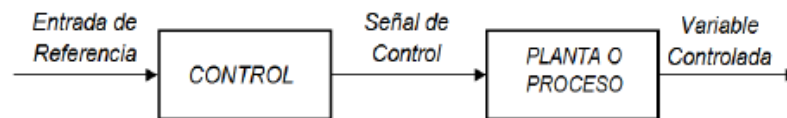
general calcula la acción que requiere aplicarse y con esto saber de qué manera poder modificar las variables en base a cierta estrategia.

- **Actuador:** Ejecuta mediante una serie de pasos una acción calculada por el controlador y por lo general es modificada en las variables de control.

### 2.2.3 Clasificación de los sistemas de control

#### 2.2.3.1 Sistema de control de lazo abierto

Por lo general en este tipo de sistema de control no existe algún tipo de salida o efecto a la acción generada, debido a que la salida muestra una variable controlada en un entorno abierto por lo que el sistema no tiene acción sobre el resultado como se muestra en la figura a continuación:

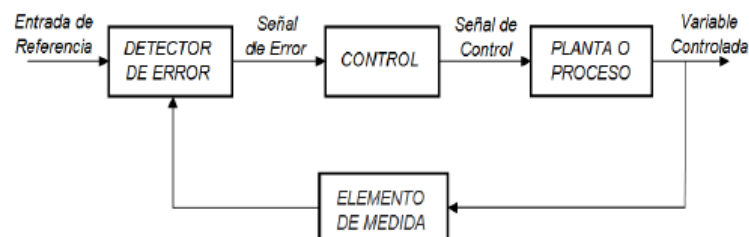


**Figura 6.** Sistema de control de lazo abierto, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

Al generarse un sistema de lazo abierto no existe algún tipo de coincidencia con la entrada de referencia debido a que los valores proporcionados en la entrada no tienen una afectación sobre la salida, es decir que el sistema por lo general depende de la calibración que el mismo maneja o por las perturbaciones o señales indeseadas en el desplazamiento del dispositivo lo que originara que la función no cumpla con lo asignado.

#### 2.2.3.1 Sistema de control de lazo cerrado

En este tipo de sistema de control toda salida generada tiene un efecto sobre la acción de control que existe por lo general dicho efecto se lo conoce con el nombre de realimentación, para mayor entendimiento se procede a continuación a mostrar un sistema conformado por un control de lazo cerrado.



**Figura 7.** Sistema de control de lazo cerrado, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

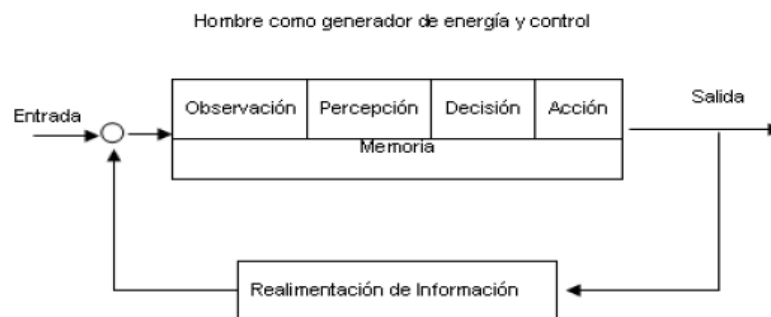
Como se puede observar a través del diagrama de bloques la señal de salida debe ser retroalimentada a tal punto de volverse a comparar a través del sistema de control con la intención de mejorar y corregir algún tipo de error e incluso perturbación que pudiese existir.

Desde la perspectiva de la estabilidad dentro de los mecanismos utilizados en las sillas de ruedas se puede notar, que los sistemas de lazo abierto tienen una mayor facilidad de desarrollo y diseño ya que la estabilidad no es un rol importante del todo en el sistema. Pero también es importante mencionar que la estabilidad es el parámetro del lazo cerrado, permitiendo se puedan corregir errores que se producen de forma cambiante.

## 2.2.4 Tipos de sistemas de control

### 2.2.4.1 Sistema Manual

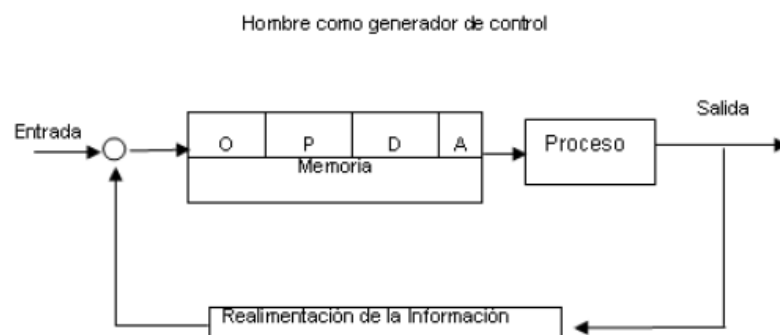
El rol principal está dado en que el usuario es el que tiene la intervención principal en las actividades es decir que tiene control total.



**Figura 8.** Sistema manual, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 2.2.4.2 Sistema Semiautomático

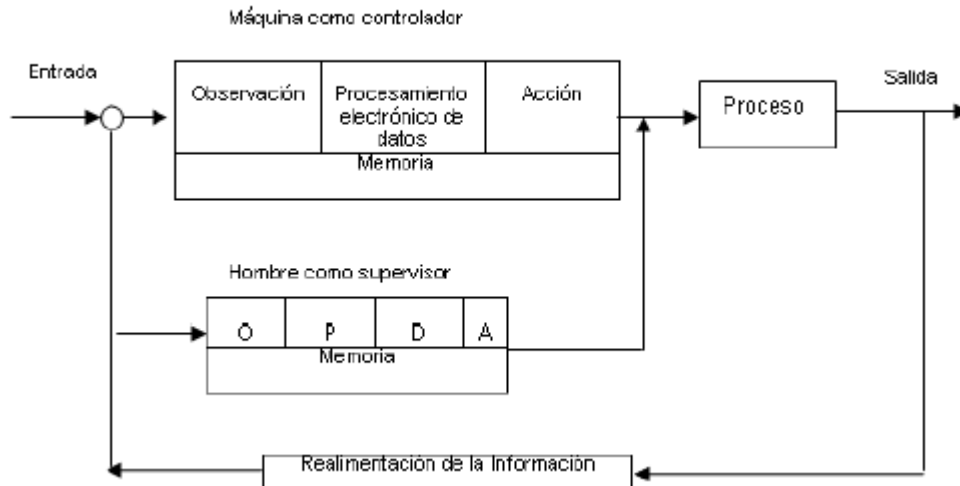
Son acciones que se llevan a cabo mediante componentes mecánicos mientras que el hombre observa y controla su tarea un ejemplo claro de esto sería el conducir un vehículo, a diferencia del sistema manual aquí el hombre tiene ciertas variaciones a utilizar y las variantes o condiciones del entorno no son tan severas.



**Figura 9.** Sistema semiautomático, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 2.2.4.3 Sistema Automático

En esta parte del escenario la intervención humana no es necesaria ya que este último solo requiere hacer uso de la observación del resto como la forma de controlar el sistema es manerado mediante un sistema de actuadores, controladores y sensores, para mejor entendimiento se procede añadir el diagrama de bloque de este tipo de sistena.



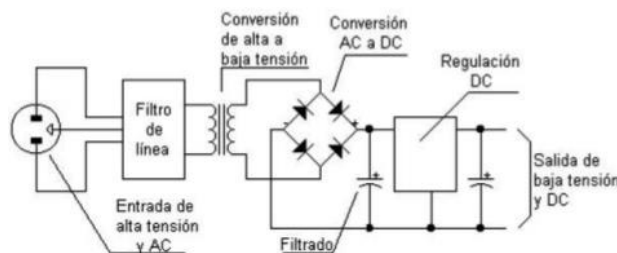
**Figura 10.** Sistema automático, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

## 2.3 Fuente de alimentación del sistema

### 2.3.1 Fuente convencional

Estos equipos se componen por lo general de un transformador, un rectificador, un filtro y un regulador de tensión. Debido a esta compleja estructura el grado de rendimiento está muy por debajo del 50 %. Hoy en día las fuentes de alimentación convencionales con un transformador pesado se usan rara vez y sólo para aplicaciones especiales.

Una desventaja importante de las fuentes de alimentación con transformadores es que la tensión sin carga suele ser superior a la tensión nominal.



1. Etapa de entrada de alta tensión alterna.
2. Filtro de línea.
3. Conversión de alta a baja tensión.
4. Conversión de Alterna a Continua y filtrado.
5. Regulación de continua.

**Figura 11.** Esquema de fuente tradicional, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor



### **2.3.2 Fuente conmutada**

Se prefieren las fuentes de alimentación conmutadas a los transformadores debido a su construcción ligera. Por lo general están integradas en adaptadores de red y adaptadores para ordenador. Debido a la escasa potencia en vacío, inferior a 1 W, y el alto grado de rendimiento, las fuentes de alimentación conmutadas son más innovadoras que las convencionales. Como la tensión de salida es mucho más estable se usan las fuentes de alimentación conmutadas también en fuentes de alimentación de laboratorio o de mesa

## **2.4 Motores**

Es de conocimiento general que un motor se lo conoce como el engranaje principal que se encarga de realizar cualquier tipo de trabajo a través de una transformación de energía, ya sea por combustión o eléctrica, en energía mecánica para que realice una acción.

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación se pretende utilizar un motor o dos de ser necesario, para lo cual se deberá establecer el tipo de engranaje idóneo que ejerza la fuerza que se requiera para mover la estructura de la silla y la del usuario. En la actualidad existen 2 grandes grupos de motores que son: Motores a Gasolina y Motores Eléctricos.

### **2.4.1 Motores a gasolina**

También conocidos como motor de explosión, es un motor de combustión interna donde el combustible explota dentro del mismo activando el cilindro cerrado por un émbolo o pistón movable.

Los motores de gasolina más actuales no están equipados con un carburador, la mezcla de aire y combustible se prepara mediante una inyección electrónica.

### **2.4.2 Motores Eléctricos**

Los motores eléctricos son artefactos rotatorios eléctricos que transforman en energía mecánica, la energía eléctrica que se concentra en sus bornes.

Están conformados por una parte fija que es el estator, la pieza móvil que oscila dentro del estator llamado rotor, el espacio existente divide el estator del rotor permitiendo que exista movimiento que se lo conoce como entrehierro. Los motores eléctricos contienen unas bobinas o devanados comúnmente llamados inductor e inducido que se encarga generar el campo magnético. Se pueden dividir en tres grandes grupos: los motores de corriente continua, el motor de corriente alterna y los motores universales.

### 2.4.3 Motores CC (Corriente Continua)

Estos motores como su propio nombre lo indica funcionan bajo una corriente continúa transformando la energía eléctrica en mecánica, por lo que necesitan unas escobillas para poder introducir la corriente eléctrica en el rotor del motor.

Todos los motores de corriente continua también funcionan como dinamos, es decir que son reversibles, precisamente por eso tiene un amplio margen de aplicación, ya que al ser utilizado como motor se lo implementan en casos muy específicos y para la aplicación de potencias bajas o no tan demandantes como en los servomotores.

Lo que hace destacar esta clase de motores del resto es el control de su velocidad, que solía ser más simple que en los de CA (Corriente Alterna)



**Figura 12.** Tipos de motores, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

Como se puede observar en la figura 1, el motor cc, está formado por el rotor y el estator donde se encuentran los polos que pueden ser de imán permanente o devanados. En función de la forma en la que estén conectados, se podrá diferenciar los distintos tipos de motores eléctricos:

- **Motor en serie.** - Esta clase de motor eléctrico están conectados en serie el inducido y el inductor. Su voltaje es constante y el campo de excitación aumenta con la carga ya que la corriente es la misma que la de excitación.
- Se caracterizan porque sostienen una potencia constante a cualquier velocidad.
- **Motor paso a paso.** - Estos motores son capaces de transformar una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, es decir, aumenta una serie de grados dependiendo de sus entradas de control, destacando por su precisión.
- **Servomotor.** - Aunque da aspecto de que es un motor con pocas capacidades tiene la habilidad de situarse en diferentes posiciones dentro de su rango de operación y quedarse estable en dicha posición.

#### 2.4.4 Motores de Corriente Alterna (CA)

Estos motores operan con corriente eléctrica gracias a las fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos. Se clasifican de la siguiente manera:

- **Motor asíncrono.** - En este engranaje la velocidad del campo magnético producida por el estator supera a la velocidad de giro del rotor.
- **Motor síncrono.** - Estos dispositivos se caracterizan porque su velocidad del campo magnético del estator es igual a la velocidad de giro del rotor.

#### 2.4.5 Motor Universal

Estos motores eléctricos son capaces de operar tanto en corriente continua (CC) como en corriente alterna (CA), por ende, disponen de un menor número de espiras en el inductor para no llenar magnéticamente su núcleo y reducir las pérdidas por corrientes de Foucault y por histéresis, así como un mayor número de espiras en el inducido para equilibrar el fluido por el menor número de espiras del inductor.

### 2.5 Técnicas Adaptivas

Se conoce como técnica adaptiva a aquella programación o aplicación que sea agregado a un sistema tecnológico con la finalidad de que dicho sistema pueda autónomamente desarrollarse y mediante ciertos mecanismos o procedimientos este último aprenda de las variables del entorno es decir se adapte acorde su ubicación y del mismo modo que este sea acoplado al sistema. Un claro ejemplo de esto podría ser un usuario que posea un ordenador el cuál lo utiliza muy a menudo para realizar funciones de trabajo o referentes a investigación, para ello siempre necesitará hacer uso de un navegador así como el acceso o la conectividad a internet, donde al realizar una búsqueda sobre algún tema en específico en la próxima sesión el navegador se adaptará a las funciones o procesos que el usuario ejecuto presentandole nuevamente información referente dentro de los principales articulos o páginas de búsqueda.

### 2.6 Tecnología aplicada

Los avances tecnológicos hoy en día han permitido avances radicales en los procesos que anteriormente tardaban una considerable cantidad de tiempo, gracias al Internet y otros procesos los usuarios, donde la creación de aplicativos físicos o virtuales han solucionado problemas de gran magnitud es decir el uso de la tecnología actualmente a hecho que exista

una revolución o innovación feroz en productos nuevos o ya establecidos logrando así conseguir una mayor eficiencia en su usabilidad para el usuario final.

## **2.7 Tecnología aplicada en la salud**

Acorde a la definición de la Red Internacional de Agencias de Evaluación de Tecnologías de la Salud (INATA) es el proceso en el cual existe la intervención de alguno componente tecnológico que es aplicado en la salud con el fin de promover bienestar, promover, prevenir, encontrar, tratar o solucionar enfermedades a corto o largo plazo.

## **2.8 Normas de seguridad para sillas de ruedas**

Existe una normativa que ampara los derechos de las personas con movilidad reducida, la ISO 21542, siendo la primera norma internacional que normaliza los criterios de accesibilidad del entorno edificado.

Esta normativa acoge disposiciones relacionadas con las características del entorno exterior. En la actualidad, esta norma, no prioriza las características de los espacios abiertos públicos, la cual no se enlaza y es independiente del uso de un edificio específico.

Se redactó esta guía con la finalidad de ayudar especialmente a las personas adultas con discapacidad, incluyendo algunos detalles relativos a requisitos específicos de accesibilidad donde tranquilamente se podrían ingresar a niños con discapacidad.

A continuación, se presentan las normas que son indispensables para la aplicación de la misma.

- ISO 7176-5 Sillas de ruedas. Parte 5: Determinación de las dimensiones totales, de la masa y de la superficie de giro.
- ISO/TR 13570-22) Sillas de ruedas. Parte 2: Valores típicos y límites recomendados de dimensiones, masa y espacio de maniobra según la Norma ISO 7176-5
- ISO 7176-5 Sillas de ruedas. Parte 5: Determinación de las dimensiones totales, de la masa y de la superficie de giro
- ISO 9386-1 Plataformas elevadoras motorizadas para personas con movilidad reducida. Reglas de seguridad, dimensionales y de maniobra funcional. Parte 1: Plataformas elevadoras verticales.
- ISO 4190-5:2006 Instalación de ascensores. Dispositivos de mando, señalización y accesorios complementarios.

## 2.9 Microcontrolador

Los microcontroladores constituyen una de las principales áreas de la electrónica aplicada porque facilitan la introducción de los procesadores digitales en numerosos productos industriales. Los microcontroladores se clasifican en cuatro gamas: Gama baja, gama media, gama alta y gama mejorada. (Mandado, Menéndez, Ferreira, & López, 2007)

Uno de los microcontroladores que se planea utilizar en este proyecto es el Arduino pro mini, el cual está basado en un chipset ATmega328P, está diseñada para ser utilizada como una instalación semipermanente en objetos, dispositivos a la medida o exposiciones, donde se requiera la potencia de un Arduino UNO mini.

- Esta placa viene con 14 E/S digitales de las cuales 6 pines se utilizan para proporcionar una salida PWM. Hay 8 pines analógicos disponibles en la placa.
- La capacidad de protección contra sobre corriente es otra característica que hace que este dispositivo sea seguro de usar en las aplicaciones en las que el paso de la corriente puede afectar al rendimiento general del proyecto.
- Arduino Pro Mini es una placa microcontroladora desarrollada por Arduino.cc y viene con el microcontrolador Atmega328 incorporado en el interior de la placa.
- Esta placa viene con 14 E/S digitales de las cuales 6 pines se utilizan para proporcionar una salida PWM. Hay 8 pines analógicos disponibles en la placa.

## 2.10 Arduino

Arduino es una plataforma diseñada específicamente para la elaboración de proyectos electrónicos a través de lenguaje de programación de código abierto el cuál esta basado en C y Javascript usado en trabajos tanto de hardware como de software libre, tiene como ventaja que es fácil de usar en proyectos y algoritmos de computación.

Se debe de tener en cuenta que al referirnos a hardware libre se está especificando equipos o dispositivos diseñados para ser utilizados de manera libre y sin algún tipo de restricción, por lo que basado a lo mencionado Arduino ofrece una amplia base de placas o dispositivos al público en general.

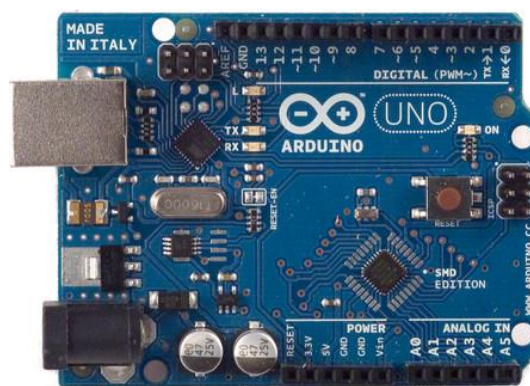
En cuanto al software libre se hace referencia a los programas que son elaborados por uno o de un tercero donde el código es abierto es decir que puede ser distribuido a través de la comunidad, modificado e incluso compartido sin ningún tipo de sanción a diferencia de otros lenguajes de programación que no permiten hacer este tipo de procesos en donde la aplicación de ingeniería inversa sería una sanción debido a la violación de políticas.

Arduino ofrece una plataforma específicamente desarrollada para la elaboración de aplicaciones para placas Arduino este entorno es conocido como IDE (Entorno de Desarrollo Integrado).

Cabe destacar que Arduino es una idea que nació en 2003 a través de un grupo de estudiantes del Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea localizado en Italia esto con la finalidad de facilitar el acceso a la electrónica y a la programación, el resultado de el trabajo elaborado permitió diferentes modelos de placas acorde al tipo de proyecto a realizarse en el estudio de investigación, práctica o cualquier actividad que lo incluyera. Arduino puede ser programado a través de sistemas operativos Windows en cualquiera de sus distribuciones, MacOS y GNU/Linux.

Entre las ventajas que incluye Arduino a la hora de ser utilizado son:

- Es una plataforma de código abierto al público es decir cualquiera puede utilizarla a su beneficio para la elaboración de proyectos, trabajos, entre otros.
- Es barato en relación al costo beneficio que otros microcontroladores ofrecen en el mercado
- El tipo de código utilizado para elaborar los proyectos es bastante sencillo y fácil de comprender a tal punto que puede ser modificado acorde a la necesidad que se presente
- Cuenta con una cierta cantidad de pines que son programables esto con el fin de brindarle una función a cada uno de ellos, así mismo posee una cierta cantidad de pines analógicos utilizados para sensores potentes.



*Figura 13. Arduino Uno, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor*

### 2.10.1 Funcionamiento del Arduino

El microcontrolador es una placa basada en integrado de capas de guardar comandos en una memoria para ejecutarlos (ATMEL), es decir este tipo de dispositivos son pequeños circuitos integrados en los que mediante lenguaje de programación se pueden guardar

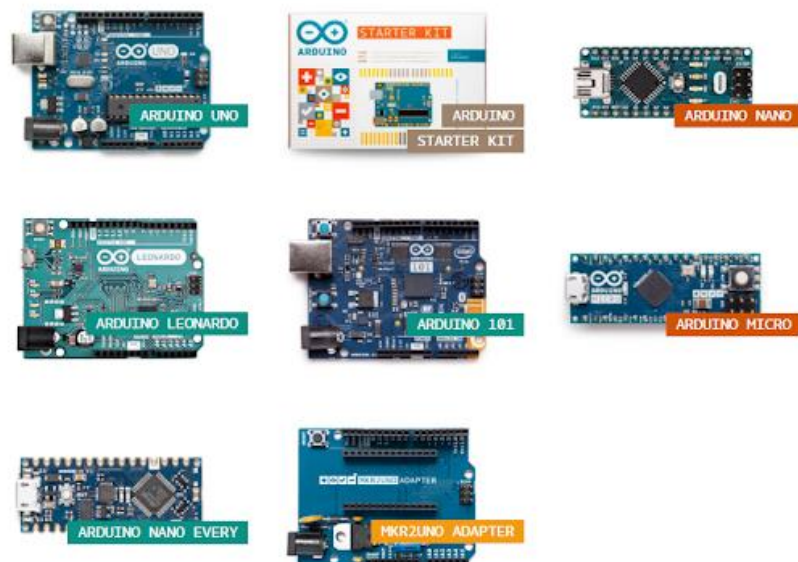
instrucciones, es necesario mencionar que el tipo de lenguaje de programación utilizado en la programación de este microcomponente se basa en un lenguaje de alto nivel.

Cuando se trata de grabar instrucciones a través de este dispositivo la información lo que hará es viajar por los periféricos conectados generando instrucciones de que deben hacer, los tipos de periféricos que se pueden utilizar para estos proyectos pueden ser desde cámaras para la obtención de imágenes, sensores para medir la presión arterial, el nivel de oxígeno entre otros.

### 2.10.2 Tipos de Arduino

Existe actualmente en el mercado una gran variedad de placas utilizadas para las necesidades de algún proyecto cabe destacar que Arduino es un proyecto y no un modelo específico de placa lo que significa que su función es compartida entre todos sus equipos de hardware para una mejor funcionalidad y manejo, los modelos cambian acorde a las características que estos poseen o mayor cantidad de pines para elaboración de proyectos. Hoy en día los Arduino más utilizados en el mercado son aquellos que están orientados al IoT (Internet de las Cosas) o a la impresión 3D y acorde a esta característica como se mencionó anteriormente los valores varían.

Además, la mayoría de estos componentes a excepción del Arduino Nano y Micro cuentan con un componente llamado Shields el cuál es muy utilizado para la elaboración de proyectos debido a que permite conectar la placa principal a este tipo de componente permitiendo así una gran cantidad de funciones como (GPS, relojes, sensor de ambiente en tiempo real, funcionalidad de Wifi) que solo con el Arduino sería imposible.



**Figura 14.** Tipos de arduinos, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### **2.11 Sistema de geolocalización GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre. Sin embargo, la comunidad civil ha encontrado alternativas para obtener una excelente precisión en la localización mediante las denominadas técnicas diferenciales. (A.Pozo-Ruz)

El sistema GPS tiene por objetivo calcular la posición de un punto cualquiera en un espacio de coordenadas, partiendo del cálculo de las distancias del punto a un mínimo de tres satélites cuya localización es conocida. La distancia entre el usuario (receptor GPS) y un satélite se mide multiplicando el tiempo de vuelo de la señal emitida desde el satélite por su velocidad de propagación. (A.Pozo-Ruz)

Por ende, para efectos de este proyecto utilizaremos este sistema GPS para enviar la ubicación (latitud y longitud) del usuario cada cierto tiempo mediante un mensaje SMS.

### **2.12 Marco legal**

Para el desarrollo del presente trabajo de titulaciom se tuvo como base legal en la ley organica de discapacidades en la cual el Art. 21 Certificación y acreditación de servicios de salud para discapacidad

En la constitucion del Ecuador se basa en al Art. 48 El Estado adoptará a favor de las personas con discapacidad medidas que aseguren subseccion 1 donde La inclusión social, mediante planes y programas estatales y privados coordinados, que fomenten su participación política, social, cultural, educativa y económica.

El Art. 49.- Las personas y las familias que cuiden a personas con discapacidad que requieran atención permanente serán cubiertas por la Seguridad Social y recibirán capacitación periódica para mejorar la calidad de la atención

El Art. 48.- El Estado adoptará a favor de las personas con discapacidad medidas que aseguren:

Según la subseccion 5: El establecimiento de programas especializados para la atención integral de las personas con discapacidad severa y profunda, con el fin de alcanzar el máximo desarrollo de su personalidad, el fomento de su autonomía y la disminución de la dependencia.



## **Capítulo III**

### **Propuesta**

Para el desarrollo de esta tesis se inclinó por trabajar con las siguientes metodologías de investigación:

#### **3.1 Metodología de Experimental**

De acuerdo con (Babbie, 1999) define a la investigación experimental como un estudio que se adhiere estrictamente a un diseño de investigación científica, el mismo que Incluye una hipótesis, una variable que puede ser manipulada por el investigador y variables que se pueden medir, calcular y comparar. Lo más importante es que esta investigación es completada en un entorno controlado donde el investigador hace una recopilación de los datos, luego del análisis de los mismo indicarán si los resultados apoyarán o rechazarán la hipótesis. Este método de investigación está enfocado en hipótesis donde dicha hipótesis es el centro de la investigación. Después de que el experimentador define el problema encontrado, debe presentar una respuesta tentativa al problema o hipótesis para luego confirmarla o desconformarla.

Inicialmente se realizará el diseño de la silla de ruedas ya sea una metálica ya construida ergonómicamente para esta comunidad de personas o una silla artesanal que se acople a las necesidades del beneficiario.

A su vez se hizo un análisis del consumo de corriente y voltaje de cada dispositivo, donde se llegó a la conclusión de alimentar el prototipo con una batería de litio de 12V a 3A o 5A. El sistema de engranaje debido a que se requiere una gran cantidad de torque/fuerza se decidió utilizar el motor de los eleva vidrios de carros, puente H el cual sería Dc Monster Vnh2sp30 30a Dual, módulo bluetooth, un acelerómetro y un módulo GPS.

#### **3.2 Metodología descriptiva**

En esta metodología se puntualizan las características de la población a la cual se está investigando. Toda información suministrada por esta metodología de trabajo deberá ser ciento por ciento real, verídica y sistemática, por lo que generalmente se evita hacer inferencias referentes al fenómeno.

Los métodos de recolección de datos empleados son la observación, encuesta y estudio de casos. A partir de la observación, se suelen extraer datos cualitativos, mientras que la encuesta suele proporcionar datos cuantitativos (Gross, 2010).

### 3.3 Investigación de Campo

Es la recopilación de nuevos datos cuyas fuentes primarias se dirigen a un propósito específico, es de datos cualitativos por lo que se encamina a comprender, interactuar y observar con las personas en su entorno natural. Este método recopila la información directamente de fuentes originales, lo que permite tener un control sobre la cantidad de datos recopilados donde generalmente resulta en un mejor conocimiento.

Por lo general las investigaciones de campo sirven como guía para tomar notas de la investigación teniendo 2 escenarios diferentes tanto como encuesta y entrevista, que para efectos de este proyecto trabajaremos bajo la modalidad de entrevista ya que se puede obtener información detallada sobre las actitudes y lo que la gente piensa sobre mi prototipo.

Para ello se tiene pensado realizar una serie de preguntas que serán dirigidas a las personas con discapacidad como a su vez a médicos especialistas o encargados de brindar atención terapéutica y evaluación referente a la salud con un grado de experiencia en su labor para así identificar qué elementos son los correctos o que causas principales incomodan a las personas con este tipo de problema.

En base a los requisitos mencionados se presenta la encuesta dirigida al personal anteriormente descrito donde mediante el uso de la técnica de campo “Entrevista” se presente generar un análisis con el fin de identificar el o los problemas actuales que existen en este pequeño grupo de toda la población ecuatoriana y así definir el esquema y diseño actual que será utilizado para el presente trabajo de investigación

#### 3.3.1 Entrevista a experto Psicóloga fisioterapeuta

La entrevista se la realizó a través de una sesión de Zoom debido a las restricciones sanitarias que se exigen en la actualidad a la psicóloga fisioterapeuta Mercedes Vera obteniendo los siguientes resultados.

##### **1.- ¿Cuáles son los beneficios que una persona con discapacidad motriz o Amelia buscan obtener al adquirir una silla de rueda?**

Muy buena idea muy creativa tu introducción a lo que tú quieres llegar, la silla de ruedas para una persona con discapacidad motriz le ayuda tener seguridad porque esta persona no puede mover sus piernas, miembros inferiores y la silla de ruedas le permite esa seguridad en transportarse porque todos nosotros no queremos estar en una vida sedentaria una vida estática y no que, queremos irnos de un lugar a otro entonces esto es algo muy importante para una persona discapacitada.

**Análisis:** La entrevistada mencionó que este prototipo les brindaría seguridad y confianza a los beneficiarios al transportarse en ella, ya que ellos como personas discapacitadas ya sea por problemas congénitos o algún accidente, no les gustaría llevar una vida sedentaria y poder movilizarse por su cuenta donde ellos gusten.

## **2.- ¿Por lo general las personas que padecen discapacidad motriz que solución buscan obtener?**

Siempre queremos ser independientes entonces como queremos ser independientes por eso queremos dispersarnos de forma autónoma hacia un lugar que queramos hacer nuestros ingenie personales y queremos irnos de forma laborar queremos transportarnos a una silla de rueda ya que no lo podemos hacer motrizmente nuestro miembro lo podemos hacer en la silla de ruedas

**Análisis:** La entrevistada fomenta que por lo general lo que más suele reprimir a las personas con discapacidad es la falta de independencia, ya que a ellos a pesar de su condición quisieran realizar actividades cotidianas por su propia cuenta tanto en el ámbito personal y laboral.

## **3.- ¿Cree que existe algún tipo de inconformidad en el uso de las sillas de ruedas en personas que padecen de discapacidad o Amelia y de ser así cuál sería la principal causa?**

Bueno siempre una persona con una discapacidad motriz hay que hacerle una rehabilitación psicológica eso es algo que ellos necesitan una primera instancia cuando están muy deprimidos porque por ejemplo, unos no tienen sus miembros inferiores hay otros que no tiene movilidad entonces uno de los asuntos muy importantes para trabajar con este paciente para que él se quite todos esos pensamientos que tiene negativo toda esa frustración porque a veces puede ser que un accidente le causo la perdida de las piernas o enfermedad lo primero que debemos hacer es hablar con este paciente es en forma con un profesional con un Psicólogo.

**Análisis:** Las inconformidades más comunes que rodean a este grupo de personas según la entrevistada es la negativa y la no aceptación de sus condiciones actuales.

## **4.- ¿Qué componentes considera necesarios en el diseño de una silla de rueda para comodidad al usuario que hace uso de ella?**

Siempre una silla de ruedas debe de ser funcional porque hay sillas de ruedas que tienen diferentes adaptaciones a la necesidad que tiene el paciente él puede ser una persona baja de estatura tiene que ser cómoda a colocar sus piernas y a lo personal darle esa comodidad al

paciente para que él pueda transportarse a cualquier lugar y sería ideal en esta parte funcional sea electrónica que aplaste botones o puede ser que no tenga manos no tenga brazos o puede ser que no tenga fuerza para mover las ruedas entonces si sería bueno que se adapte a las necesidades que requiere este paciente.

**Análisis:** En este caso en particular la entrevistada comentó que es una excelente iniciativa ya que personas con movilidad reducida en sus extremidades inferiores con tan solo el movimiento de su cabeza o mano pueden desplazarse, pero que la silla en sí se la tendría que adaptar para cualquier tipo de discapacidades para que sea de uso general y tenga un mayor alcance de usuarios beneficiados sea cual sea su discapacidad.

### **5.- ¿Por lo general que silla de rueda brinda mayor comodidad al usuario y por qué?**

Las que siempre mayor comodidad da al usuario, pero todas son iguales de que tienen sus ruedas pero en este tiempo que estamos en pandemia la situación económica que no esta tan buena en los aspectos laborales debería ser económica y accesible para que puedan comprar siempre hay que ver eso, que sea una silla de ruedas funcional y a su vez una silla de ruedas económica para muchas personas con discapacidad motriz, porque hay muchas personas con discapacidad motriz que no puede adquirir una silla de ruedas superior a lo que están trabajando con un sueldo básico si sería bueno que tomara en cuenta también la parte del valor que tenga la silla de ruedas.

**Análisis:** Un factor importante es el costo ya que mientras más variantes tenga la silla se asume que más elevado será el precio, por ende, con este tipo de sillas se abaratan costos y se realizan adecuaciones para brindarle mayor comodidad a los beneficiarios.

### **6.- ¿Considera necesario un tipo de silla de rueda que permita el desplazamiento de la persona a través de movimientos de la cabeza y saber su ubicación en tiempo real?**

La persona que está en una silla de ruedas debemos de tomar en cuenta que esta sedentaria esta estática pero es importante también que mueva todo su cuerpo y una de la parte del cuerpo la cual que está moviendo más es su cabeza porque, porque si tenemos una persona invalida esta del tronco para arriba porque las piernas para abajo no las puede mover porque la ha perdido no sé, la cabeza los brazos es importante que si exista una silla de ruedas que le permita poder mover y poder proteger también no, para sus giros de todas las extremidad que son los miembros superiores como el cuello la cabeza tenga bastante protección y la ubicación es importante porque ha pasado que no sabemos dónde está la persona que está enferma porque si una persona que ha perdido sus piernas con algún accidente o de salud se necesita

más cuidado de saber dónde está, esta ubicación nos permite saber dónde está, en la casa, en el trabajo o algo que ha pasado porque puede ser imagínese si a niños a jóvenes o adultos roban puede también llevar a la persona con la discapacidad motriz, con esta ubicación nos permite detectar donde esta y a una persona que lo han secuestrado o sea perdido nos permite encontrar.

**Análisis:** La entrevistada supo manifestar que, si es de gran ayuda este tipo de adecuaciones ya que al tener algún tipo de discapacidad se brinda la facilidad de mover la cabeza para su desplazamiento sin requerir sus extremidades inferiores o superiores, y sumado a esto el rastreo por GPS ya que si el usuario tiene algún tipo de accidente o se llega a desorientar se lo puede localizar rápido.

### **7.- ¿Qué otra sugerencia tendría en cuanto al diseño de una silla de rueda con GPS y autónoma?**

Claro, este siempre tomando en cuenta todo lo que he dicho es importante que la sillas de ruedas tenga eso que me allá dicho accesible a la economía de todas las personas que quieren adquirir porque a veces uno siempre tiene que pensar en vender para mayor producción, no podemos vender este tenemos que saber si es de calidad si es cantidad pero queremos vender a mayor persona entonces tenemos que tomar en cuenta el precio que no sea muy alto tenemos que dar una silla de ruedas siempre algo diferente a las necesidad que cada paciente vayan necesitando debemos estudiar a las personas, por ejemplo si hay una persona que te está comprando tú eres el dueño de esta idea creativa pregúntale, este sabes necesitas esta silla de ruedas que ajuste a algo tamaño o quisieras que a nivel de los brazos están golpeando las ruedas ósea, tratar de hacer una silla de ruedas muy personalizada y eso te va ayudando que tú estás pensando en tu cliente porque es muy importante dar ese servicio al cliente a cada uno lo que estás dando lo que necesita pienso que nadie piensa que no lo pensamos con un patrón para todos la sillas de ruedas para todos por igual tenemos para cada paciente para cada necesidades no sé si tú te quieres ampliar a una sillas de ruedas que por ejemplo que sirve de servicio higiénico una sillas de ruedas que te sirva para que coma puede ser para que tome el sol y este lo haga que se recueste un poco más para atrás porque la postura de una silla de ruedas es un alguno recto y puedes hacer uno que se recueste un poquito para atrás, tú tienes que ir manejando todas esas necesidad especiales para cada paciente para que tu vayas variando y tú te digas esos servicios que tú puedas dar para que siempre des algo más lo que tu competencia no tenga.

**Análisis:** Lo que pudo sugerir la entrevistada ya que como es una silla reconstruida según el diseño inicialmente propuesto, plantea el preguntarle al beneficiario cuáles son sus necesidades y requerimientos para que se pueda sentir cómodo en la silla, que no solamente le pueda servir para movilizarse sino también para dormir tomar sol hacer deportes, etc. Tener esa breve charla como para realizar un diseño único y exclusivo de acuerdo a las características que solicite el usuario final.

### **3.3.2 Entrevista a personas con discapacidades reducidas en sus extremidades inferiores.**

La entrevista se la realizó telefónicamente debido a las restricciones sanitarias que se exigen en la actualidad, al Sr. Gabriel Arboleda persona con discapacidad en sus extremidades inferiores obteniendo los siguientes resultados.

#### **1.- ¿Cree Ud. conveniente y beneficioso introducir un sistema de geolocalización (GPS) en una silla de ruedas?**

Si, sería bastante útil porque nos brindaría en cierta medida seguridad y un cierto grado de tranquilidad cuando nos estemos movilizand.

**Análisis:** Al entrevistado le pareció un aporte bastante útil la introducción de un GPS en la silla de ruedas ya que se sienten más seguros y en un caso no consentido se llegase a propinar algún tipo de incidente sus familiares podrán localizarlos con facilidad.

#### **2.- ¿Le gustaría tener el control absoluto de su silla de ruedas de manera autónoma? Si, No, Porque**

La verdad si porque muchas veces las personas con movilidad reducida se sienten dependientes o de alguna forma bastante asistidos por otras personas, lo cual nos ayudaría bastante en la moral de este grupo de personas e independizarse un poco más.

**Análisis:** Se puede apreciar según la opinión del entrevistado, que él como persona discapacitada añoraría tener una silla de ruedas la cual la pueda mover de manera autónoma y así tratar de ser más independiente en sus actividades cotidianas.

#### **3.- Además de la introducción de un GPS y control autónomo de la silla de ruedas ¿Qué otro complemento le gustaría tener para su comodidad en la silla de ruedas?**

Hasta el día de hoy no tenía idea de que se podía poner un GPS y hacer una silla autónoma, yo estaba pensando más en la comodidad al momento de utilizar las sillas porque muchas veces son extremadamente incómodas y generan lesiones en la espalda.

**Análisis:** Las prioridades del entrevistado eran otras, las veía más desde el ámbito de la comodidad, pero al presentarle el diseño propuesto en este proyecto su perspectiva cambio totalmente ya que al conocer que se podían hacer este tipo de adecuaciones tecnológicas quedó sorprendido y maravillado, de tal manera que le gustaría que se realicen más proyectos de esta índole.

#### **4.- Le daría su completo apoyo a este tipo de proyectos para la comodidad y bienestar de las personas con discapacidad en sus extremidades inferiores**

Claro que, si ya que me parece una propuesta innovadora, me atrae mucho la atención y como te digo va a llegar a que las personas con movilidad reducida se independicen un poco más lo que moralmente no hace sentir mucho mejor.

**Análisis:** Existen un total y completo apoyo al prototipo por parte del entrevistado ya que este proyecto les daría más libertad y un poco más de independencia lo cual para esta comunidad de personas discapacitadas en sus extremidades inferiores los motiva moralmente.

#### **5.- ¿Estaría de acuerdo con que se realicen este tipo de prototipos a bajo costo para los distintos tipos de discapacidades? Porque**

Pues sí, aunque la verdad una de las primeras inquietudes fue el costo porque al mencionarme geolocalización y silla de ruedas autónoma me hicieron pensar que es algo extremadamente costoso y las personas con este tipo de discapacidades o incluso en ocasiones algún accidente no puede acceder a este tipo de beneficios por el costo y porque es bastante elaborado, pero está bien apuntarlo a ser algo de bajo costo para que la mayor cantidad de personas puedan acceder a este bien.

**Análisis:** El presupuesto era un factor que preocupaba mucho al entrevistado ya que el prototipo cuenta con procesos y materiales complejos, pero al plantearle los costos de presupuestos y ver que es un valor considerablemente bajo, estuvo completamente de acuerdo con que se realicen diseños de prototipos para las diferentes discapacidades ya que son de precio accesible y ayudaría mucho a su beneficiario.

#### **6.- ¿Qué opina al respecto de una pequeña producción en masa de estos prototipos realizados con presupuesto significativamente reducido?**

Me parece una idea bastante buena porque al decir producción en masa me hace pensar en mucha gente beneficiada por esto, estoy de acuerdo con eso.

**Análisis:** En la perspectiva del entrevistado cree que con una producción masiva de este prototipo se podrá tener un mayor alcance para llegar a personas de escasos recursos y puedan acceder a esta clase de beneficio a un precio razonable.

**7.- ¿Si tuviera la facilidad de acceder a este prototipo para personas con discapacidades reducidas en sus extremidades inferiores la aceptaría? Si, No, Porque**

Por supuesto, me pareció bastante interesante y algo innovador, me gustaría probarlo ya podría ayudarme a cambiar un poco el estilo de vida que llevo.

**Análisis:** Se observó en el entrevistado un pleno interés en adquirir una de estas sillas ya que además de gustarle sus innovaciones tecnológicas, cree que lo ayudará a mejorar su estilo de vida lo cual lo motiva moralmente.

### **3.4 Comparativa de los dispositivos para el diseño del prototipo**

Los microcontroladores son componentes eléctricos que tienen como finalidad permitir controlar o dar instrucciones a ciertos componentes acorde a la necesidad o complejidad que este requiera, donde dentro del presente trabajo de investigación se pretende realizar una comparativa de los diferentes microcontroladores más utilizados y escoger el que mejor se adapta a el presente trabajo de investigación. Como se lo indico con anterioridad en el capítulo 2 el microcontrolador es el encargado de controlar y enviar instrucciones lógicas a los dispositivos que gobierna.

#### **3.4.1 Comparativa de Microcontroladores**

Para la selección del microcontrolador idóneo del prototipo nos basamos en la tabla 1, donde se realizó una comparativa de los controladores más comunes actualmente en el mercado con el fin de identificar el que mejor se adapte para el presente trabajo de investigación donde de todas las opciones planteadas se pudo determinar que el microcontrolador Arduino es el que será utilizado debido a su amplia información existente a través de diferentes fuentes en internet como a su vez el fácil uso que tiene como la integración con terceros a diferencia de los otros controladores.

Otro punto importante para mencionar es el bajo costo de adquisición lo que permite accesibilidad de compra a diferencia de otros como Raspberry Pi o PIC que se requiere de un costo mayor de inversión.



**Tabla 1.- Comparativa entre Microcontroladores**

| Opciones                 | Arduino | Raspberry pi | ESP-8266 | PIC   |
|--------------------------|---------|--------------|----------|-------|
| Información en internet  | Alta    | Alta         | Media    | Media |
| Fácil uso                | Si      | No           | Si       | No    |
| Escalable                | Si      | Si           | Si       | Si    |
| Integración con terceros | Si      | Si           | Si       | Si    |
| Bajo costo               | Si      | No           | Si       | No    |
| Software multiplataforma | Si      | Si           | Si       | No    |
| Entorno de programación  | Fácil   | Medio        | Fácil    | Medio |
| Flexible                 | Si      | No           | Si       | No    |

*Información tomada de <https://www.google.com>, elaborada por el autor*

Una vez determinado el tipo de microcontrolador a utilizar se procederá a explicar cuál de los diferentes modelos de Arduino existentes en el mercado será usado como a su vez una pequeña explicación de su función dentro de la presente investigación.

Los cuales se los detalla en la tabla 2 donde se realizó una comparativa entre los diferentes chips ATMega que en la actualidad existen en el mercado, cabe destacar que de la amplia variedad de microcontroladores de este tipo se procedió solo a comparar aquellos que tienen una mayor influencia en ventas o los más conocidos acortando la lista.

### 3.4.2 Comparativa de módulos Arduino

Para el presente trabajo se tiene pensado hacer uso de 2 microcontroladores siendo el primero de ellos el Arduino uno debido al almacenamiento que maneja para los datos procesados en su SRAM y por otra parte el Arduino nano el cual debido a costo es más accesible que el resto además de poseer casi las mismas características que el Arduino Uno siendo un componente muy potente y necesario en el proyecto, un factor a mencionar es que se descartó el uso del Arduino Mega por su elevado costo como la limitante en velocidad de reloj a comparación de los ATMega antes mencionados, también se descartó el uso del Arduino pro mini debido a que no ofrecía una compatibilidad con algunos de los dispositivos del prototipo.

**Tabla 2.- Comparativa entre Módulos Arduino**

| Opciones | Arduino Uno | Arduino Mega | Arduino Nano | Arduino pro mini |
|----------|-------------|--------------|--------------|------------------|
| Flash    | 32 KB       | 256KB        | 16 KB        | 32 KB            |
| EPROM    | 1 KB        | 4KB          | 512 bytes    | 1 KB             |

| Opciones           | Arduino Uno | Arduino Mega | Arduino Nano | Arduino pro mini |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|------------------|
| Pines Analógicos   | 6           | 16           | 8            | 8                |
| Pines digitales    | 14          | 54           | 14           | 14               |
| SRAM               | 2 KB        | 8 KB         | 1 KB         | 1 KB             |
| Velocidad de Reloj | 16 MHZ      | 8 MHZ        | 16 MHZ       | 16 MHZ           |

*Información tomada de <https://www.google.com>, elaborada por el autor*

### 3.4.3 Comparativa de módulos Bluetooth

Se conoce como bluetooth a la conexión inalámbrica dada entre 2 o más dispositivos dentro de un rango específico determinado por el estándar con ello lo que se busca es compartir, transmitir y recibir información entre los diferentes equipos que manejan esta tecnología. Para el presente trabajo se presenta una comparativa de los diferentes tipos de bluetooth que puede funcionar con el microcontrolador seleccionado en la tabla 2, por ende, debido a que existirá una intercomunicación entre los Arduino Uno y el nano, se requiere algún medio para que exista la transmisión y recepción de datos de forma correcta donde para ello se estableció una comparativa entre módulos bluetooth HC que se la analizará en la tabla 3, con la finalidad de determinar cuál de los módulos es el más adecuado para el proceso de emisión y recepción de datos.

De la comparativa realizada se determinó que el módulo HC-05 se usará en el proyecto de investigación debido a que permite una funcionalidad de modo master-esclavo permitiendo que exista una comunicación centralizada en la red donde formaran parte el Arduino uno y en pro mini además de permitir hasta de máximo 8 dispositivos al mismo tiempo controlados por el master o bluetooth principal, también es importante mencionar que al igual que el módulo HC-05 el HC-08 cuenta con la misma función, pero a comparación de costos e información existente en la web limita en funcionalidad. Estos módulos que serán utilizados para el desarrollo de la investigación solo trabajarán con sistemas operativos para teléfonos Android donde si el usuario final desea establecer una comunicación con un sistema IOS que poseen los (iPhone) será imposible.

Otro punto para mencionar es que se hace uso de la comunicación bluetooth el cual sirve para transferir voz y datos punto a punto sin la necesidad de tener conexión a internet, es decir que está orientada a la conexión entre dos dispositivos digitales diferentes, y no wifi debido a que esta última requiere de un componente adicional para que los Arduino puedan funcionar haciendo que el costo total de operación sea más elevado.

**Tabla 3.- Comparativa entre módulos Bluetooth**

| Opciones                      | HC-05  | HC-06  | HC-08    |
|-------------------------------|--------|--------|----------|
| Configuración en modo Maestro | Si     | No     | Si       |
| Configuración en modo esclavo | Si     | No     | Si       |
| Modo AT                       | Si     | Si     | Si       |
| Multiplataforma (IPhone)      | No     | No     | No       |
| Bajo costo                    | Si     | Si     | No       |
| Fácil uso                     | Si     | Si     | Si       |
| Frecuencia de operación       | 2.4GHz | 2.4GHz | 2.4GHz   |
| Información en internet       | Amplia | Amplia | Limitada |

*Información tomada de <https://www.google.com>, elaborada por el autor*

### 3.4.4 Comparativa entre Acelerómetros

El acelerómetro al ser es un dispositivo que cuantifica la aceleración o vibración de una estructura en movimiento, para su proceso de selección nos basamos en la tabla 5, donde se considerará mucho el rango y las características adicionales a las cuales ya vienen de fábrica por defecto.

Otras características que tienen bastante incidencia como el rango que, en la mayoría de los casos, un rango menor a gran escala significa una salida más sensible, por ende, para obtener una lectura más precisa de un acelerómetro se lo deberá realizar con un rango de baja escala, y la interfaz ya que cuentan con una análoga, digital (I2C o SPI) o por Modulación de Ancho de Pulso (PWM).

En la tabla 4 se presenta una breve lista de acelerómetros donde se llegó a la conclusión que el acelerómetro que más convenía utilizar en este proyecto de titulación en particular es el MPU-6050, ya que combina un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes en un mismo chip, llegando a ser el primer sensor de movimiento que integra estas características a un bajo precio en el mercado. Tiene un procesador digital de movimiento apto para realizar complejos algoritmos para la captura de movimientos de 9 ejes. Su protocolo de comunicación es el estándar a través de una interfaz I2C, dentro de sus características especiales consta la integración de un regulador de voltaje a 3.3V con resistencias pull-up, fácil conexión y posee un rango de escala programable de 250/500/1000/2000 grados/seg para el giroscopio y de 2g/4g/8g/16g para el acelerómetro.

**Tabla 4.** *Tabla comparativa entre Acelerómetros*

| Opciones | Rango   | Interfaz         | Ejes | Requerimientos de energía                        |
|----------|---|------------------|------|--|
| MMA7361  | $\pm 1.5 \text{ g}$ y $\pm 6 \text{ g}$                   | Analógica        | 3    | 2.2 a 3.6VDC, 400 $\mu\text{A}$                  |
| ADXL335  | $\pm 3 \text{ g}$   | Analógica        | 3    | 1.8 a 3.6VDC, 350 $\mu\text{A}$                  |
| MMA8452  | $\pm 2 \text{ g}$ , $\pm 4 \text{ g}$ , $\pm 8 \text{ g}$ | Digital I2C      | 3    | 1,95V a 3,6V 6 $\mu\text{A}$ - 165 $\mu\text{A}$ |
| ADXL345  | $\pm 16 \text{ g}$  | Digital SPI /I2C | 3    | 2.0V to 3.6V 40 $\mu\text{A}$                    |
| MPU6050  | $\pm 2 \pm 4 \pm 8 \pm 16 \text{ g}$                      | Digital I2C      | 3    | 3V a 5V  |

Información tomada de <https://www.google.com>, elaborada por el autor

### 3.5 Componentes del prototipo

#### 3.5.1 Alimentación

Para la alimentación del prototipo se realizaron varias pruebas en las cuales se utilizaron baterías de lipo de 3 celdas con un voltaje aproximado de 12V a 5A, que en un principio funcionaron de una forma aceptable, pero para la finalidad del proyecto que es darle al usuario manejo total y autónomo de su silla no alcanzó, ya que funcionan hasta un máximo de 3 a 4 horas aproximadamente, después de ese tiempo se las tiene que recargar.

Sumado a eso los elevados costos y cuidados al tener este tipo de baterías hicieron que finalmente se decline por trabajar con una batería de motocicletas convencionales y sean las que se van a utilizar en el proyecto porque en las pruebas realizadas presentaron una gran diferencia superando en todos los ámbitos a las baterías de litio ya que estos, si ofrecen un funcionamiento 24/7, y tienen voltaje y amperaje suficiente para el funcionamiento ideal del prototipo.

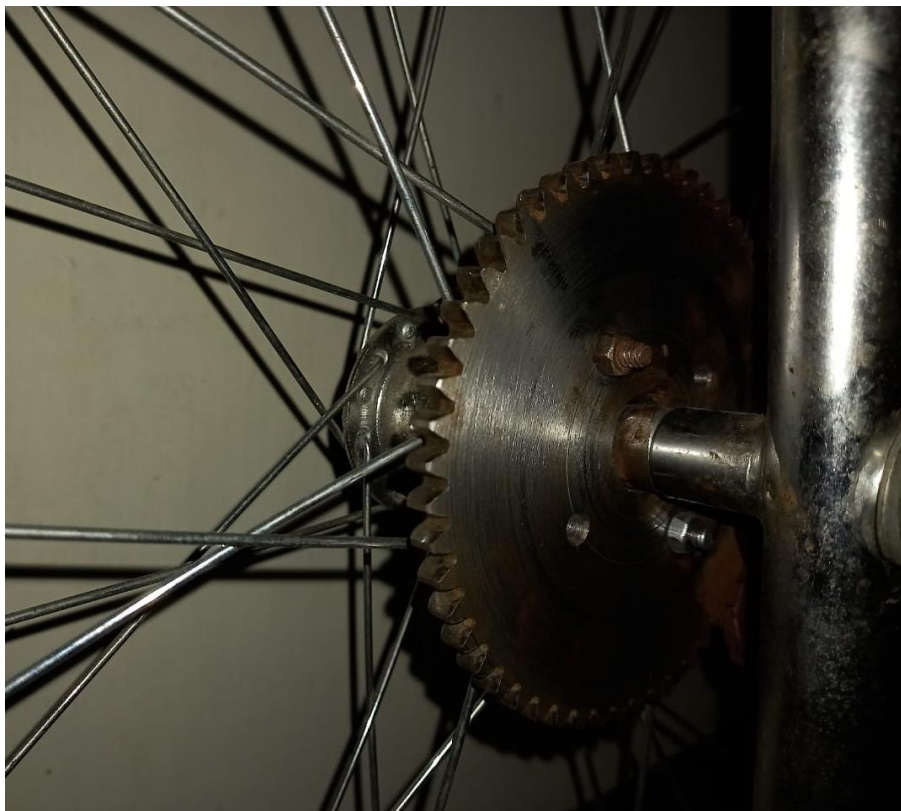


**Figura 15.** *Batería de motocicleta, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor*

### 3.5.2 Sistema de engranaje

En cuanto al sistema de engranaje se presentó una gran disyuntiva ya que se tenía que priorizar o bien ofrecer un prototipo veloz o uno el cual tenga la fuerza necesaria para desplazar al beneficiario sin ningún tipo de inconvenientes, por ende, se barajó la posibilidad de utilizar 2 tipos de engranajes los servo motores ya que son una clase especial de engranajes porque dan acceso a controlar la posición del eje en ocasiones puntuales, los cuales están diseñados para desplazarse a una cierta cantidad de grados para después mantenerse fijo en una posición, y el sistema de elevavidrios de un automóvil.

Para esto se les adaptaron a las ruedas que vienen de fábrica en la silla dos discos de 4 pulgadas y media de diámetro con 6 mm de espesor donde cuenta con 4 huecos con medida de 3-16 de diámetro y dos pernos con medida de 3-16 para sujetarse del eje de la rueda.



**Figura 16.** engranaje de ruedas, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Después de realizar las pruebas de funcionamiento se determinó que la mejor opción sería colocar las llantas con el disco de la silla a los motores de elevavidrios de carros debido a que estos generan un mayor poder de torque lo suficientemente necesario para el desplazamiento de la silla de ruedas más el usuario final y principalmente son más robustos y resistentes a las adecuaciones que se pretenden realizar en el prototipo.



**Figura 17.** motor de elevavidrios para carros, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 3.5.3 Control Driver vnh2sp30 para los motores

En el diseño del prototipo también se requerirá un puente H, el cual se tiene una particularidad singular en este dispositivo ya que ofrece doble funcionalidad actuando como un puente H y driver a la vez, el cual controla los motores y envía el voltaje de alimentación al circuito proveniente de la batería.

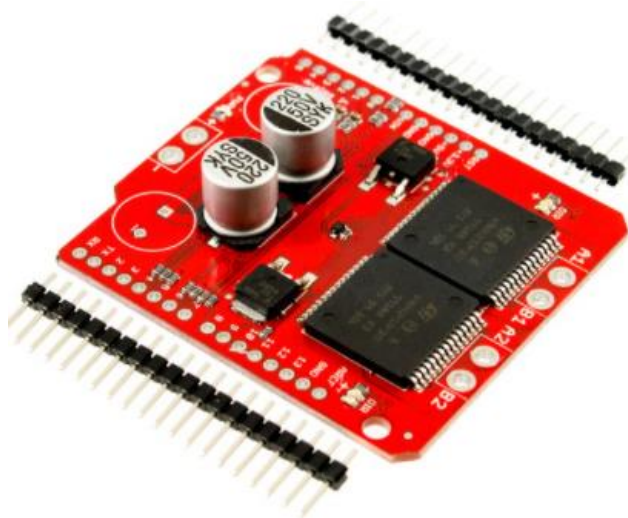
El módulo driver VNH2SP30, puente H, permite controlar 1 motor de corriente directa, mediante la técnica PWM. Cuenta con entradas digitales con niveles de 0 a 5 volts para el control de velocidad a través de la señal PWM, y de la dirección de giro del motor. Se requieren solamente 3 señales para su conexión al microcontrolador. (puntoflotante, 2017)

El módulo cuenta con una alta capacidad de disipación, el cual le permite suministrar una corriente total de salida en el motor de hasta 30 amperes pico, o de 14 amperes en forma continua. Puede manejar tanto motores de mediana capacidad como de alto par (Torque), a voltajes de alimentación típicamente de entre 6 y 24 volts. (puntoflotante, 2017)

Además de tener compatibilidad con el microcontrolador mencionado en la tabla 2, otras de sus características relevantes que hicieron que se seleccione este dispositivo son las siguientes.

- Censado de corriente disponible en el pin análogo
- MOSFET on-resistance: 19 mΩ
- Frecuencia PWM máxima: 20 kHz

- Apagado térmico
- Apagado por voltaje bajo y por sobre voltaje
- Posee protección térmica
- Tolerancia a los cambios de voltaje
- Compatible con Arduino



**Figura 18.** Driver VN12SP30 PWM Puente H 30A, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

Todos los componentes existentes deben ser capaz de trabajar en modo multifabricante es decir convivir entre sí para tener el funcionamiento esperado en el presente proyecto además de ser capaces de enviar datos a través de sus equipos en conexión master-Slave ya mencionados anteriormente, por otra parte todo este diseño mencionado va a tener que ser monitoreado en tiempo real a través de coordenadas de Latitud y Longitud con el fin de saber la ubicación actual de la persona, para ello es necesario la integración de otro dispositivo conocido como SIM 900.

### 3.5.4 Modulo Gprs/Gsm Shield SIM 900

Este módulo es un Shield ultra compacto que está basado en el chip SIM900, totalmente compatible con los módulos Arduino Uno, mega y nano, el cual puede trabajar en frecuencias GSM/GPRS de 850/900/1800/1900 MHz para realizar llamadas de voz, envíos de SMS o hasta inclusive de fax, con la particularidad de que necesita un muy bajo nivel de consumo y diseño que a pesar de ser pequeño posee grandes características.

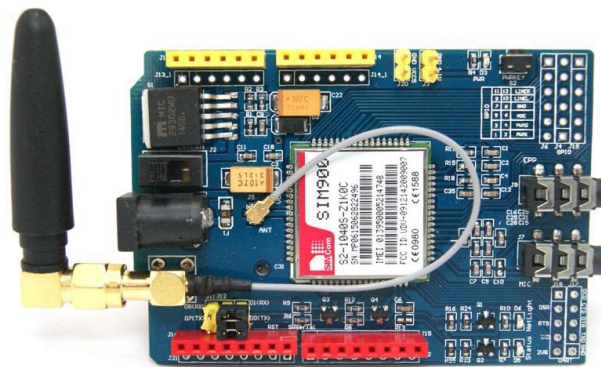
El protocolo de control y configuración para este módulo es UART, utilizando comandos AT, a la que por default la velocidad es de 19200 baudios.

Para modificar esta función tiene un jumper que se conectará en los pines digitales para cuando se requiera la comunicación D0-D3, también existe un switch en la placa que permite seleccionar entre un puerto debug o una conexión UART, que también se lo puede configurar para el Arduino.

El SIM900 tiene la facilidad de conectarse directo a una PC de escritorio o laptop a través de un chip FTDI232, y una de sus funcionalidades más relevantes que posee es la inclusión de un súper capacitor con un sistema de retroalimentación el cual le da la capacidad de funcionar como RTC y dar información de fecha y hora.

A continuación, se detallan otras características importantes del Módulo GPRS/GSM Shield SIM 900

- Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 Mhz
- GPRS multi-slot clase 10/8GPRS mobile station clase B
- Compatible GSM fase 2/2+Clase 4 (2 W (AT) 850 / 900 MHz)
- Clase 1 (1 W (AT) 1800 / 1900MHz) TCP/UP embebido
- Soporta RTC
- Consumo de 1.5 mA (susp)
- Frecuencia 850/900/850/900
- Voltaje de alimentación mínima: 9 V
- Servicio de mensajería (cortos): Envío de pequeñas cantidades de datos a través de la red (ASCII o primas hexadecimales)



**Figura 19.** SIM900, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

Se descartó la comparación de ciertos mecanismos o herramientas a utilizar como por ejemplo que tipo de sillas de rueda es la más idónea debido que este tipo de componentes requiere adaptarle diferentes piezas en base a ciertos criterios a considerar como los aros o el motor que se va a encargar de desplazar a la persona e incluso la comodidad que esta puede generar, el tamaño o el tipo de antebrazo necesario para el descanso entre muchos más serán



detallados de mejor manera en el capítulo 4. Un punto importante a mencionar es que este trabajo tiene como finalidad brindarle la mayor facilidad al usuario final, es decir, todo aquel que posea algún tipo de discapacidad motriz o incluso Amelia en toda su etapa de vida.

### 3.5.5 Módulo Bluetooth HC-05

Este módulo bluetooth irá conectado al Arduino Uno el Rx (receptor) va al pin-11 y el Tx (transmisor) al pin-10 el Vcc directo a 5V y GND a GND del Arduino.



**Figura 20.** Módulo Bluetooth, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30 Elaborado por el autor

### 3.5.6 Módulo Arduino nano

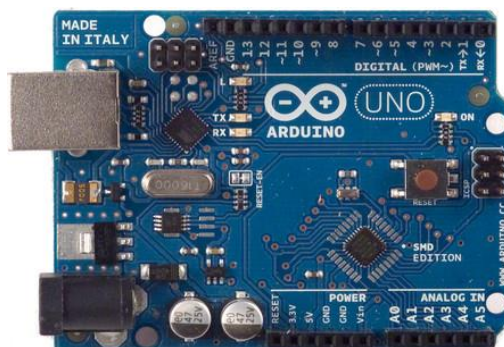
El módulo Arduino nano será el encargado de enviar la información que será captada por el acelerómetro a través de los pines A4 y A5 analógicos y que le dará la alimentación necesaria para su funcionamiento respectivo.



**Figura 21.** Módulo Arduino nano, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 3.5.7 Módulo Arduino uno

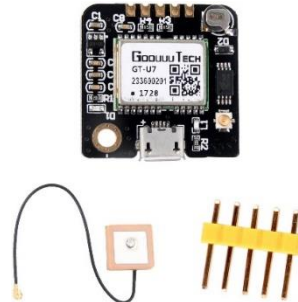
Será el encargado de dar señales de 1 y 0 a los diferentes componentes que estarán conectados en la placa y a su vez se la usará como esclavo para la recepción de datos enviados por el Arduino nano.



**Figura 22.** Arduino Uno, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 3.5.8 Módulo GPS GT - U7

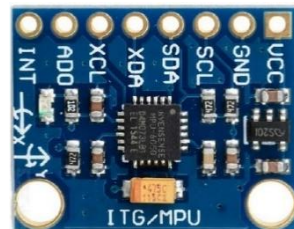
Este módulo GPS será el que se conectará con los satélites para poder mejores resultados y más precisión gracias a su rediseño de la antena y podremos obtener las coordenadas a través de sus pines Tx y Rx y conectándolo al Arduino con un voltaje de 5v tendremos su funcionamiento.



**Figura 23.** Arduino Uno, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 3.5.8 Sensor Acelerómetro MPU-6050

Este Sensor es el primordial del prototipo, gracias a sus pines SCL y SDA nos dará valores al momento de realizar algún movimiento dependiendo su eje como un plano cartesiano para después ser enviado.



**Figura 24.** Sensor acelerometro, Información tomada de <https://sites.google.com>. Elaborado por el autor

### 3.5.9 Motores

Para el buen funcionamiento de este prototipo de este prototipo se utilizaron los motores de los eleva vidrios de los autos de 12V con el torque necesario para movilizar a un usuario de máximo 250lbs, al que se le adapto un soporte de plancha Negra de 3-16 de espesor para que quepa en la silla.



**Figura 25.** Motores, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.6 Diseño del prototipo

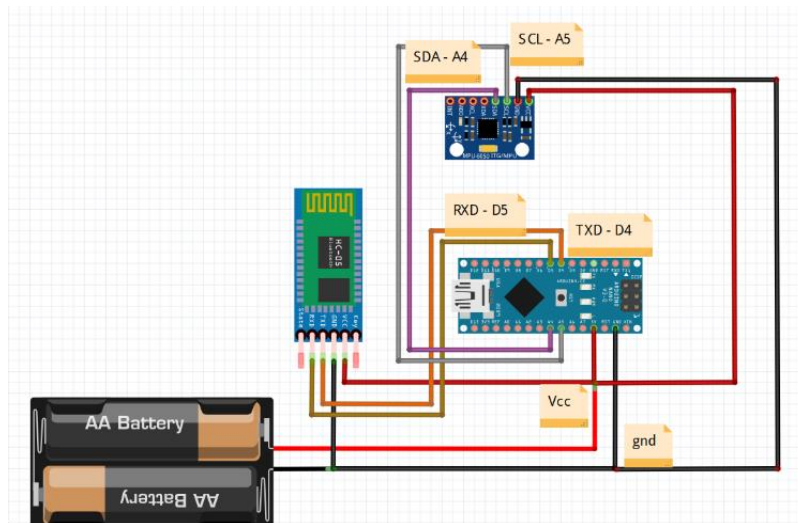
#### 3.6.1 Circuito Master-Esclavo

Para la comunicación de todos los dispositivos del prototipo se propone establecer una comunicación de tipo master-esclavo donde el Arduino nano será el encargado de generar ordenes o envío de datos al esclavo (Arduino Uno) a través de su medio de intercomunicación que será detallado más adelante, al realizar este tipo de comunicación se tiene un funcionamiento centralizado siendo más fácil de administrar.

Para el diseño a presentarse en formato Master-Esclavo se requiere de un microcontrolador que permita el envío y recepción de datos en modo cliente servidor donde para ello se debe determinar que placa Arduino es la más idónea para ello se presenta la siguiente comparativa que detalla de mejor forma el microcontrolador a utilizar

#### 3.6.2 Circuito Master

Este circuito que como anteriormente se lo mencionó estará conformado por un módulo bluetooth HC-05, un acelerómetro mpu-6050 y un Arduino Uno, a pesar de solamente contar con 3 dispositivos es el circuito principal ya que es el encargado de enviar únicamente los datos generados por el acelerómetro al Arduino Uno.



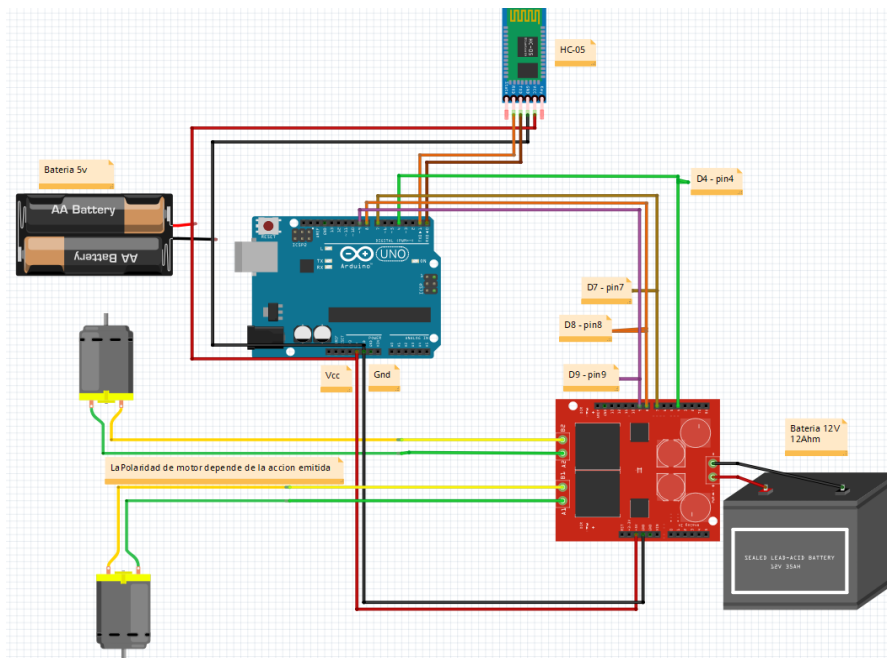
**Figura 26.** Circuito Master, Información adaptada de Fritzing Elaborada por Romero Danny

En este esquema de conexión el Arduino y el Vcc son 5v de entrada y GND es la tierra para la alimentación del circuito, luego la conexión del bluetooth RXD – D5 es donde recepta los datos y va directo al pín digital 5, el TXD – D4 es para transmitir datos desde el pín D4 es enviado al bluetooth. SDA – A4 es el encargado de dar los valores de X y -X donde va conectado al pín A4 analógico y luego será transmitido al pín D5 para ser transmitido.

Y por último el SCL – A5 es el encargado de dar los valores de Y y -Y es captado por el pin A5 analógico y transmitido al pin D5 para su transmisión con el bluetooth esclavo.

### 3.6.3 Circuito Esclavo

Este circuito en cambio recepta los datos enviados por el acelerómetro a través del bluetooth para luego mediante la programación crear las condiciones para que la silla realice los desplazamientos ya sean estos adelante, atrás, izquierda, derecha, según lo cómo se mueva el beneficiario. Por consiguiente, este circuito envía pulsos al driver el cual es el encargado de accionar los motores.

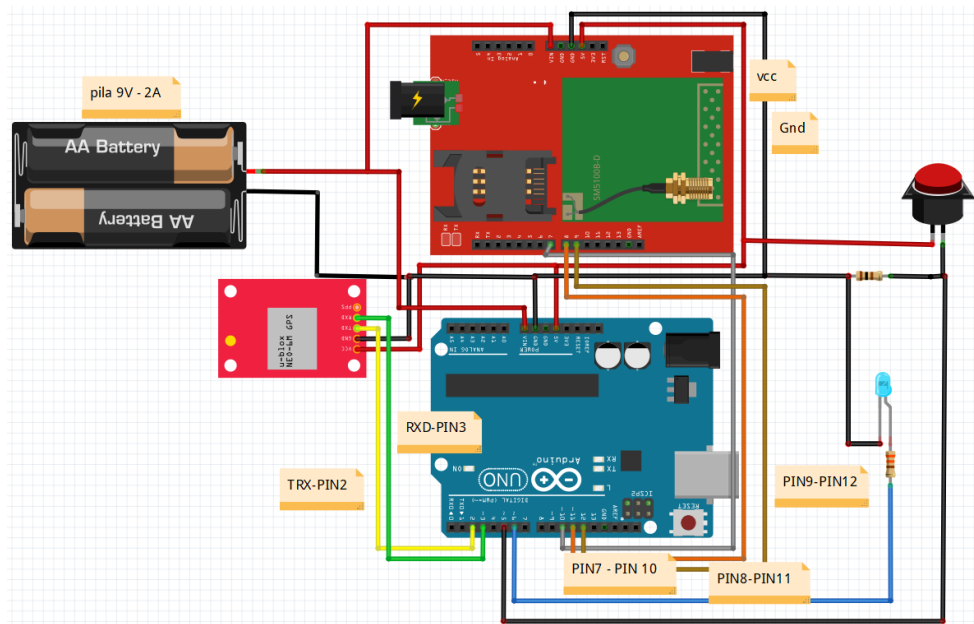


**Figura 27.** Circuito Esclavo, Información adaptada de Fritzing Elaborada por Romero Danny

En el siguiente diagrama se encuentra el Arduino uno, modulo bluetooth HC-05, driver vnh2sp30, batería de 12V con 12Ahm, dos motores DC que soporta hasta 12v con 40W que nos brinda mucho torque, además con una batería de 5v que nos alimentara el circuito, para comenzar el Arduino uno va conectado desde el pin 4 hasta el pin 9 donde el D7 – PIN7 con el D8 – PIN8 es el que controla las señales del primer motor donde el D7 – PIN7 será el positivo D8 – PIN8 será el negativo indicando de entrada digital y en la salida será el A1 – B1 indicando que el A1 será el PIN7 del driver y el B1 será el PIN8 del driver es decir que cuando ingrese una señal D7 y D8 esa señal pasara por el chip vnh2sp30 y es una salida del A1 y B1 para el primer motor.

Así mismo para el D4 – D9 del Arduino pasara al driver PIN4 – PIN9 donde esa señal pasara a ser A2 – B2 para la salida del motor luego en el driver se debe de conectar la batería que alimentara a los motores de salida en este caso se utilizó batería de 12v 12Ahms.

A continuación, se presenta en la figura 28 el esquema de conexión del GPS, los dispositivos con los que interactúa y las pruebas de campo realizadas una vez acoplado al funcionamiento del prototipo.



**Figura 28.** Esquema de conexión del GRPS/GSM900, Información adaptada de Fritzing Elaborada por Romero Danny

### 3.6.4 Diseño de la silla de ruedas

Como se muestra en la figura 29 es el resultado de los engranajes sujetos en el eje de las ruedas y unido con los engranajes de los motores para que se puedan mover al momento de que sea alimentado por el driver.



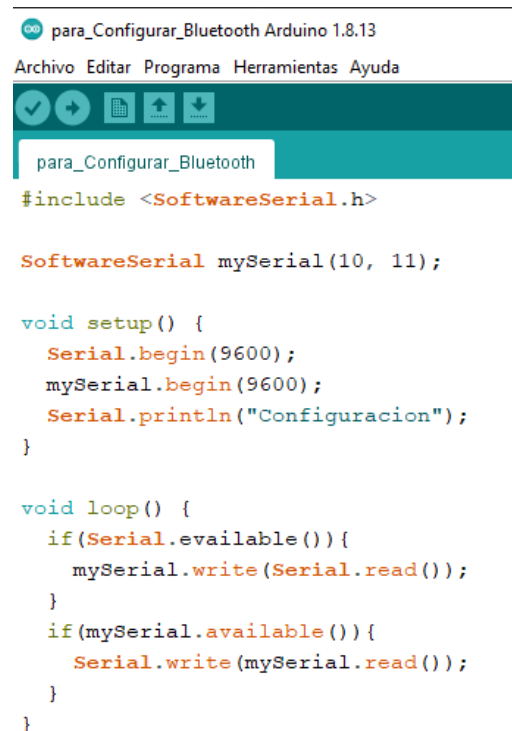
**Figura 29.** Prototipo-Silla de ruedas, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor



### 3.7 Configuración de los dispositivos

#### 3.7.1 Configuración del módulo bluetooth HC-05 a modo Maestro

Una vez teniendo las conexiones del Bluetooth Maestro se debe de conectarlo al puerto USB de la computadora a utilizar y se procede a subir el código presentado en la figura 30



**Figura 30.** Comunicación de Circuitos Master-Eslavo, Información tomada de Arduino IDE. Elaborado por el autor

Luego se procede a el cambio de nombre de este dispositivo ya viene configurado de fabrica como “HC-05”, pero con el siguiente comando AT se podrá renombrar el dispositivo que en este caso para este trabajo de titulación se lo configuró como “SillaMaestro”

- Enviar: AT+NAME=<Nombre> Ejm: AT+NAME=SillaMaestro
- Respuesta: OK

Una vez modificado el nombre del dispositivo la siguiente configuración que se cambiará en este módulo es su código de vinculación, el cual por defecto viene con el pin “1234”, y para evitar que personas ajenas a los beneficiarios se vinculen se lo cambiará a “dromero1”, con el siguiente comando AT

- Enviar: AT+PSWD=<"Pin"> Ejm: AT+PSWD="1234"
- Respuesta: OK

Y finalmente, para saber cuál es el pin actual de nuestro módulo se deberá enviar el siguiente comando: AT+ PSWD

### 3.7.1.1 Configuración de la velocidad de comunicación

En esta configuración la velocidad por defecto es de 9600 baudios, con Stop bit =0 (1 bit de parada), y sin Paridad, por ende, para cambiar estos parámetros se hace uso del siguiente comando AT:

- Enviar: AT+UART=9600,0,0
- Respuesta: OK

### 3.7.1.2 Configuración del Role para trabajar como Maestro

Por defecto nuestro HC-05 viene como esclavo, el Siguiente comando nos permite cambiar esto:

- Enviar: AT+ROLE=<Role> Ejm: AT+ROLE=0
- Respuesta: OK
- Donde:<Role>
- 0 -> Esclavo
- 1 -> Maestro

Para saber cuál es la configuración actual, enviar el siguiente comando: AT+ ROLE?

### 3.7.1.3 Configuración del modo de conexión Maestro

En este método de conexión el módulo necesita saber si se conectará con un dispositivo en particular o con cualquiera que esté disponible.

- Enviar: AT+CMODE=<Mode> Ejm: AT+CMODE=1
- Respuesta: OK
- Dónde: < Mode >
- 0 -> Conectarse a un dispositivo con la dirección especificada (Se utiliza otro comando AT para especificar esta dirección).
- 1 -> conectar el módulo a cualquier dirección disponible(aleatorio).

Para averiguar el modo actual de conexión se deberá enviar el siguiente comando: AT+CMODE?

### 3.7.1.4 Configuración del dispositivo destino

Esta configuración aplica cuando nuestro modulo está configurado como maestro, y a la vez el modo de conexión está en 0 (CMODE=0) el cual indica que nos vamos a conectar al dispositivo esclavo en particular. Para especificar la dirección al cual nos vamos a conectar se usa el siguiente comando AT

- Enviar: AT+BIND=<Address>
- Respuesta: OK

### 3.7.2 Configuración del módulo bluetooth HC-05 modo Esclavo

Para la comunicación con el Master, Se debe realizar la configuración mencionada anteriormente ya que ahora el bluetooth HC-05 con el Role 0 para hacerlo esclavo en el Arduino Uno con el código presentado en la figura 31 en este caso no se asignan pines porque ira conectado directamente al Tx y Rx que tiene el Arduino.

```
void setup() {
  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
  Serial.println("Configuracion");
}

void loop() {
  if(Serial.available()){
    mySerial.write(Serial.read());
  }
  if(mySerial.available()){
    Serial.write(mySerial.read());
  }
}
```

**Figura 31.** Comunicación de Circuitos Esclavo, Información tomada de Arduino IDE. Elaborado por el autor

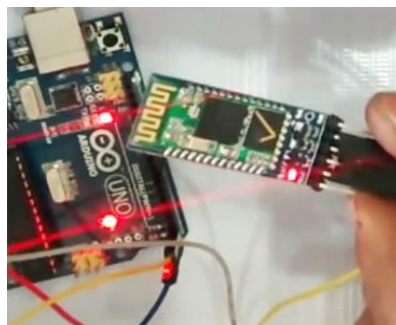
#### 3.7.2.1 Configuración de la velocidad de comunicación Esclavo

En esta configuración la velocidad por defecto es de 9600 baudios, y se debe de realizar el mismo procedimiento de configuración como el Maestro para no tener inconveniente de envío de datos al momento de conectarse entre sí.

- Enviar: AT+UART=9600,0,0
- Respuesta: OK

#### 3.7.2.2 Configuración del Role para trabajar como Esclavo

Como se indicaba anteriormente nuestro HC-05 viene por defecto como esclavo es decir que el Role=0, Una vez configurado y subido el programa se receptorán los datos del bluetooth Master, y los pines del bluetooth se los conecta a los pines 5V y GND del Arduino uno respectivamente para su funcionamiento.



**Figura 32.** Comunicación Esclavo, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor



### 3.7.3 Configuración del GRPS/GSM900

En la figura 24 contamos con 12 pines de color amarillo 6 cada lado, de lado derecho el 3er pin es el negativo y el 5to es positivo, hay q tomar esas consideraciones. El Pin7 con el pin10, PIN8 con el PIN11 y el PIN8 con el pin12 son los que enviaran la señal al SIM900, para posteriormente se envíen los respectivos datos al celular. Los pines TRX y RXD que van al pin2 y pin3 sirven para enviar las coordenadas que pide el Arduino y a su vez se la envía al SIM900.

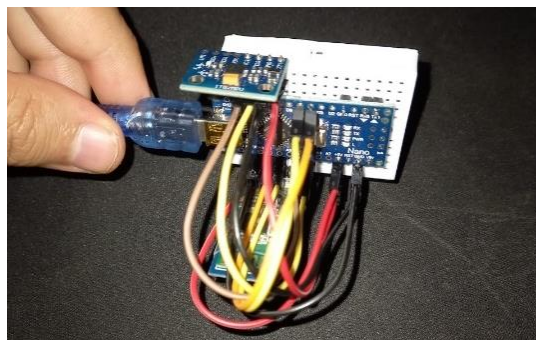
Para verificar la conectividad del SIM900 se ejecutaron comandos dentro del puerto COM, pero antes de eso se requiere tener el chip puesto en su lugar y tener conectado al Jack del SIM900 un cable que soporte 12v - 2Ahms como mínimo, caso contrario no se podrá realizar la configuración y el dispositivo presentará inconvenientes.

La lista de comandos AT que se aplicaron es muy extensa, pero a continuación se hará referencias a los comandos que más influyeron para el funcionamiento del dispositivo.

- AT: para verificar si el módulo SIM900 está funcionando adecuadamente para entrar en modo comando. Al momento de enviar el SIM deberá contestar con un OK
- AT+CGMI: nombre del fabricante
- AT+IPR=? El baud rate en el que puede operar el SIM
- AT+IPR? Para preguntar el baud rate actual
- AT+IPR = 19200 configurar la frecuencia deseada
- AT+COPS = nombre de la compañía telefónica

### 3.7.4 Configuración del Acelerómetro

Como hemos tenido comunicación entre Arduinos y las conexiones del acelerómetro en la cual el Vcc y GND irán conectados directo al Arduino nano y el pin SDA va conectado al pin A5 del Arduino donde nos dará los valores del eje Y, -Y y el pin XDA nos dará los valores del eje X y -X, teniendo así la programación correcta para el envío de datos



**Figura 33.** Acelerómetro-Arduino Nano, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Para su configuración se procedió a utilizar el código de ejemplo que nos brinda la librería Como se muestra en la figura 34.

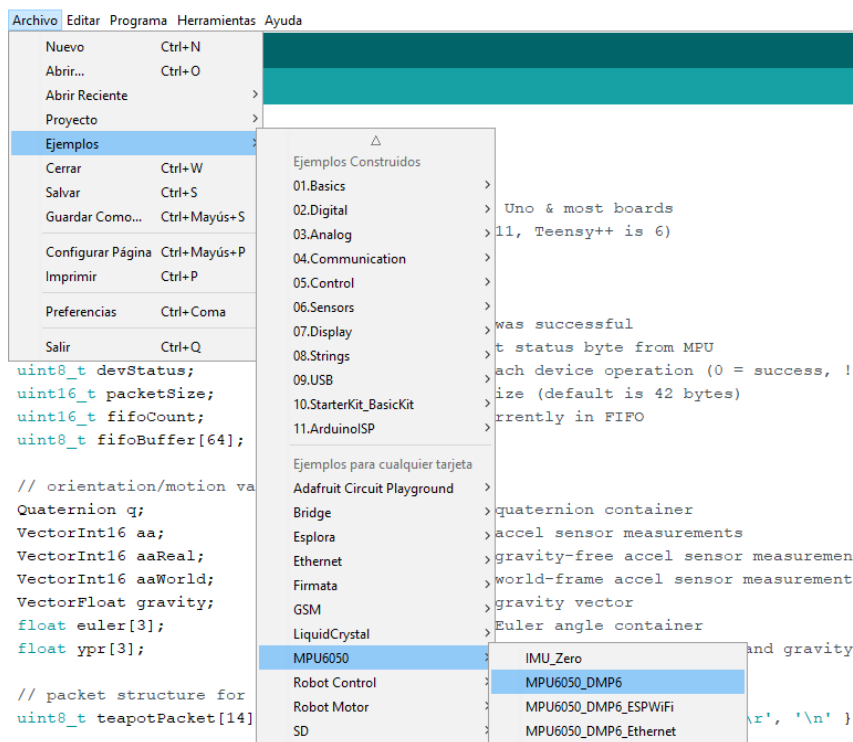


Figura 34. Código ejemplo, Información tomada de Arduino IDE. Elaborado por el autor

### 3.8 Funcionamiento de las interconexiones entre dispositivos

#### 3.8.1 Conexión entre Arduinos

Una vez configurado los modos esclavo y maestro, se deberá conectar los Arduino tanto el nano como el uno simultáneamente para lograr conectarse entre sí.

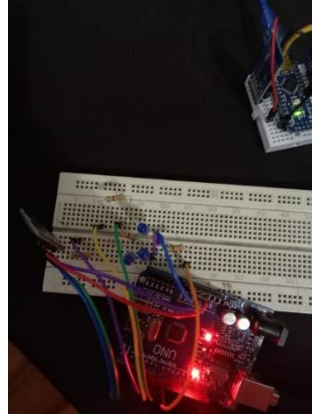
El siguiente código presentado en la figura 35 se lo utilizó para cargar en el Arduino nano la configuración donde se mandará a través de los pines 4 y 5 los datos receptados al Arduino Uno

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(led, OUTPUT);
  digitalWrite(led, LOW);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if(Serial.available() > 0) {
    dato = Serial.read();
  }
  if (dato == '0') {
    digitalWrite(led, LOW);
  }
  if (dato == '1') {
    digitalWrite(led, HIGH);
  }
}
```

Figura 35. Conexión entre Arduinos, Información adaptada de Arduino, Elaborada por Romero Danny

Como se demuestra en la figura 36, el Arduino nano envía datos al Arduino Uno y al módulo bluetooth HC-05 la señal que es captada irá a los pines Tx y Rx, los cuales trabajarán en los Arduinos para ponerlos en modo esclavo, por lo que el led está conectado a una resistencia a tierra y el positivo al puerto 8 en la cual al momento de recibir una señal se encenderá y se apagará debido a su programación.



**Figura 36.** Conexión entre Arduinos, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

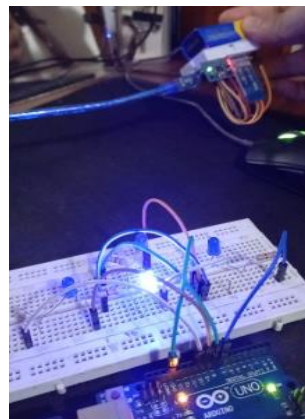
### 3.8.2 Conexiones Acelerómetro – Módulos Arduino

#### 3.8.2.1 Pruebas de funcionamiento de los ejes

Como se mencionó anteriormente solo se utilizó dos pines los cuales nos darían los valores de X, -X, Y, -Y, donde esos valores fueron enviados a los pines A5 y A4 analógicos para luego convertirse en señal digital para transmitir vía bluetooth al circuito esclavo y así este poder arrojar los siguientes resultados:

#### 3.8.2.2 Funcionamiento dirección delantera

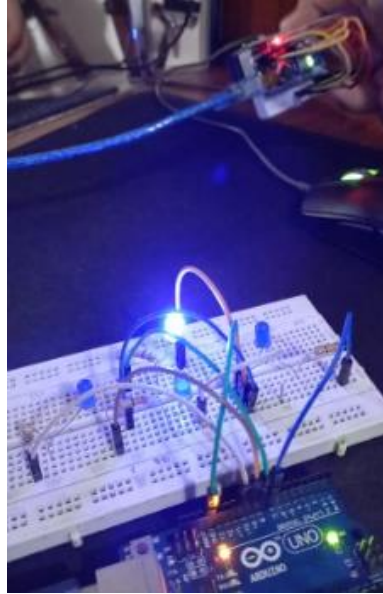
Como se demuestra en la figura 37 se observa que el acelerómetro "mover\_adelante" cumple con la condición pre configurada y eso también se lo ve reflejado al momento de que se enciende el foco led a través del pin 9 que es el encargado de enviar la señal.



**Figura 37.** Prueba dirección delantera, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.8.2.3 Funcionamiento dirección trasera

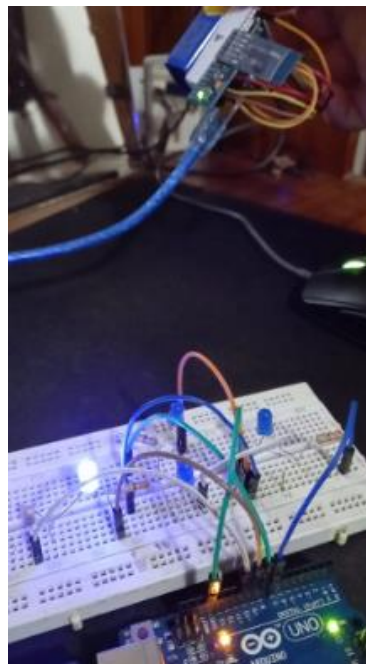
Para que el prototipo se desplace hacia atrás se debe accionar el pin 8 el cual manda una señal al acelerómetro para que se active esa acción y se prenda el foco led como sale en la figura 38.



**Figura 38.** Prueba dirección trasera, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.8.2.4 Funcionamiento dirección izquierda

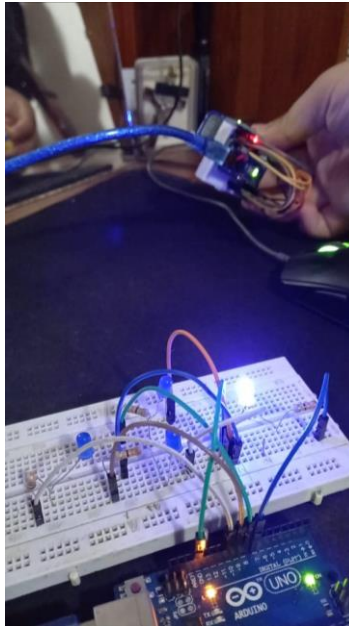
El pin 10 es el encargado de enviar la señal para que el prototipo realice la maniobra de moverse con dirección a la izquierda, encendiendo el foco led en caso de ser efectiva la comunicación como se lo ve en la figura 39.



**Figura 39.** Prueba dirección izquierda, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.8.2.5 Funcionamiento dirección derecha

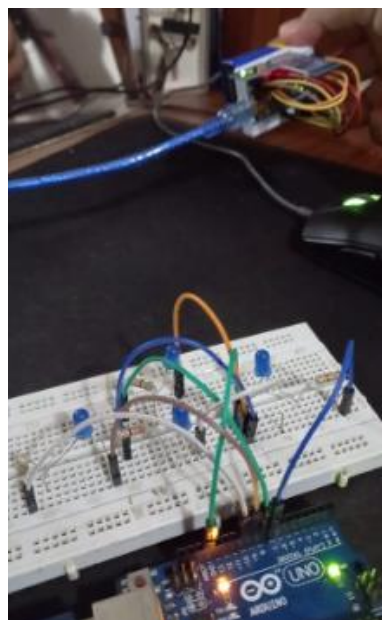
Como se ve en la figura 40 se acciona la direccional hacia la derecha, la cual es activada mediante el pin 7 del Arduino al acelerómetro.



**Figura 40.** Prueba dirección derecha, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.8.2.6 Funcionamiento del Frenado o Stop

Y finalmente después de comprobar el funcionamiento de todas las direcciones del acelerómetro, se configuró la función de frenado o stop, la cual no acciona ningún led como se lo aprecia en la figura 41.



**Figura 41.** Prueba de frenado, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.8.3 Funcionamiento del GRPS/GSM900

En la figura 42 se realiza la codificación del SIM900 y se procede a verificar su funcionamiento.

```
sketch_feb24a$
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial SIM900(10, 11); //Configuración de los pines serial por software
char caracter=0; // Variable para guardar los caracteres mensajes entrantes
int led=12;
String estado="";
void setup() {
    SIM900.begin(19200); //Arduino se comunica con el SIM900 a una velocidad de 19200bps
    Serial.begin(19200); //Velocidad del puerto serial de arduino
    delay(20000); //Tiempo prudencial para el escudo inicie sesión de red con tu operador
    pinMode(led, OUTPUT);
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // comando AT para configurar el SIM900 en modo texto
    delay(200);
    SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); //Configuramos el módulo para que muestre los SMS por el puerto serie.
    delay(200);
}
```

**Figura 42.** Código fuente del SIM900, Información adaptada de Arduino, Elaborada por Romero Danny

Para esto se declaran variables que se van a usar incluyendo la del led, además el SIM.begin (19200) se comunicará con el Arduino a esa velocidad, el SIM900.print CMGF=1 nos permitirá configurar en modo texto, es decir, cuando se reciba un mensaje lo lea normal y con el COMGF=2 se mostrará la información en el puerto mas no se almacenará, tal cual como esta en la figura 43.

```
void loop() {
    if(SIM900.available() >0) { //Verificamos si hay datos disponibles desde el SIM900
        caracter=SIM900.read(); // Leemos los datos y los almacenamos en la variable mensaje
        Serial.print(caracter); //Imprime los datos entrantes uno a uno en el terminal serial
        if(caracter=='H'){
            Serial.println("-->enviando mensaje");
            digitalWrite(led, HIGH);
            estado="led encendido";
            envioMensaje(estado);
        }
        if(caracter=='L'){
            Serial.println("-->enviando mensaje");
            digitalWrite(led, LOW);
            estado="led apagado";
            envioMensaje(estado);
        }
    }
}
```

**Figura 43.** Void Loop, Información adaptada de Arduino, Elaborada por Romero Danny

Por consiguiente, dentro del loop como se presenta en la figura 43 se establecieron dos condiciones para encender y apagar el led, la cual desde un mensaje que será enviado con la letra H de HIGH(alto) o L(low) bajo. Para esto en la primera línea se verifica si nos ha llegado un mensaje lo lee y luego lo escribe para entrar al bucle de las condiciones.

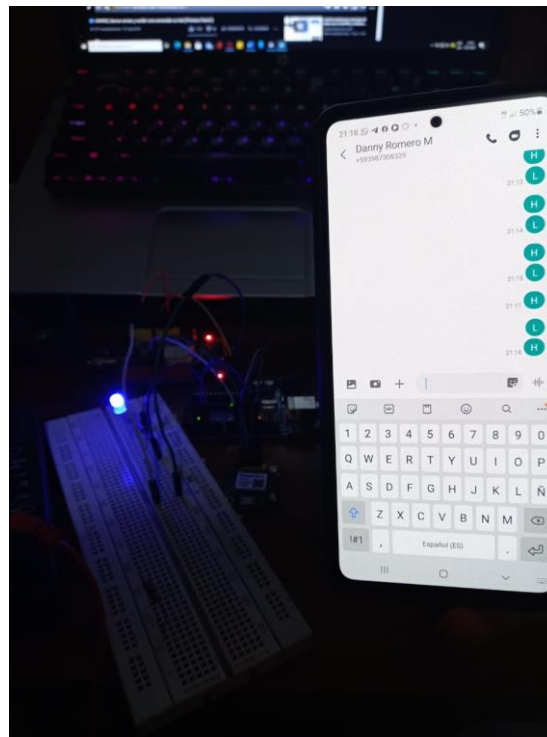


Finalmente, a través de este código de la figura 44 se enviará el mensaje por texto en el cual se deberá poner el número de celular donde están las x y por supuesto se apaga el led.

```
void envioMensaje(String estado) {
  SIM900.println("AT + CMGS = \"xxxxxxxxxx\"); //reemplazar por el número a enviar el mensaje
  delay(200);
  SIM900.println("Estado:" + estado); // Reemplazar por el texto a enviar
  delay(200);
  //Finalizamos este comando con el caracter de sustitución (→) código Ascii 26 para el envío del SMS
  SIM900.println((char)26);
  delay(200);
  SIM900.println();
}
```

**Figura 44.** Configuración SMS, Información adaptada de Arduino, Elaborada por Romero Danny

A continuación, se presentan unas pruebas de funcionamiento del GPS en un escenario real, y como se puede observar en la figura 45, el GPRS enciende el led al enviar un mensaje de texto del teléfono celular comprobándose el funcionamiento eficaz del módulo GPRS.



**Figura 45.** Encendido GPS, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.8.4 Funcionamiento del GPS GT-U7

Una vez comprobado que existe conectividad entre el chip y el SIM900, se procede a verificar si el GPS está trabajando, se presenta el código y a través del puerto COM4 nos indica que está funcionando correctamente y recepta la señal del GPS como se lo presenta por el puerto COM4 en la figura 46.

```

prueba_GPS
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial GPST(2, 3);
TinyGPSPlus gps;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  GPST.begin(9600);
  Serial.println("GPS Start");
}

void loop() {
  while(GPST.available())
  {
    gps.encode(GPST.read());
  }
  if(gps.location.isUpdated())
  {
    Serial.println("Satelite: ");
    Serial.println(gps.satellites.value());
    Serial.println("Latitud: ");
    Serial.println(gps.location.lat(), 6);
    Serial.println("Longitud: ");
    Serial.println(gps.location.lng(), 6);
    Serial.println("Velocidad MPH: ");
    Serial.println(gps.speed.mph());
    Serial.println("Altitud en pie: ");
    Serial.println(gps.altitude.feet());
    Serial.println("");
  }
}

```

Serial Output (COM4):

```

84.97

Satelite:
12
Latitud:
-2.029725
Longitud:
-79.916915
Velocidad MPH:
0.08
Altitud en pie:
85.63

```

Autoscroll ☒ Mostrar marca temporal ☐

**Figura 46.** Funcionamiento chip - SIM900, Información adaptada de Arduino, Elaborada por Romero Danny

### 3.8.5 Funcionamiento del Driver VNH2SP30

Una vez teniendo las conexiones respectivas se dio a subir el código para el funcionamiento como se muestra en la imagen 47, El código completo se detalla en anexos.

```

esclavo_con_motor_shield_funcional_cambio_variables $
#define BRAKE 0
#define Adelante 1
#define Atras 2
#define Izquierda 3
#define Derecha 4

#define CS_THRESHOLD 15 // Definition of safety current (Check: "1.3 Monster Shield Example").

//MOTOR 1
#define MOTOR_A1_PIN 7 //polaridad positiva
#define MOTOR_B1_PIN 8 //polaridad negativa

//MOTOR 2
#define MOTOR_A2_PIN 4 //polaridad positiva
#define MOTOR_B2_PIN 9 //polaridad positiva

#define MOTOR_1 0
#define MOTOR_2 1

short usSpeed = 250; //default la velocidad del motor
unsigned short usMotor_Status = BRAKE;

```

**Figura 47.** Código Arduino Esclavo y Drivers, Información adaptada de Arduino, Elaborada por Romero Danny

En la figura 48 se muestra el driver conectado con las baterías y los motores para el funcionamiento.





**Figura 48.** Conexión Driver, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.9 Pruebas del funcionamiento del Prototipo

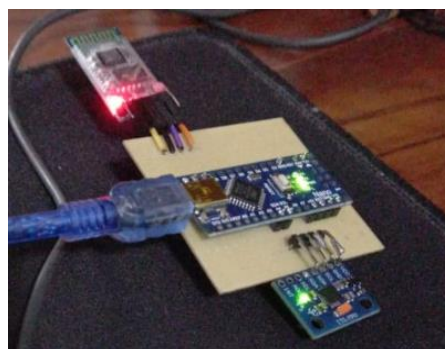
Para el proceso de pruebas del prototipo contamos con la ayuda de mi señor padre el cual tiene un peso aproximado de 160 lb, donde los resultados presentados fueron muy satisfactorios ya que pudo movilizarlo sin ningún tipo de inconvenientes.

Adicionalmente, el prototipo cuenta con un casco de control que se lo presenta en la figura 49, donde también se observa que está ubicado el PCB del circuito master.



**Figura 49.** Casco, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Y en la figura 50, se observa el PCB del circuito master, el cual se encargará de enviar las instrucciones de movimiento a los motores a través del acelerómetro.



**Figura 50.** PCB Circuito Master, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Se realizó las pruebas de funcionamiento del acelerómetro donde se corroboró que, al realizar la serie de movimientos especificados en la programación, los ejecuta con absoluta precisión. Cuando la silla se desplaza hacia adelante como se observa en la figura 51 el circuito maestro envía la señal y el esclavo la capta y es enviado al Arduino por los pines TXD y RXD, en la cual manda la orden al Arduino indicando que se debe de enviar una señal de 1 a los pines 7 y 4 donde la salida del motor será A1 y A2 para que se vaya para adelante, siendo B1 y B2 los pines negativos.



**Figura 51.** Funcionamiento – Adelante, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Para atrás es el mismo procedimiento como se ve en la figura 52, se activan los pines 8 y 6 para que en la salida del driver pueda ser el positivo el B1 y B2, pero en esta ocasión los pines negativos serán A1 y A2 respectivamente.



**Figura 52.** Funcionamiento – Atrás, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Para la dirección izquierda envía una señal al pin 7 y 9 para que la salida hacia los motores sean los pines B1 y A2 respectivamente como se presenta en la figura 53.



**Figura 53.** Funcionamiento – izquierda, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Y para el lado derecho los pines del Arduino que usaremos son el 8 y 4 para que tenga una salida de B2 y A1 como se ve en la figura 54.



**Figura 54.** Funcionamiento – derecha, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

Después de comprobar el funcionamiento de la silla de ruedas inteligente y observar que si existe comunicación entre los dispositivos para que se ejecuten los comandos de desplazamiento, se procedió a realizar las pruebas de velocidad y fuerza donde los motores y baterías obtuvieron resultados aceptables los cuales se los detallará a continuación.

Como se lo especificó con anterioridad la batería que se utilizará en este prototipo es de 12V 12A donde los motores consumirán 6A tanto para la rueda izquierda como para la derecha, es decir que el sistema de engranaje para efectos de este proyecto trabajará a 12A 12 V.

Para medir las pruebas de rendimiento en cuanto a la velocidad se utilizó la siguiente fórmula.

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

- V= Velocidad
- d= Distancia
- t= tiempo

Se hizo un pequeño recorrido en una explanada donde la silla de ruedas avanzó 1 metro en 1 segundo en la cual gracias a esta fórmula se pudo determinar que el prototipo alcanza una velocidad promedio de 3.7 Km/h.

Y finalmente, para determinar el tiempo de autonomía que brindaría la batería de la silla de ruedas se lo comprobó a través de la página web “DIGI-KEY” teniendo 1 hora y 12 minutos de autonomía cómo se lo observa en la figura 55.

**Duración de la batería**

Capacidad de la batería

12 Ah ▼

Consumo del dispositivo

10 A ▼

**FÓRMULA DE LA DURACIÓN DE LA BATERÍA**

*Duración de la batería = capacidad de la batería en Ah / corriente de carga en Ah*

Hrs 12  
Min

**Horas estimadas**

= 1.2

**Figura 55.** Prueba de batería, Información adaptada de Arduino, Elaborada por el autor

### 3.9.1 Prueba del GRPS/GSM900 con GPS GT-U7 con botón

Acto seguido agregó una nueva variable como se lo presenta en la figura 56, que nos permitirá encender el led y enviar un mensaje de nuestra ubicación actual simplemente aplastando un botón.

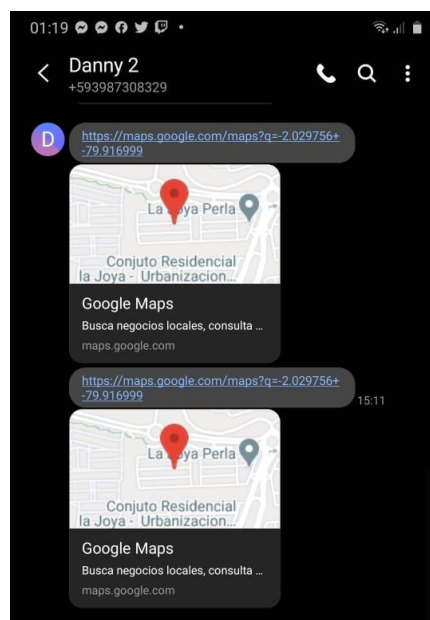
```
void loop(){
  while (SerialVirtual.available() > 0) //Verificamos si el módulo gps está enviando datos
  if (gps.encode(SerialVirtual.read())) //Y los leemos
  valor = digitalRead(pulsador); // verificamos si hemos apretado el pulsador
  if (valor == HIGH) { // comprobamos si la entrada es HIGH
    digitalWrite(led, HIGH); // Enciende el led que nos indica si que se está ejecutando la obtención de datos gps y su posterior envío
    Serial.println("Enviando posición!!!");

    delay(1000);
    EnvioTexto(); //Llama a la función EnvioTexto
    valor=0;
  }
}

void EnvioTexto()
{
  Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r"); //El envío del SMS en modo texto
  delay(100);
  Sim900Serial.println("AT + CMGS = \"0985722894\""); //Número de teléfono de destino
  delay(100);
  Sim900Serial.print("https://maps.google.com/maps?q="); //Colocamos la url de google maps
  Sim900Serial.print(gps.location.lat(),6); //Obtemos los datos de latitud del módulo gps y se lo enviamos al módulo gsm
  Sim900Serial.print("+");
  Sim900Serial.print(gps.location.lng(),6); //Obtemos los datos de longitud del módulo gps y se lo enviamos al módulo gsm
  delay(100);
  Sim900Serial.println((char)26); //El código ASCII del ctrl + z es 26
  delay(100);
  Sim900Serial.println();
  delay(5000); //Esperamos 5 segundos
  digitalWrite(led, LOW); //Apagamos el led de esta manera sabemos que ya estamos en condiciones de enviar otro mensaje con las coordenadas
  Serial.println("Mensaje enviado");
}
```

**Figura 56.** Void de ubicación, Información adaptada de Arduino, Elaborada por Romero Danny

Como se ve en el Void loop de la figura 57 se realiza la condición que si se ha recibido un valor de las coordenadas el mismo que entrará al bucle hasta que el botón sea presionado por el usuario, una vez hecho eso se procede a encender el led y ejecutar el void envió Texto para el recibir el mensaje, el cual funcionó sin inconvenientes como se lo puede observar en la figura 56.

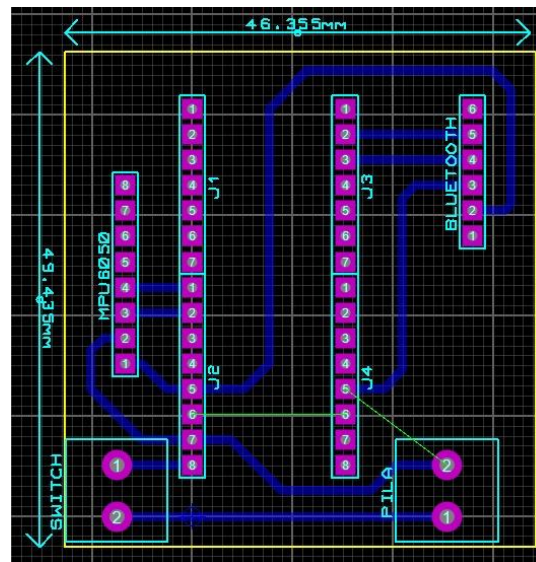


**Figura 57.** SMS – GPS, Información tomada desde el teléfono móvil Samsung A30, Elaborado por el autor

### 3.10 Resultado del PCB del circuito Master

Después de establecer el diseño de los circuitos master y esclavo se procedió a diseñar el circuito impreso del master ya que dicho circuito irá en un casco que tendrá puesto el beneficiario el cual enviará datos de los movimientos realizados por el usuario final.

Como se observa en la figura 58 en el software proteus se realizó el diseño del PCB, donde se establecieron las ubicaciones de los dispositivos que intervienen en el circuito master, switch, pila y las líneas de interconexión entre el bluetooth, Arduino nano y el acelerómetro MPU6050.



**Figura 58.** Diseño PCB del circuito master Información adaptada de Eagle Elaborado por Romero Danny

### 3.11 Presupuesto del prototipo

Para el diseño de este prototipo se requirió... una serie de dispositivos los cuales se detalla en la tabla 5 sus precios y la inversión total del proyecto propuesto.

**Tabla 5.** Presupuesto total del proyecto

| Componentes         | Precio   |
|---------------------|----------|
| Arduino uno         | \$ 9,80  |
| Arduino nano        | \$ 8,00  |
| acelerómetro MPU650 | \$ 4,00  |
| dos bluetooth HC-06 | \$ 20,00 |
| driver vnh2sp30     | \$ 25,00 |
| dos motores         | \$ 50,00 |
| SIM900              | \$ 28,00 |
| GPS GT U7           | \$ 14,00 |

| Componentes     | Precio           |
|-----------------|------------------|
| Dos baterías 9v | \$ 2,00          |
| Bateria 5v -2A  | \$ 10            |
| silla de ruedas | \$ 120,00        |
| cables          | \$ 5,00          |
| Plancha         | \$ 10,00         |
| mano de obra    | \$ 100,00        |
| engranaje       | \$ 80,00         |
| Casco           | \$ 3,00          |
| Botón           | \$ 0,15          |
| <b>TOTAL</b>    | <b>\$ 488,95</b> |

*Información tomada de <https://www.google.com>, elaborada por el autor*

Como se observa en la tabla 5 se estipula que el valor promedio de esta silla de ruedas ronda los \$488,95, monto que a simple vista y versus la cantidad que cuesta una silla de ruedas estándar el demasiado elevado, pero como este prototipo tiene modificaciones tecnológicas se la comparó su precio frente una silla de ruedas eléctrica donde si se notó una gran diferencia de precios ya que la silla de ruedas eléctrica tiene un valor aproximado de \$1200 frente a los \$488,95 que cuesta el desarrollo de este prototipo presentado en este trabajo de titulación.

Sumado a eso también se realizó una comparativa de precios frente al costo de construcción de un prototipo de similares características, donde se reflejó un valor de \$900 aproximadamente y sin el plus del GPS el cual si incluye el prototipo que se expone en este proyecto.

### 3.12 Conclusiones

- El sistema de engranaje abasteció sin inconvenientes la demanda del peso del usuario final más el del prototipo.
- Los factores como el terreno, inclinación, velocidad y peso del beneficiario intervienen considerablemente en el consumo de la batería, por ende, su autonomía y rendimiento se verán directamente afectadas
- Se concluye que los motores utilizados para el prototipo dieron buenos resultados, pero se debe de importar otros motores con la misma fuerza de torque, pero con mayor velocidad.
- El uso de la herramienta Fritzing es factible para realizar diseño de esquemas eléctricos para prototipos.



- Se concluyó que la silla de ruedas adaptada puede ser utilizada por la persona con discapacidad motriz y sin extremidades, generando confianza, seguridad y no realizará mucho esfuerzo físico para su movilización.
- Al familiar que le llegará la ubicación de forma URL tendrá mayor tranquilidad porque podrá localizarlo de forma factible y precisa.
- Se concluyó que esta silla adaptada puede ser rentable para la adquisición de la misma.

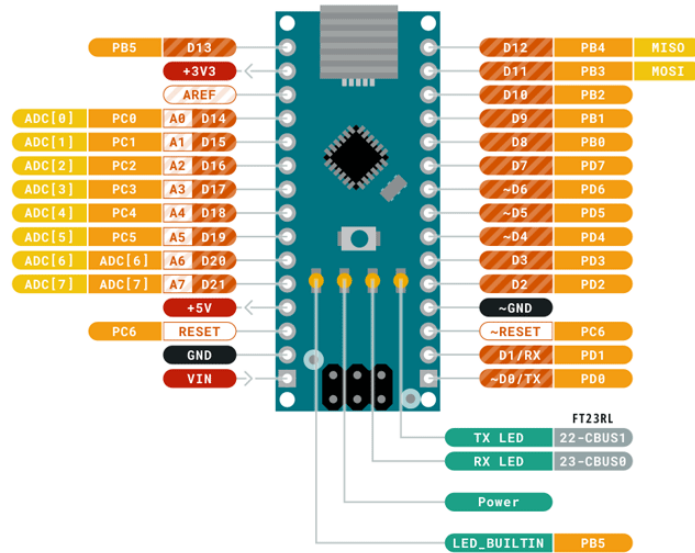
### 3.13 Recomendaciones

- El sistema de geolocalización GPS/GRPS envía un SMS de manera local, por lo que se recomienda tener una recarga mínima del chip que estará en el SIM900 y el familiar debe contar con conexión a internet en su dispositivo móvil.
- Evitar mojar o estropear el casco de operatividad del prototipo, ya que ahí está el PCB del circuito master y en caso de que se llegue a estropear el funcionamiento de la silla de ruedas se verá afectada.
- Evitar que la batería se descargue en su totalidad, a pesar de que el controlador cuenta con un sistema de seguridad interno que dará aviso, se recomienda monitorear los niveles de voltaje y recargarlas de ser necesario, con esto se extenderá la vida útil de la batería.
- No exceder el límite de peso establecido en la silla de ruedas que es aproximadamente de 210lbs, en las pruebas realizadas con un usuario de 160lbs funcionó perfectamente, ya que el excederse del límite de peso en la silla de ruedas podría generar inconvenientes en la estructura.
- Capacitar al usuario final sobre el manejo y funcionamiento del prototipo para que obtenga el mayor provecho posible del mismo.
- Al realizar un PCB al esquema del GPS/GRPS para la transportación del mismo obtendría mayor facilidad de conexiones y espacio.
- Para el funcionamiento del GPS/GRPS se recomienda utilizar una batería de 9v con 2Ahm mínimo para su correcto funcionamiento.
- Se aconseja utilizar cables de calibre 12 al conectar la batería y los motores para prevenir posibles daños de sobrecalentamiento.
- como recomendación se debe poner al circuito maestro un sistema de stand by para prevenir accidentes al realizar algún movimiento inesperado.
- Si el beneficiario utiliza el prototipo constantemente se sugiere diseñar un circuito de carga de batería con panel solar para el circuito master y esclavo.

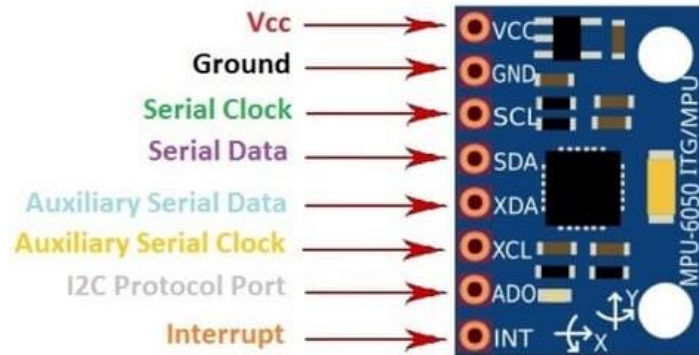


**ANEXOS**

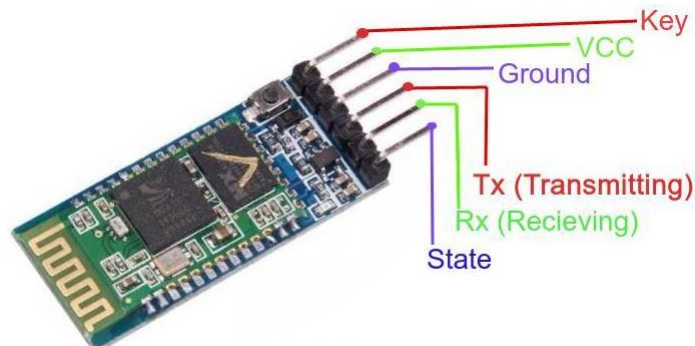
### Anexo 1. Pines del modulo arduino nano



### Anexo 2. Pines del Acelerometro



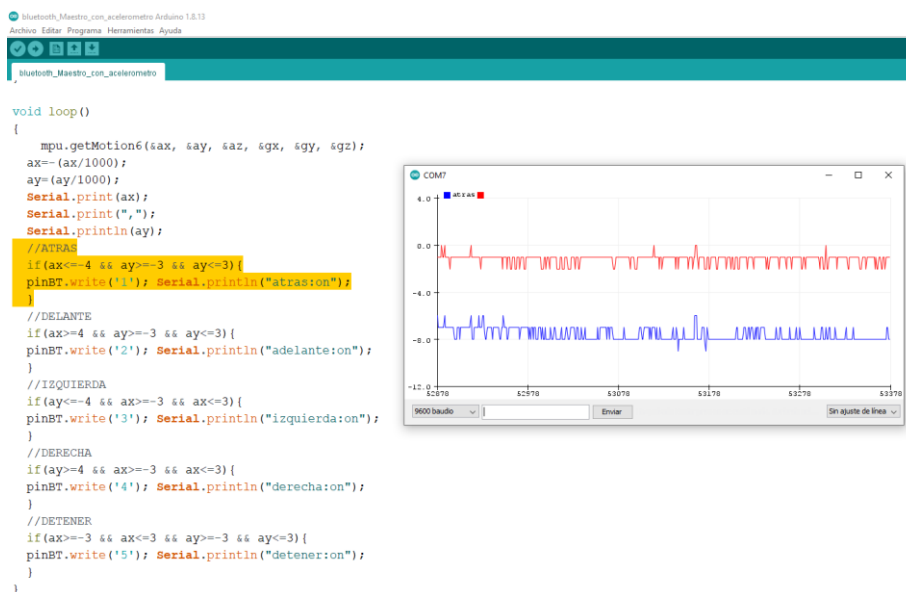
### Anexo 3. Pines del bluetooth hc-05





## Anexo 6. Activacion del Acelerometro

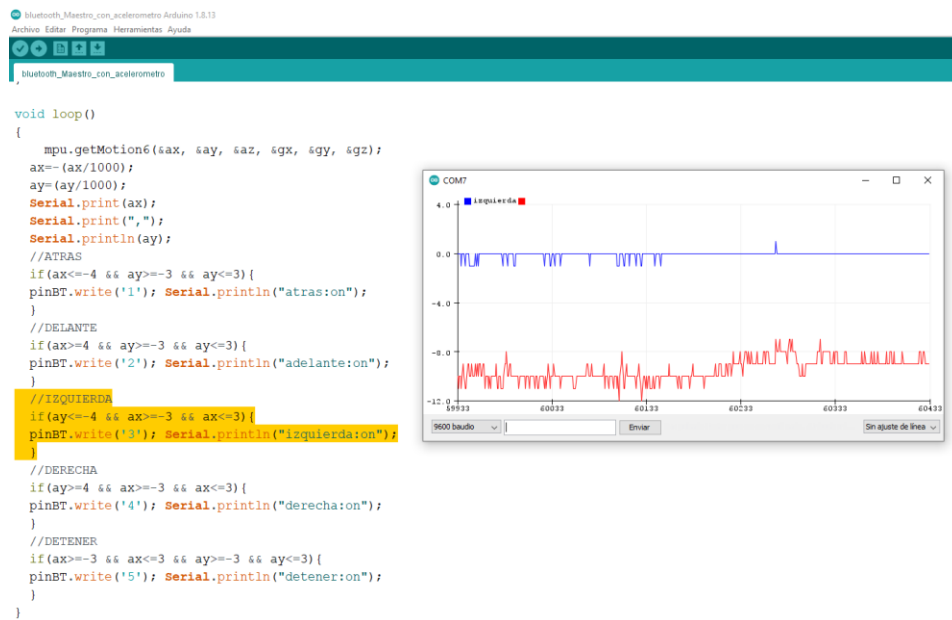
### Acelerometro Lado Atras



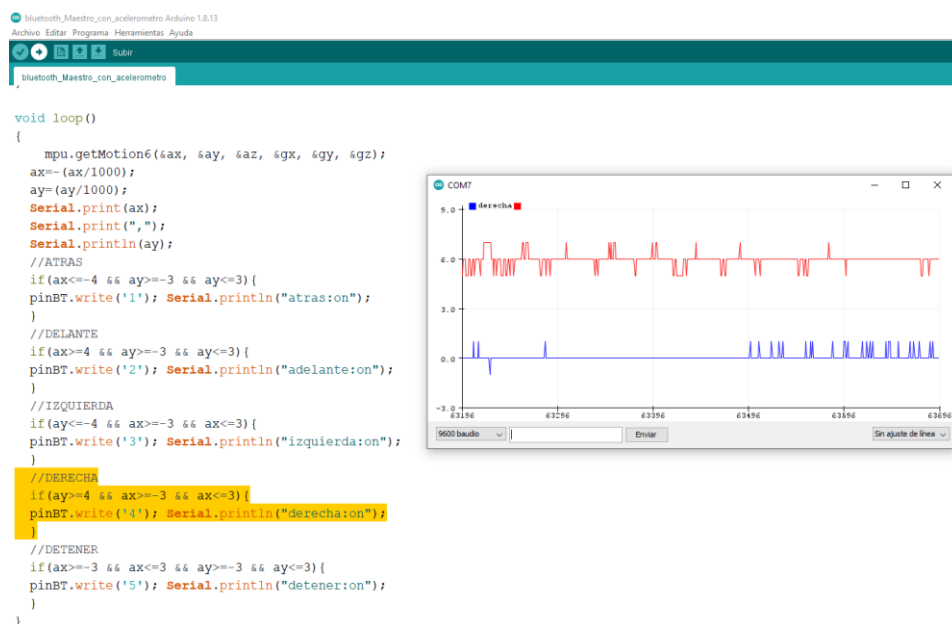
### Acelerometro Lado Adelante



## Acelerometro Lado Izquierdo



## Acelerometro Lado Derecho



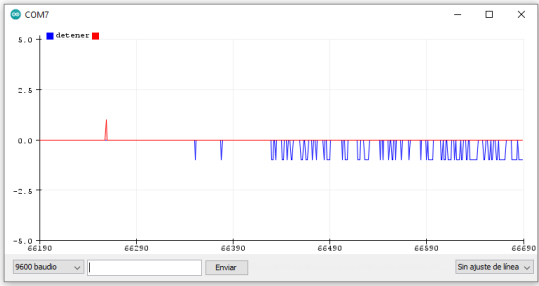
## Acelerometro en Detenido

bluetooth\_Maestro\_con\_acelerometro Arduino 1.8.13  
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Subir

bluetooth\_Maestro\_con\_acelerometro

```
void loop()
{
  mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
  ax=- (ax/1000);
  ay= (ay/1000);
  Serial.print(ax);
  Serial.print(",");
  Serial.println(ay);
  //ATRAS
  if (ax<=-4 && ay>=-3 && ay<=3){
    pinBT.write('1'); Serial.println("atras:on");
  }
  //DELANTE
  if (ax>=4 && ay>=-3 && ay<=3){
    pinBT.write('2'); Serial.println("adelante:on");
  }
  //IZQUIERDA
  if (ay<=-4 && ax>=-3 && ax<=3){
    pinBT.write('3'); Serial.println("izquierda:on");
  }
  //DERECHA
  if (ay>=4 && ax>=-3 && ax<=3){
    pinBT.write('4'); Serial.println("derecha:on");
  }
  //DETENER
  if (ax>=-3 && ax<=3 && ay>=-3 && ay<=3){
    pinBT.write('5'); Serial.println("detener:on");
  }
}
```



COM7

5.0  
2.5  
0.0  
-2.5  
-5.0

66150 66250 66350 66450 66550

9600 baudo Enviar Sin ajuste de linea

### Anexo 7. Programacion para la placa arduino nano

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <I2Cdev.h> //For communicate with MPU6050
#include <MPU6050.h> //libreria acelerometro

SoftwareSerial pinBT(10, 11); // TX, RX
MPU6050 mpu;
int16_t ax, ay, az, gx, gy, gz;
void setup()
{
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinBT.begin(9600);
  mpu.initialize();
  if (!mpu.testConnection()) {while (1); }
}
void loop()
{
  mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz);
  ax=- (ax/1000);
  ay=(ay/1000);
  Serial.print(ax);
  Serial.print(",");
  Serial.println(ay);
  //ATRAS
  if(ax<=-4 && ay>=-3 && ay<=3){
    pinBT.write('1'); Serial.println("atras:on");
  }
  //DELANTE
  if(ax>=4 && ay>=-3 && ay<=3){
    pinBT.write('2'); Serial.println("adelante:on");
  }
  //IZQUIERDA
  if(ay<=-4 && ax>=-3 && ax<=3){
    pinBT.write('3'); Serial.println("izquierda:on");
  }
  //DERECHA
  if(ay>=4 && ax>=-3 && ax<=3){
    pinBT.write('4'); Serial.println("derecha:on");
  }
  //DETENER
  if(ax>=-3 && ax<=3 && ay>=-3 && ay<=3){
    pinBT.write('5'); Serial.println("detener:on");
  }
}
```

## Anexo 8. Programacion Para Placa Arduino Uno Control Del Driver Shield Vnh2sp30

```

#define BRAKE 0
#define Adelante  1
#define Atras  2
#define Izquierda  3
#define Derecha  4
#define CS_THRESHOLD 15 // Definition of safety current (Check: "1.3 Monster Shield
Example").

//MOTOR 1
#define MOTOR_A1_PIN 7 //polaridad positiva
#define MOTOR_B1_PIN 8 //polaridad negativa

//MOTOR 2
#define MOTOR_A2_PIN 4 //polaridad positiva
#define MOTOR_B2_PIN 9 //polaridad positiva

#define MOTOR_1 0
#define MOTOR_2 1

short usSpeed = 250; //default la velocidad del motor
unsigned short usMotor_Status = BRAKE;
void setup()
{
  pinMode(MOTOR_A1_PIN, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_B1_PIN, OUTPUT);

  pinMode(MOTOR_A2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_B2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(EN_PIN_1, OUTPUT);
  pinMode(EN_PIN_2, OUTPUT);

  // a travez del puerto COM se puede realizar la prueba antes de la comunicacion con el
  bluetooth
  Serial.begin(9600);          // Initiates the serial to do the monitoring
  Serial.println("Begin motor control");
  Serial.println(); //Print function list for user selection
  Serial.println("Entre el numero del 1 al 5 para verificar su funcion:");
  Serial.println("1. atras");
  Serial.println("2. adelante");
  Serial.println("3. izquierda");
  Serial.println("4. derecha");
  Serial.println("5. detener");
  Serial.println();
}

```



```

void loop()
{
  char user_input;
  while(Serial.available())
  {
    user_input = Serial.read(); //Read user input and trigger appropriate function
    digitalWrite(EN_PIN_1, HIGH);
    digitalWrite(EN_PIN_2, HIGH);
    if (user_input == '5')
    {
      Stop();
    }
    else if(user_input == '2')
    {
      atras();
    }
    else if(user_input == '1')
    {
      adelante();
    }
    else if(user_input == '3')
    {
      izquierda();
    }
    else if(user_input == '4')
    {
      derecha();
    }
    else
    {
      Serial.println("opcion invalida vuelva a intentar.");
    }
  }
}

void Stop()
{
  Serial.println("Stop");
  usMotor_Status = BRAKE;
  motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, 0);
  motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, 0);
}

void atras()
{
  Serial.println("Adelante");
  usMotor_Status = Adelante;
  motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
  motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}

```

```
}
```

```
void adelante()
{
  Serial.println("Atras");
  usMotor_Status = Atras;
  motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
  motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}
```

```
void izquierda()
{
  Serial.println("Izquierda");
  usMotor_Status = Izquierda;
  motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
  motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}
```

```
void derecha()
{
  Serial.println("derecha");
  usMotor_Status = Derecha;
  motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
  motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}
```

void motorGo(uint8\_t motor, uint8\_t direct ) //funcion de controlar las variables:  
motor(0 ou 1), y direccion.

```
{
  if(motor == MOTOR_1)
  {
    if(direct == Adelante)
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, HIGH);
      digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, LOW);
    }
    else if(direct == Atras)
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, LOW);
      digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, HIGH);
    }
    else if(direct == Izquierda)
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, LOW);
      digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, HIGH);
    }
    else if(direct == Derecha)
```

```

{
    digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, HIGH);
    digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, LOW);
}
else
{
    digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, LOW);
    digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, LOW);
}
}
else if(motor == MOTOR_2)
{
    if(direct == Adelante)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, LOW);
    }
    else if(direct == Atras)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, LOW);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, HIGH);
    }
    else if(direct == Izquierda)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, LOW);
    }
    else if(direct == Derecha)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, LOW);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, HIGH);
    }
    else
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, LOW);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, LOW);
    }
}
}
}

```

### Anexo 9. Programacion Para Placa Arduino Uno con GRPS/GPS con Botón.

```
#include <TinyGPS++.h>//Librería para el manejo del módulo gps
#include <SoftwareSerial.h>//Librería para crear puertos virtuales en arduino
#include <String.h>
SoftwareSerial Sim900Serial(10, 11);//Pines que vaamos a utilizar para el módulo gsm
static const int RXPin = 2, TXPin = 3;
TinyGPSPPlus gps;
SoftwareSerial serialVirtual(RXPin, TXPin);
//Declaración de variables

int led = 6;
int pulsador = 5;
int valor = 0;

void setup() {

  Sim900Serial.begin(19200);          // la velocidad de transmisión GPRS
  delay(1000);
  Serial.begin(19200); // Velocidad del puerto serial del arduino
  delay(1000);
  serialVirtual.begin(9600);// seteamos la velocidad del módulo gps en 9600
  pinMode(led, OUTPUT);  // declaramos led como salida
  pinMode(pulsador, INPUT);  // declaramos pulsador como entrada
}

void loop(){
  while (serialVirtual.available() > 0)//Verificamos si el módulo gps está enviando datos
  if (gps.encode(serialVirtual.read()))//Y los leemos
  valor = digitalRead(pulsador); // verificamos si hemos apretado el pulsador
  if (valor == HIGH) {          // comprobamos si la entrada es HIGH
    Serial.println(valor);
    digitalWrite(led, HIGH); // Enciende el led que nos indica si que se está ejecutando la
    obtección de datos gps y su posterior envió
    Serial.println("Enviando posicion!!!");

    delay(1000);
    EnvioTexto();//Llama a la función EnvioTexto
    valor=0;
  }
}
```

```

void EnvioTexto()
{
  Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r\n"); //El envío del SMS en modo texto
  delay(100);
  Sim900Serial.println("AT+CMGS=\"0987308329\"\r\n");//Número de teléfono de destino
  delay(100);
  Serial.println("la ubicacion de su familiar es: ");
  Sim900Serial.println("la ubicacion de su familiar es: ");
  Sim900Serial.print("https://maps.google.com/maps?q=");//Colocamos la url de google
  maps
  Serial.println("https://maps.google.com/maps?q=");
  Sim900Serial.print(gps.location.lat(),6);//Obtemos los datos de latitud del módulo gps y se
  lo enviamos al módulo gsm
  Sim900Serial.print("+");
  Sim900Serial.print(gps.location.lng(),6);//Obtemos los datos de longitud del módulo gps y
  se lo enviamos al módulo gsm
  Serial.print(gps.location.lat(),6);//Obtemos los datos de latitud del módulo gps y se lo
  enviamos al módulo gsm
  Serial.print("+");
  Serial.print(gps.location.lng(),6);
  delay(100);
  Sim900Serial.println((char)26);//El código ASCII del ctrl + z es 26
  delay(100);
  Sim900Serial.println();
  delay(5000);//Esperamos 5 segundos
  digitalWrite(led, LOW);//Apagamos el led de esta manera sabemos que ya estamos en
  condiciones de enviar otro mensaje con las coordenadas
  Serial.println("Mensaje enviado");
}

```

## Anexo 10. Programación Para Arduino Uno con GRPS/GPS y Motor Shield

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
SoftwareSerial Sim900Serial(10, 11); //Pines que vaamos a utilizar para el módulo gsm
static const int RXPin = 2, TXPin = 3;
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial serialVirtual(RXPin, TXPin);
#define BRAKE 0
#define Adelante 1
#define Atras 2
#define Izquierda 3
#define Derecha 4

int led = 6;
int pulsador = 5;
int valor = 0;

#define CS_THRESHOLD 15

//MOTOR 1
#define MOTOR_A1_PIN 7 //polaridad positiva
#define MOTOR_B1_PIN 8 //polaridad negativa

//MOTOR 2
#define MOTOR_A2_PIN 4 //polaridad positiva
#define MOTOR_B2_PIN 9 //polaridad positiva

#define PWM_MOTOR_1 5
#define PWM_MOTOR_2 6

#define CURRENT_SEN_1 A2
#define CURRENT_SEN_2 A3

#define EN_PIN_1 A0
#define EN_PIN_2 A1

#define MOTOR_1 0
#define MOTOR_2 1
short usSpeed = 250; //default la velocidad del motor
```

```

unsigned short usMotor_Status = BRAKE;

void setup()
{
  pinMode(MOTOR_A1_PIN, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_B1_PIN, OUTPUT);

  pinMode(MOTOR_A2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_B2_PIN, OUTPUT);

  pinMode(PWM_MOTOR_1, OUTPUT);
  pinMode(PWM_MOTOR_2, OUTPUT);

  pinMode(CURRENT_SEN_1, OUTPUT);
  pinMode(CURRENT_SEN_2, OUTPUT);

  pinMode(EN_PIN_1, OUTPUT);
  pinMode(EN_PIN_2, OUTPUT);

  Sim900Serial.begin(19200);    // la velocidad de transmisión GPRS
  delay(10);
  Serial.begin(19200); // Velocidad del puerto serial del arduino
  delay(10);
  serialVirtual.begin(9600); // seteamos la velocidad del módulo gps en 9600
  pinMode(led, OUTPUT); // declaramos led como salida
  pinMode(pulsador, INPUT);

  // a travez del puerto COM se puede realizar la prueba antes de la comunicacion con el
  bluetooth
  Serial.begin(9600); // Initiates the serial to do the monitoring
  Serial.println("Begin motor control");
  Serial.println(); //Print function list for user selection
  Serial.println("Entre el numero del 1 al 5 para verificar su funcion:");
  Serial.println("1. atras");
  Serial.println("2. adelante");
  Serial.println("3. izquierda");
  Serial.println("4. derecha");
  Serial.println("5. detener");
  Serial.println();
}

```

```

void loop()
{

    char user_input;

    while(Serial.available())
    {
        user_input = Serial.read(); //Read user input and trigger appropriate function
        digitalWrite(EN_PIN_1, HIGH);
        digitalWrite(EN_PIN_2, HIGH);

        if (user_input == '5')
        {
            Stop();
        }
        else if(user_input == '2')
        {
            atras();
        }
        else if(user_input == '1')
        {
            adelante();
        }
        else if(user_input == '3')
        {
            izquierda();
        }
        else if(user_input == '4')
        {
            derecha();
        }
        else
        {
            Serial.println("opcion invalida vuelva a intentar.");
        }
    }

    {
        while (serialVirtual.available() > 0)//Verificamos si el módulo gps está enviando datos
        if (gps.encode(serialVirtual.read()))//Y los leemos
    }

```



```

    valor = digitalRead(pulsador); // verificamos si hemos apretado el pulsador
    if (valor == HIGH) {          // comprobamos si la entrada es HIGH
        Serial.println(valor);
        digitalWrite(led, HIGH); // Enciende el led que nos indica si que se está ejecutando la
obtección de datos gps y su posterior envió
        Serial.println("Enviando posicion!!!");

        delay(1000);
        EnvioTexto();//Llama a la función EnvioTexto
        valor=0;
    }
}

void Stop()
{
    Serial.println("Stop");
    usMotor_Status = BRAKE;
    motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, 0);
    motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, 0);
}

void atras()
{
    Serial.println("Adelante");
    usMotor_Status = Adelante;
    motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
    motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}

void adelante()
{
    Serial.println("Atras");
    usMotor_Status = Atras;
    motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
    motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}

void izquierda()
{
    Serial.println("Izquierda");

```

```

usMotor_Status = Izquierda;
motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}

```

```

void derecha()
{
  Serial.println("derecha");
  usMotor_Status = Derecha;
  motorGo(MOTOR_1, usMotor_Status, usSpeed);
  motorGo(MOTOR_2, usMotor_Status, usSpeed);
}

```

void motorGo(uint8\_t motor, uint8\_t direct, uint8\_t pwm ) //funcion de controlar las variables: motor(0 ou 1), y direccion.

```

{
  if(motor == MOTOR_1)
  {
    if(direct == Adelante)
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, HIGH);
      digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, LOW);
    }
    else if(direct == Atras)
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, LOW);
      digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, HIGH);
    }
    else if(direct == Izquierda)
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, LOW);
      digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, HIGH);
    }
    else if(direct == Derecha)
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, HIGH);
      digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, LOW);
    }
    else
    {
      digitalWrite(MOTOR_A1_PIN, LOW);

```

```

    digitalWrite(MOTOR_B1_PIN, LOW);
}

}
else if(motor == MOTOR_2)
{
    if(direct == Adelante)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, LOW);
    }
    else if(direct == Atras)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, LOW);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, HIGH);
    }
    else if(direct == Izquierda)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, HIGH);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, LOW);
    }
    else if(direct == Derecha)
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, LOW);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, HIGH);
    }
    else
    {
        digitalWrite(MOTOR_A2_PIN, LOW);
        digitalWrite(MOTOR_B2_PIN, LOW);
    }
}

}

void EnvioTexto()
{
    Sim900Serial.print("AT+CMGF=1\r\n"); //El envío del SMS en modo texto
    delay(100);
    Sim900Serial.println("AT+CMGS=\"0987308329\"\r\n");//Número de teléfono de destino
    delay(100);
}

```

```

Serial.println("la ubicacion de su familiar es: ");
Sim900Serial.println("la ubicacion de su familiar es: ");
Sim900Serial.print("https://maps.google.com/maps?q="); //Colocamos la url de google
maps
Serial.println("https://maps.google.com/maps?q=");
Sim900Serial.print(gps.location.lat(),6); //Obtemos los datos de latitud del módulo gps y se
lo enviamos al módulo gsm
Sim900Serial.print("+");
Sim900Serial.print(gps.location.lng(),6); //Obtemos los datos de longitud del módulo gps y
se lo enviamos al módulo gsm
Serial.print(gps.location.lat(),6); //Obtemos los datos de latitud del módulo gps y se lo
enviamos al módulo gsm
Serial.print("+");
Serial.print(gps.location.lng(),6);
delay(100);
Sim900Serial.println((char)26); //El código ASCII del ctrl + z es 26
delay(100);
Sim900Serial.println();
delay(5000); //Esperamos 5 segundos
digitalWrite(led, LOW); //Apagamos el led de esta manera sabemos que ya estamos en
condiciones de enviar otro mensaje con las coordenadas
Serial.println("Mensaje enviado");
}

```

## Anexo 11. Data Shield Del Driver Vnh2sp30



# VNH2SP30-E

## AUTOMOTIVE FULLY INTEGRATED H-BRIDGE MOTOR DRIVER

**Table 1. General Features**

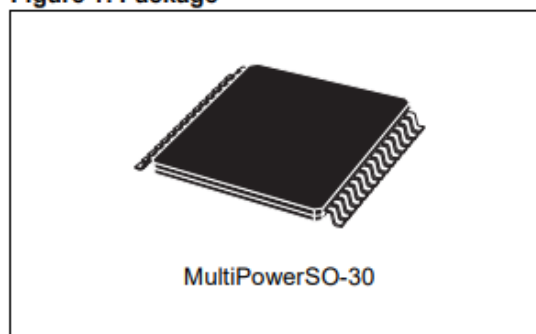
| Type       | $R_{DS(on)}$           | $I_{out}$ | $V_{CCmax}$ |
|------------|------------------------|-----------|-------------|
| VNH2SP30-E | 19 mΩ max<br>(per leg) | 30 A      | 41 V        |

- OUTPUT CURRENT: 30A
- 5V LOGIC LEVEL COMPATIBLE INPUTS
- UNDERVOLTAGE AND OVERVOLTAGE SHUT-DOWN
- OVERVOLTAGE CLAMP
- THERMAL SHUT DOWN
- CROSS-CONDUCTION PROTECTION
- LINEAR CURRENT LIMITER
- VERY LOW STAND-BY POWER CONSUMPTION
- PWM OPERATION UP TO 20 KHz
- PROTECTION AGAINST:  
LOSS OF GROUND AND LOSS OF  $V_{CC}$
- CURRENT SENSE OUTPUT PROPORTIONAL TO MOTOR CURRENT
- IN COMPLIANCE WITH THE 2002/95/EC EUROPEAN DIRECTIVE

### DESCRIPTION

The VNH2SP30-E is a full bridge motor driver intended for a wide range of automotive applications. The device incorporates a dual monolithic High-Side drivers and two Low-Side switches. The High-Side driver switch is designed using STMicroelectronics' well known and proven proprietary VIPower™ M0 technology that allows to efficiently integrate on the same die a true Power MOSFET with an intelligent signal/protection circuitry.

**Figure 1. Package**



The Low-Side switches are vertical MOSFETs manufactured using STMicroelectronics' proprietary EHD ('STripFET™') process. The three dice are assembled in MultiPowerSO-30 package on electrically isolated leadframes. This package, specifically designed for the harsh automotive environment offers improved thermal performance thanks to exposed die pads. Moreover, its fully symmetrical mechanical design allows superior manufacturability at board level. The input signals  $IN_A$  and  $IN_B$  can directly interface to the microcontroller to select the motor direction and the brake condition. The  $DIAG_A/EN_A$  or  $DIAG_B/EN_B$ , when connected to an external pull-up resistor, enable one leg of the bridge. They also provide a feedback digital diagnostic signal. The normal condition operation is explained in the truth table on page 14. The CS pin allows to monitor the motor current by delivering a current proportional to its value. The PWM, up to 20KHz, lets us to control the speed of the motor in all possible conditions. In all cases, a low level state on the PWM pin will turn off both the  $LS_A$  and  $LS_B$  switches. When PWM rises to a high level,  $LS_A$  or  $LS_B$  turn on again depending on the input pin state.

**Table 2. Order Codes**

| Package         | Tube       | Tape and Reel |
|-----------------|------------|---------------|
| MultiPowerSO-30 | VNH2SP30-E | VNH2SP30TR-E  |



**VNH2SP30-E****Table 3. Pin Definitions And Functions**

| Pin No                    | Symbol                             | Function   |
|---------------------------|------------------------------------|--|
| 1, 25, 30                 | OUT <sub>A</sub> , Heat Slug2      | Source of High-Side Switch A / Drain of Low-Side Switch A      |
| 2,4,7,12,14,17, 22, 24,29 | NC                                 | Not connected  |
| 3, 13, 23                 | VCC, Heat Slug1                    | Drain of High-Side Switches and Power Supply Voltage           |
| 6                         | EN <sub>A</sub> /DIAG <sub>A</sub> | Status of High-Side and Low-Side Switches A; Open Drain Output |
| 5                         | IN <sub>A</sub>                    | Clockwise Input  |
| 8                         | PWM                                | PWM Input  |
| 9                         | CS                                 | Output of Current sense  |
| 11                        | IN <sub>B</sub>                    | Counter Clockwise Input  |
| 10                        | EN <sub>B</sub> /DIAG <sub>B</sub> | Status of High-Side and Low-Side Switches B; Open Drain Output |
| 15, 16, 21                | OUT <sub>B</sub> , Heat Slug3      | Source of High-Side Switch B / Drain of Low-Side Switch B      |
| 26, 27, 28                | GND <sub>A</sub>                   | Source of Low-Side Switch A (*)                                |
| 18, 19, 20                | GND <sub>B</sub>                   | Source of Low-Side Switch B (*)                                |

Note: (\*) GND<sub>A</sub> and GND<sub>B</sub> must be externally connected together

**Table 4. Pin Functions Description**

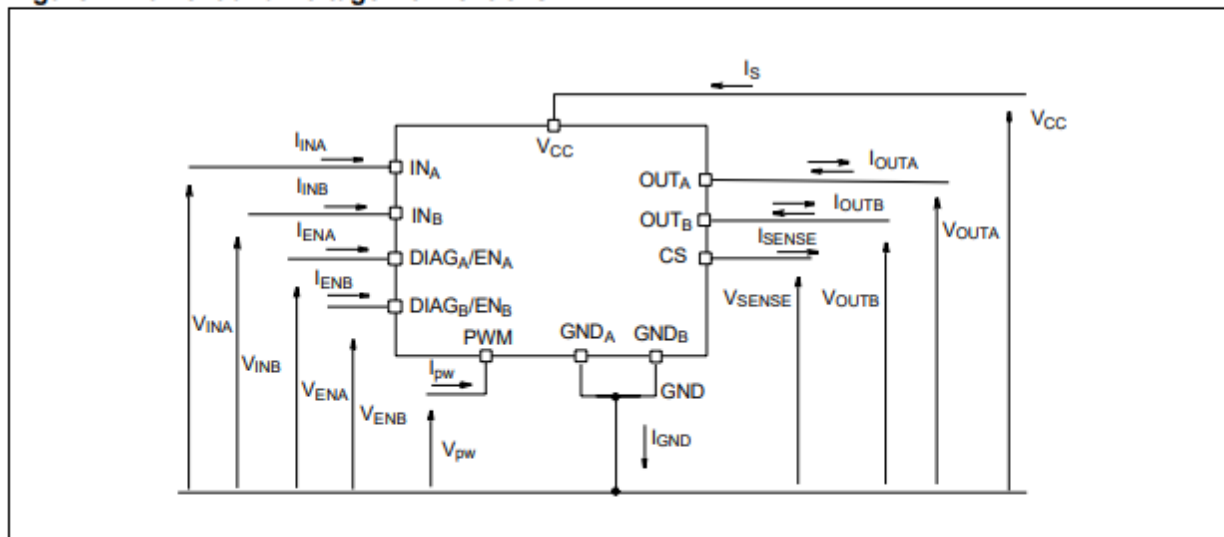
| Name   | Description  |
|--|--|
| VCC  | Battery connection.  |
| GND <sub>A</sub><br>GND <sub>B</sub>                                     | Power grounds, must always be externally connected together.   |
| OUT <sub>A</sub><br>OUT <sub>B</sub>                                     | Power connections to the motor.  |
| IN <sub>A</sub><br>IN <sub>B</sub>                                       | Voltage controlled input pins with hysteresis, CMOS compatible. These two pins control the state of the bridge in normal operation according to the truth table (brake to V <sub>CC</sub> , Brake to GND, clockwise and counterclockwise).   |
| PWM  | Voltage controlled input pin with hysteresis, CMOS compatible. Gates of Low-Side FETS get modulated by the PWM signal during their ON phase allowing speed control of the motor  |
| EN <sub>A</sub> /DIAG <sub>A</sub><br>EN <sub>B</sub> /DIAG <sub>B</sub> | Open drain bidirectional logic pins. These pins must be connected to an external pull up resistor. When externally pulled low, they disable half-bridge A or B. In case of fault detection (thermal shutdown of a High-Side FET or excessive ON state voltage drop across a Low-Side FET), these pins are pulled low by the device (see truth table in fault condition). |
| CS   | Analog current sense output. This output sources a current proportional to the motor current. The information can be read back as an analog voltage across an external resistor.   |

**VNH2SP30-E****Table 5. Block Descriptions** (see Block Diagram)

| Name                                 | Description   |
|--------------------------------------|---|
| LOGIC CONTROL                        | Allows the turn-on and the turn-off of the High Side and the Low Side switches according to the truth table.  |
| OVERVOLTAGE + UNDERVOLTAGE           | Shut-down the device outside the range [5.5V..16V] for the battery voltage.   |
| HIGH SIDE AND LOW SIDE CLAMP VOLTAGE | Protect the High Side and the Low Side switches from the high voltage on the battery line in all configuration for the motor.                                   |
| HIGH SIDE AND LOW SIDE DRIVER        | Drive the gate of the concerned switch to allow a proper $R_{DS(on)}$ for the leg of the bridge.  |
| LINEAR CURRENT LIMITER               | Limits the motor current, by reducing the High Side Switch gate-source voltage when short-circuit to ground occurs.   |
| OVERTEMPERATURE PROTECTION           | In case of short-circuit with the increase of the junction's temperature, shuts-down the concerned High Side to prevent its degradation and to protect the die. |
| FAULT DETECTION                      | Signalize an abnormal behavior of the switches in the half-bridge A or B by pulling low the concerned ENx/DIAGx pin.  |

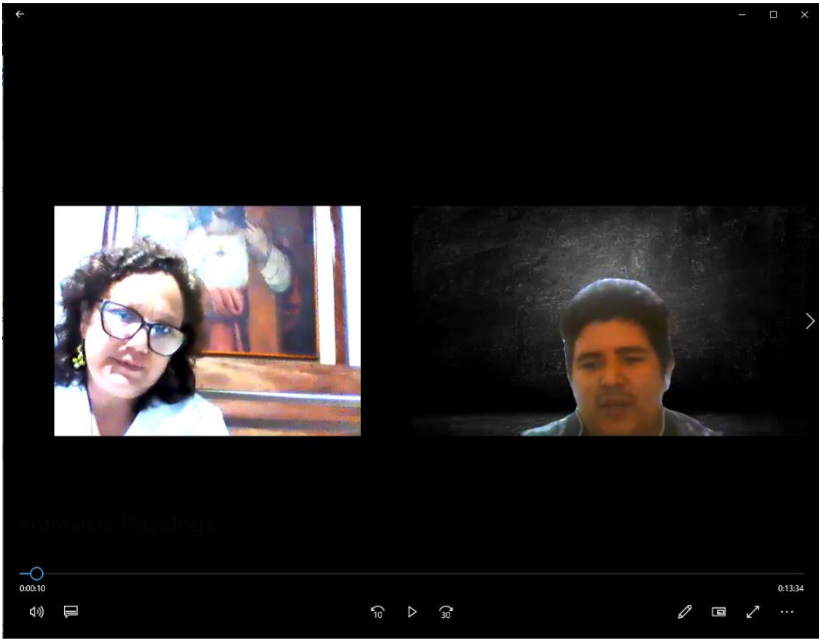
**Table 6. Absolute Maximum Rating**

| Symbol    | Parameter  | Value              | Unit |
|-----------|--|--------------------|------|
| $V_{CC}$  | Supply Voltage   | + 41               | V    |
| $I_{max}$ | Maximum Output Current (continuous)                          | 30                 | A    |
| $I_R$     | Reverse Output Current (continuous)                          | -30                | A    |
| $I_{IN}$  | Input Current ( $IN_A$ and $IN_B$ pins)                      | +/- 10             | mA   |
| $I_{EN}$  | Enable Input Current ( $DIAG_A/EN_A$ and $DIAG_B/EN_B$ pins) | +/- 10             | mA   |
| $I_{pw}$  | PWM Input Current  | +/- 10             | mA   |
| $V_{CS}$  | Current Sense Maximum Voltage                                | -3/+15             | V    |
| $V_{ESD}$ | Electrostatic Discharge ( $R=1.5k\Omega$ , $C=100pF$ )       |                    |      |
|           | - CS pin   | 2                  | kV   |
|           | - logic pins   | 4                  | kV   |
|           | - output pins: $OUT_A$ , $OUT_B$ , $V_{CC}$                  | 5                  | kV   |
| $T_J$     | Junction Operating Temperature                               | Internally Limited | °C   |
| $T_C$     | Case Operating Temperature                                   | -40 to 150         | °C   |
| $T_{STG}$ | Storage Temperature  | -55 to 150         | °C   |

**Figure 4. Current and Voltage Conventions**



**Anexo 12. Entrevista Con Psicóloga Fisioterapeuta**



### **Anexo 13. Preguntas para entrevistas a expertos Psicóloga fisioterapeutas y persona discapacitada**

#### **Banco de preguntas para entrevista a expertos fisioterapeutas**

1. ¿Cuáles son los beneficios que una persona con discapacidad motriz o Amelia buscan obtener al adquirir una silla de rueda?
2. ¿Por lo general las personas que padecen discapacidad motriz que solución buscan obtener?
3. ¿Cree que existe algún tipo de inconformidad en el uso de las sillas de ruedas en personas que padecen de discapacidad o Amelia y de ser sí cuál sería la principal causa?
4. ¿Qué componentes considera necesarios en el diseño de una silla de rueda para comodidad al usuario que hace uso de ella?
5. ¿Por lo general que silla de rueda brinda mayor comodidad al usuario y por qué?
6. ¿Considera necesario un tipo de silla de rueda que permita el desplazamiento de la persona a través de movimientos de la cabeza y saber su ubicación en tiempo real?
7. ¿Qué otra sugerencia tendría en cuanto al diseño de una silla de rueda con GPS y autónoma?

#### **Banco de preguntas para entrevista a personas con discapacidades reducidas en sus extremidades inferiores.**

- 1.- ¿Cree Ud. conveniente y beneficioso introducir un sistema de geolocalización (GPS) en una silla de ruedas?
- 2.- ¿Le gustaría tener el control absoluto de su silla de ruedas de manera autónoma? Si, No, Porque
- 3.- Además de la introducción de un GPS y control autónomo de la silla de ruedas ¿Qué otro complemento le gustaría tener para su comodidad en la silla de ruedas?
- 4.- Le daría su completo apoyo a este tipo de proyectos para la comodidad y bienestar de las personas con discapacidad en sus extremidades inferiores
- 5.- ¿Estaría de acuerdo con que se realicen este tipo de prototipos a bajo costo para los distintos tipos de discapacidades? Porque
- 6.- ¿Qué opina al respecto de una pequeña producción en masa de estos prototipos realizados con presupuesto significativamente reducido?
- 7.- ¿Si tuviera la facilidad de acceder a este prototipo para personas con discapacidades reducidas en sus extremidades inferiores la aceptaría? Si, No, Porque

## Bibliografía

- A.Pozo-Ruz, A. M.-A. (s.f.). SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS. Madrid.
- Babbie, E. R. (1999). Libro, Los fundamentos de la investigación social. México : Thomson, 2000.
- Banco Mundial . (3 de Abril de 2019). Discapacidad. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/disability#1>
- Cabrera Gómez, D. J., & Sierra Ariza, J. A. (agosto de 2019). Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6516/DCOMSB%284%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cendrero, L. U. (2017). La discapacidad como factor de discriminación en el ámbito laboral. Universidad Complutense de Madrid.
- Conadis, & INEC. (1 de Agosto de 2020). CONADIS. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- DE LA CRUZ BURBANO, E. D. (marzo de 2013). Escuela Superior Politécnica del litoral. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6098/1/CD-4803.pdf>
- El Telégrafo . (17 de Mayo de 2019). El telegrafo. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/personascondiscapacidad-mies-discapacidadfisica>
- García, J. T. (2016). Análisis de los procesos de integración neurosensorial implicados en el control de la estabilidad postural en pacientes con disfunción de cráneo-mandibular. UIC.
- Gonzabay Jiménez, E. F. (septiembre de 2018). Universidad de Guayaquil. Obtenido de “DISEÑO DE UN SISTEMA VR EN UNA SILLA DE RUEDAS PARA PERSONAS CON LIMITACIONES EN SUS PIERNAS”: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40892/1/4-Proyecto%20de%20grado%20-%20silla%20de%20reconocimiento%20voz%20-%20Gonzabay.pdf>
- Marina, A. (09 de 04 de 2020). DEUSTO SALUD. Obtenido de Blog de salud: <https://www.deustosalud.com/blog/teleasistencia-dependencia/cuales-son-tipos-discapacidad-mas-comunes>
- Ministerio de Salud Publica. (21 de Febrero de 2014). Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. Obtenido de <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH4f82.dir/doc.pdf>
- Mora Patiño, J. E., & Salazar Tabares, D. F. (septiembre de 2014). Universidad Tecnológica de Pereira . Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71397882.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2019). OMS. Obtenido de <https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/>
- puntoflotante. (2017). puntoflotante s.a. Obtenido de <https://www.puntoflotante.net/DRIVER-VNH2SP30-PWM-PUENTE-H-MOTORES-CD.htm>
- Raffino, M. E. (5 de Noviembre de 2020). Concepto.de. Obtenido de <https://concepto.de/metodo-deductivo/>

- UNIR. (2020). UNIR la Universidad en Internet. Obtenido de [unir.net/educacion/revista/discapacidad-motora-en-el-aula/](http://unir.net/educacion/revista/discapacidad-motora-en-el-aula/)
- Villamarín, F. (30 de Noviembre de 2020). Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>