

Sistema de Navegación para Personas no Videntes, mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Híbrido (GPS & GLONASS), para la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE

Llerena Edison, Suárez Enrique
Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Latacunga – Ecuador

Resumen – El proyecto consiste en el desarrollo e implementación de un equipo electrónico, montado en un chaleco para que cualquier persona con discapacidad visual, pueda ocuparlo para transitar en las instalaciones de la universidad. Este sistema tendrá la capacidad de dirigir al usuario mediante mensajes de voz y por vibradores colocados en puntos estratégicos del cuerpo sobre el chaleco, también contará con sensores de distancia para determinar la existencia de objetos como paredes o mesas. El sistema electrónico dispondrá de un dispositivo de Posicionamiento Global Híbrido, este último término es porque es de doble constelación de satélites, el primero es el Sistema de Posicionamiento Global Americano (GPS) y el segundo es el Sistema Global de Navegación por Satélite Ruso (GLONASS por sus siglas Rusas) (GNSS por sus siglas en inglés), y mediante estos dos sistemas se puede obtener la geo posición por la triangulación de los satélites. Con esta información, el Arduino Mega 2560 podrá guiar al usuario para que llegue al destino seleccionado.

El usuario, mediante comandos de voz en español universal, podrá llamar la atención del equipo por medio de su voz, lo que permitirá que el sistema le despliegue un listado hablado del menú y sus diferentes destinos, donde el usuario navegará por el menú mediante la pronunciación de los números del cero al diez.

Palabras Claves.- ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA. SENSORES DE DISTANCIA. DISPOSITIVO DE POSICIONAMIENTO GLOBAL HÍBRIDO (GPS & GLONASS), COMANDOS DE VOZ.

I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1.1 SISTEMA GPS

Los sistemas GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y GLONASS (Sistema Global de Navegación por Satélite) son sistemas autónomos, es decir cada uno tiene su propio sistema de referencia y su propio sistema o escala de tiempo, usan diferentes sistemas de referencia para expresar las posiciones de sus satélites. [1]

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GPS

El GPS está dividido en tres segmentos, como se muestra en la Figura I.1:

- Segmento espacial.

- Segmento de control.
- Segmento de usuario.



Figura I.1 Segmentos GPS. [2]

1.2 TECNOLOGÍA RFID

RFID es una nueva tecnología para la identificación de objetos a distancia sin necesidad de contacto, similar a la tecnología de código de barras la diferencia es que RFID utiliza una señal de radio frecuencia en lugar de una señal óptica.

Los sistemas de código de barras utilizan un lector y etiquetas impresas, en cambio RFID utiliza un lector y una tarjeta o tag especial. En lugar de utilizar el reflejo de un rayo láser sobre las etiquetas de código de barras, RFID utiliza una señal de radiofrecuencia de baja potencia.

1.2.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA RFID

Un sistema RFID consta de tres componentes básicos, ver Figura I.2:

- Etiquetas o Tag's.
- Lector RFID.
- Sistema de procesamiento de datos.



Figura I.2 Componentes de un sistema RFID. [3]

1.3 TECNOLOGÍA GSM

GSM (Global System for Mobile communications – Sistema Global para comunicaciones Móviles) es una tecnología inalámbrica de segunda generación (2G), digital y abierta que presta los siguientes servicios en movilidad:

- Servicios de voz.
- Servicios de datos (hasta 9.6 Kbps).
- SMS.

Las bandas que trabaja esta tecnología son:

- Europa: 900 MHz y 1800 MHz.
- Estados Unidos: 850 MHz y 1900 MHz.
- Sudamérica, Canadá, Australia: 850 MHz.

La cobertura es prácticamente global ya que tiene servicio disponible en más de 218 países, es decir Roaming con el mismo número. Las redes terrestres GSM cubren aproximadamente el 80 % de la población mundial. [4]

1.4.1 CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD

La seguridad en GSM consta de los siguientes aspectos:

- Autenticación de la identidad del abonado.
- Confidencialidad de la identidad del abonado.
- Confidencialidad de los datos de señalización.
- Confidencialidad de los datos del usuario.

1.5 ACELERÓMETRO

Un acelerómetro es un instrumento para medir la aceleración de un objeto al que va unido, lo hace midiendo respecto de una masa inercial interna.

Existen varios tipos de tecnologías (piezoeléctricos, piezoresistivos, capacitivos, mecánicos) y diseños que aunque todos tienen el mismo fin (medir la aceleración) pueden ser distintos unos de otros según la aplicación a la cual van destinados y las condiciones en las cuales han de trabajar.

1.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACELERÓMETROS

En la Tabla I.1 se resume algunas características de las principales características de los acelerómetros y sus aplicaciones más típicas teniendo en cuenta que el margen de medida se expresa en unidades de g (aceleración de la gravedad terrestre cuyo valor es aproximadamente de 9.81 m/s^2).

Tabla I.1 Principales características de los diferentes acelerómetros. [5]

Tipo de acelerómetro	Margen de medida (g)	Ancho de Banda (Hz)	Ventajas e Inconvenientes
Piezoeléctricos	0 a 2000	10 a 20000	- Sensibilidad media - Uso complejo - Bajas temperaturas - No funciona en continua
Piezoresistivos	0 a 2000	0 a 10000	- Respuesta en DC y AC - Prestaciones medias - Bajo coste
Capacitivos	0 a 1000	0 a 2000	- Funciona en continua - Bajo ruido - Baja potencia - Excelentes características
Mecánicos	0 a 200	0 a 1000	- Alta precisión en continua - Lentos - Alto coste

1.6 BRÚJULA

Es el instrumento utilizado para la determinación del norte magnético de la Tierra, y por tanto, para la determinación de cualquier dirección con relación a éste.

En su forma básica consiste en una aguja magnetizada sujeta en su punto central y con posibilidad de giro sobre una rosa de direcciones, ver Figura I.3.



Figura I.3 Brújula. [6]

1.7 SENSORES DE DISTANCIA

Los sensores de distancia y transductores de distancia, están pensados para realizar la medida de distancia lineal o desplazamiento lineal de una forma automatizada, ya que proporcionan una señal eléctrica según la variación física, en este caso la variación física es la distancia.

Los rangos de medida disponibles son muy diversos, según el tipo de sensor de distancia empleado. Así pues hay modelos que tienen rangos de unas pocas micras y otros modelos que pueden llegar a medir cientos de metros. En función del rango requerido, el formato del sensor varía, siendo más o menos voluminoso, con mayor o menor protección IP, etc. [7]

1.8 TIPOS DE SENSORES

Se tiene los siguientes tipos:

1.8.1 Sensor Capacitivo

Los sensores capacitivos de proximidad se utilizan para la detección sin contacto de objetos metálicos y objetos no metálicos (líquido, plástico, materiales de madera y cosas de ese estilo). Los sensores de proximidad capacitivos utilizan la variación de la capacitancia entre el sensor y el objeto a ser detectado. Cuando el objeto está a una distancia predefinida de la parte sensible del sensor, un circuito electrónico dentro del sensor comienza a oscilar.

La distancia de funcionamiento del sensor depende de la forma y el tamaño de actuador y está estrictamente ligada a la naturaleza del material.



Figura I.4 Sensor capacitivo. [8]

1.8.2 Sensor Inductivo

Los sensores inductivos de proximidad se utilizan para la detección sin contacto de objetos metálicos. Su principio de funcionamiento se basa en una bobina y un oscilador que crea un campo electromagnético en el entorno cercano de la superficie de detección. La distancia de funcionamiento del sensor depende de la forma del actuador y el tamaño y está estrictamente ligada a la naturaleza del material, fluctúa entre 0.01mm y 10mm.



Figura I.5 Sensor inductivo. [8]

1.8.3 Sensores de final de Carrera

Son sensores de contacto que muestran una señal eléctrica, ante la presencia de un movimiento mecánico. Son utilizados ampliamente En ambientes industriales para censar la presencia de objetos en una posición específica.

Se utilizan en diversas aplicaciones. Pueden determinar la presencia, ausencia paso y posicionamiento de un objeto. En un comienzo se los utilizaba para definir el final de recorrido de un objeto, de ahí que se llaman “interruptores de final de carrera”.



Figura I.6 Sensor de final de carrera. [9]

1.8.4 Sensores Magnéticos

Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto.

Usando los inductores magnéticos (ej. Hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para, por ejemplo, poder llevar señales de áreas de alta temperatura.



Figura I.7 Sensor magnético. [10]

1.8.4 Sensor de Ultrasonido

Son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 8 m. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración.

Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser deflectores de sonido.



Figura I.8 Sensor ultrasonido. [11]

1.9 BARÓMETRO

Un barómetro es un instrumento que mide la presión atmosférica. La presión atmosférica es el peso por unidad de superficie ejercida por la atmósfera. [12]

Los barómetros son instrumentos fundamentales para saber el estado de la atmósfera y realizar predicciones meteorológicas. Las altas presiones se corresponden con regiones sin precipitaciones, mientras que las bajas presiones son indicadores de regiones de tormentas y borrascas.

1.9.1 TIPOS DE BARÓMETROS

Dentro de los tipos de barómetro se tiene:

1.9.1 Barómetro de Mercurio

Fue inventado por Torricelli en 1643. Un barómetro de mercurio está formado por un tubo de vidrio de unos 850 mm de altura, cerrado por el extremo superior y abierto por el inferior, ver Figura I.9.

El tubo se llena de mercurio, se invierte y se coloca el extremo abierto en un recipiente lleno del mismo líquido. Si entonces se destapa se verá que el mercurio del tubo desciende unos centímetros, dejando en la parte superior un espacio vacío (cámara barométrica o vacío de Torricelli).



Figura I.9 Barómetro de mercurio. [13]

Así, el barómetro de mercurio indica la presión atmosférica directamente por la altura de la columna de mercurio.

1.9.2 Barómetro Aneroid

Es un barómetro que no utiliza mercurio. Indica las variaciones de presión atmosférica por las deformaciones más o menos grandes que aquélla hace experimentar a una caja metálica de paredes muy elásticas en cuyo interior se ha hecho el vacío más absoluto, ver Figura I.10.

Se gradúa por comparación con un barómetro de mercurio pero sus indicaciones son cada vez más inexactas por causa de la variación de la elasticidad del resorte plástico. Fue inventado por Lucien Vidie en 1843.

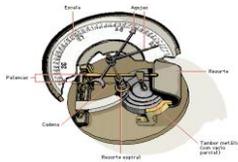


Figura I.10 Barómetro aneroid. [13]

1.9.3 Barómetro de Fortín

El barómetro de Fortín se compone de un tubo Torricelliano que se introduce en el mercurio contenido en una cubeta de vidrio en forma tubular, provista de una base de piel de gamo cuya forma puede ser modificada por medio de un tornillo que se apoya de la punta de un pequeño cono de marfil. Así se mantiene un nivel fijo.

Los barómetros Fortín se usan en laboratorios científicos para las medidas de alta precisión, y las lecturas deben ser corregidas teniendo en cuenta todos los factores que puedan influir sobre

las mismas, tales como la temperatura del ambiente, la aceleración de gravedad de lugar, la tensión de vapor de mercurio, etc.

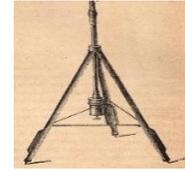


Figura I.11 Barómetro de Fortín. [14]

1.10 MÓDULOS DE RECONOCIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE VOZ

El reconocimiento automático del habla (RAH) o reconocimiento automático de voz es una disciplina (y a la vez es un arte) de la inteligencia artificial que tiene como objetivo permitir la comunicación hablada entre seres humanos y computadoras.

Un sistema de reconocimiento de voz es una herramienta computacional capaz de procesar la señal de voz emitida por el ser humano y reconocer la información contenida en ésta, convirtiéndola en texto o emitiendo órdenes que actúan sobre un proceso. En su desarrollo intervienen diversas disciplinas, tales como: la fisiología, la acústica, el procesamiento de señales, la inteligencia artificial y la ciencia de la computación. [15]

1.10.1 MÓDULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ VRBOT

El reconocimiento de voz, requiere de un módulo interno para grabación y reconocimiento.

Se puede grabar y reconocer voces definidas por el propio usuario y en cualquier idioma. En este proyecto se tratan de voces dependientes del micrófono (SD), que han sido previamente "enseñadas" y grabadas en la memoria interna del módulo.

1.10.1.1 Aplicaciones

Son numerosas las posibles aplicaciones del módulo de reconocimiento VRbot. Algunas sugerencias:

- Sistemas de control de propósito general que se deseen gobernar mediante voz.
- Automatización de aplicaciones en el ámbito doméstico.
- Control de acceso por voz.
- Sistemas robóticos controlados por voz.

1.11 PANTALLA TFT

La denominación TFT son las siglas inglesas de "transistor de película fina", utilizado en esta tecnología para un control

preciso de los píxeles. La denominación proviene del uso de cristales líquidos y películas o láminas de material plástico en vez de vidrio y pesados tubos de imagen.

Una pantalla TFT (ver Figura I.12) es un tipo de pantalla LCD que funciona con un transistor de película fina. Este se encarga de un control preciso de los píxeles. Esta tecnología permite una construcción especialmente compacta, por lo cual es utilizada sobre todo en pantallas planas y pantallas de ordenadores portátiles. [16]



Figura I.12 Pantalla TFT. [16]

II. DISEÑO E IMPLEMENTACION

Conocer la situación de las personas ciegas en Ecuador, su educación, los problemas más conocidos de deficiencia visual, sus causas y efectos. Permiten tener una visión global, con la cual dar solución para que las personas no videntes puedan moverse de una mejor manera.

2.1 DISEÑO DEL SISTEMA

En la Figura II.1 se muestra el diagrama de bloques de acoplamiento de dispositivos con la tarjeta Arduino Mega 2560 del proyecto “Sistema de navegación para personas no videntes, mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Híbrido (GPS & GLONASS) para la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE”, que en adelante se llamará Sistema Bartimeo.

El Sistema Bartimeo se comunica con los dispositivos utilizados a través de siguiente tipos de comunicación: puerto paralelo (Pantalla TTF 3.2”), puerto serial (Modulo SIM 900 GSM, Modulo GPS&GLONASS, Antena RFID 125K, Modulo EasyVR 2.0), comunicación I²C (Brújula HMC5883L, Barómetro BMP085), comunicación analógica (Acelerómetro ADXL335, Sensores Ultrasónicos HC-SR04).

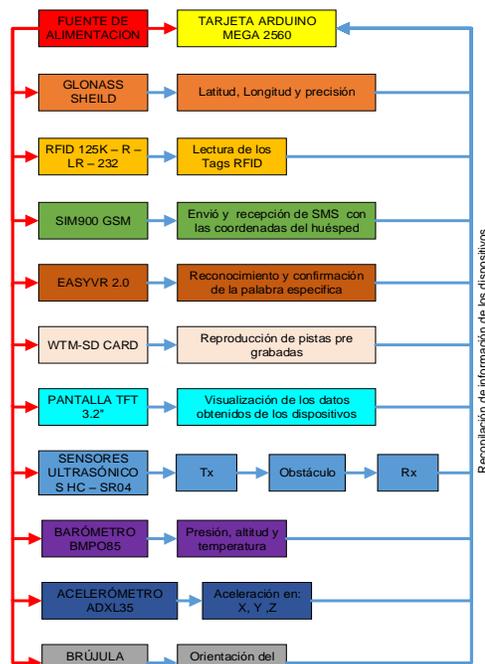


Figura II.1 Diagrama de bloques de acoplamiento de dispositivos con la tarjeta Arduino Mega 2560.

2.2 DISEÑO DEL HARDWARE

El diseño del hardware del prototipo se compone de tres partes muy importante: la tarjeta de control, el chaleco y el soporte de la antena RFID.

2.2.1 Diseño de la tarjeta de control

Se diseñó una tarjeta de control mediante el programa PROTEUS (ver Figura II.2), el cual nos permite diseñar de una manera fácil y sencilla. Esta placa está compuesta por espadines, los cuales sirven para acoplar cada uno de los dispositivos, un regulador de voltaje (7805) el mismo que permite tener un voltaje fijo de 5 V de corriente continua, un integrado MAX232 el cual permitirá tener una comunicación serial entre el dispositivo RFID y el Arduino Mega 2560 y de unas borneras que sirven como entradas y salidas de voltaje.

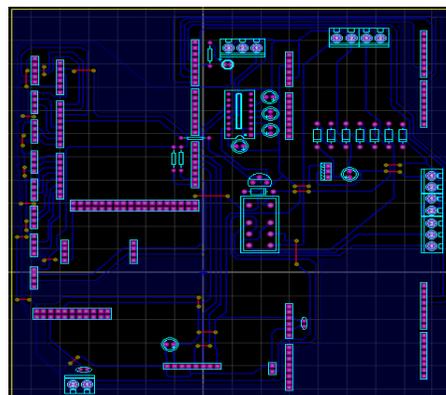


Figura II.2 Diseño de la tarjeta de control.

2.2.2 Diseño del chaleco

El chaleco se lo adquirió ya diseñado está construido de tela de color tomate (ver Figura II.3), al cual se le realizó algunas modificaciones con el objetivo de poder acoplar tanto la tarjeta de control como los distintos dispositivos que comprende el Sistema Bartimeo.



Figura II.3 Chaleco.

En la parte trasera del chaleco se colocó un soporte en forma de cuadrado de 18 x 18 cm (ver Figura II.4).



Figura II.4 Diseño de compartimento en la parte trasera del chaleco.

Posteriormente con la ayuda del velcro adhesivo de color negro se cortó unas pequeñas piezas (5 x 2,5 cm), las cuales están pegadas al chaleco tanto en la parte frontal como posterior del chaleco, ver Figura II.5.

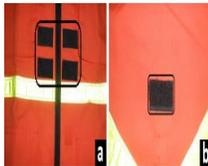


Figura II.5 a) Piezas de velcro adhesivo en la parte frontal del chaleco. b) Pieza de velcro adhesivo en la parte posterior del chaleco.

Finalmente se realizó unos pequeños agujeros (diámetro de 1 cm) en puntos claves del chaleco (ver Figura II.6), con el fin de poder pasar los distintos cables de los dispositivos.



Figura II.6 Diseño de pequeños agujeros en puntos clave del chaleco.

2.2.3 Diseño del soporte de la antena RFID

El soporte de la antena, está construido con acrílico de color transparente de 0.3 cm de espesor donde se fija la antena, ver Figura II.7.

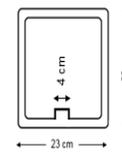


Figura II.7 Soporte de la antena RFID.

Además de una base para fijar la pierna del usuario y el circuito de transmisión de datos, ver Figura II.8.

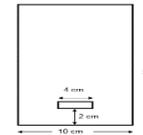


Figura II.8 Pieza rectangular del chasis de la antena RFID.

2.3 DISEÑO DEL SOFTWARE

El software del Sistema Bartimeo se compone del código desarrollado para la tarjeta Arduino y la configuración de todos los dispositivos, como se indica en la Figura II.9.

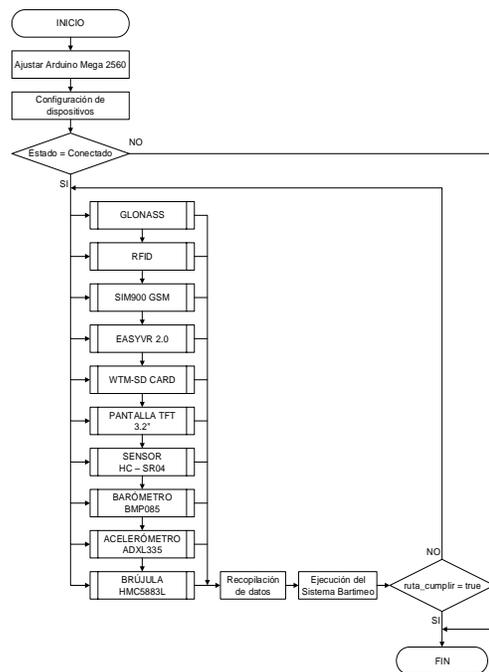


Figura II.9 Diagrama de flujo del sistema de control.

2.3.1 Programación de la tarjeta Arduino

Cuando se programa en el entorno Arduino IDE existe la posibilidad de buscar, reemplazar, cortar y pegar texto lo que facilita la programación. En el área de mensajes se puede observar la información mientras se ejecutan los programas y también muestra los errores de los programas, ver Figura II.10.



Figura II.10 Entorno de desarrollo de Arduino.

2.3.2 Estructura del lenguaje de programación Arduino IDE

La estructura básica de este lenguaje de programación se divide en dos partes, o funciones, que encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones.

```
void setup()
{
  estamentos;
}

void loop()
{
  estamentos; }
```

En donde **setup** es la parte encargada de almacenar la configuración y **loop** es la parte que contienen el programa que se ejecutará cíclicamente (de ahí el término loop-bucle).

a) Descripción del código

El desarrollo del código se inicia cargando las librerías: tinyFAT.h, UTFT.h, UTFT_tinyFAT.h, UTFT_Geometry.h, UTFT_Buttons.h, GPS.h, SoftwareSerial.h, Software Serial port (12,13), Wire.h, HMC5883L.h y después definiendo las variables de tipo: int, float, unsigned char, char reader, char string y boolean.

Luego en el setup se inicializa el puerto serie a una velocidad de 9600 Bps y se configura los puertos como entradas o salidas dependiendo de los distintos dispositivos. En el loop, la función digitalRead lee el valor del pin especificado de entrada digital, ya sea alta o baja. La función Serial.print permite enviar los datos vía serial, que se utiliza en la programación de la tarjeta Arduino.

2.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Para la implementación del sistema Bartimeo, se procedió a ensamblar las siguientes partes:

2.4.1 ESAMBLAJE DE LA TARJETA DE CONTROL

Se elaboró una tarjeta de control donde se colocaron todos los sensores y dispositivos, como son el sensor de distancia, la brújula magnética, el barómetro, el acelerómetro, la pantalla

TFT de 3.2'', el módulo MP3, el módulo RFID, el módulo de reconocimiento de voz, el módulo GSM y el módulo GLONASS Shield, ver Figura II.11.



Figura II.11 Ensamblaje de la tarjeta de control.

La tarjeta de control se la colocó dentro de una caja cuadrada de 17 x 17 cm con una altura de 7 cm (ver Figura II.12), para su protección se utilizó acrílico de color transparente de 0.3 cm de espesor.



Figura II.12 Colocación de la tarjeta de control en la caja de acrílico transparente.

2.4.2 ESAMBLAJE DEL CHALECO

Para el ensamblaje del chaleco, se utilizó la combinación de materiales como velcro adhesivo, cemento de contacto, acrílico transparente de 0,3 cm de espesor, espadines, cable plano, cautín y estaño, ver Figura II.13.



Figura II.13 Materiales para el ensamblaje del chaleco.

Se tomaron en cuenta los siguientes pasos:

1. Conexión del cable plano con el conector de espadines y de todos los conectores de los diferentes sensores y dispositivos que posee el Sistema Bartimeo, ver Figura II.14.



Figura II.14 Conexión del cable plano con el conector de espadines.

Con la utilización de un espagueti térmico se procedió a asegurar cada uno de los diferentes conectores, ver Figura II.15.

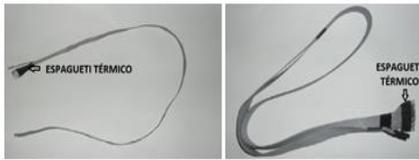


Figura II.15 Aseguración de conectores con el espaguete térmico.

2. Empleando acrílico transparente se construyó unas pequeñas piezas de 11 x 2,1 cm (dos piezas), ver Figura II.16.

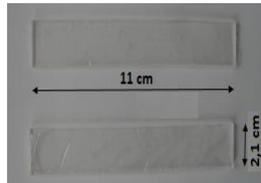


Figura II.16 Piezas de acrílico transparente.

Con la ayuda del cemento de contacto se procedió a pegar el velcro adhesivo con cada una de ellas, ver Figura II.17



Figura II.17 Pegado del velcro adhesivo con las piezas de acrílico transparente.

3. Luego se procedió a acoplarlas en el chaleco, tanto las piezas de acrílico como los conectores respectivos, ver Figura II.18.



Figura II.18 Acoplamiento de conectores y piezas de acrílico transparente en el chaleco.

Finalmente se procedió a acoplar la antena GLONASS, ver Figura II.19.



Figura II.19 Acoplamiento de la antena GLONASS al chaleco.

2.4.3 ENSAMBLAJE DEL SOPORTE DE LA ANTENA RFID

Para el ensamblaje del soporte de la antena RFID, se utilizó la combinación de materiales como brujita y bicarbonato, con los cuales se procedió a unir cada una de las partes, posteriormente se pegó unas cintas de velcro adhesivo en los dos extremos de la pieza semicilíndrica con el fin de poder acoplar el soporte al tobillo del usuario, ver Figura 20.



Figura II.20 Ensamblaje del soporte de la antena RFID.

2.4.4 ENSAMBLAJE FINAL

Una vez ensamblado la tarjeta de control, el chaleco y el soporte de la antena RFID, se procedió al ensamble final del Sistema Bartimeo, tomando en cuenta los siguientes pasos:

1. Colocación de los sensores de distancia sobre el chaleco, ver Figura II.



Figura II.21 Colocación de los sensores de distancia sobre el chaleco.

2. Colocación de la brújula sobre el chaleco, ver Figura II.22.



Figura II.22 Colocación de la brújula sobre el chaleco

3. Colocación de la pantalla TFT sobre el chaleco, ver Figura II.23.



Figura II.23 Colocación de la pantalla TFT en el chaleco.

- Colocación del audífono con micrófono sobre el chaleco, ver Figura II.24.



Figura II.24 Colocación del audífono con micrófono sobre el chaleco.

- Finalmente se tiene ensamblado el Sistema Bartimeo, ver Figura II.21.



Figura II.21 Sistema Bartimeo.

III. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizó el comportamiento práctico del Sistema Bartimeo en general en su ambiente real de funcionamiento. A continuación se presentan las pruebas básicas realizadas y los resultados obtenidos de las mismas, lo que ayudó a mejorar el sistema y a la determinación de conclusiones importantes sobre el mismo.

3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA

El Sistema Bartimeo permite realizar la navegación de una persona no vidente “Usuario” por las instalaciones de la Universidad de la Fuerza Armadas – ESPE, este sistema tendrá la capacidad de dirigir al usuario por medio del módulo GLONASS Shield apoyado de una brújula digital para su orientación, mensajes de voz y por vibradores colocados en puntos estratégicos del cuerpo sobre el chaleco, también cuenta con sensores de distancia para determinar la existencia de objetos como paredes o mesas, además cuenta con un dispositivo RFID que recoge la información de los tag’s ubicados a lo largo de las rutas que va a transitar el usuario.

El usuario podrá transitar por los siguientes destinos: Oficinas administrativas, laboratorios de la planta baja, baños, y la biblioteca, como se muestra en el Anexo Q.

3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES AL SISTEMA

Encender el sistema, visualizar la presentación del sistema por medio de la pantalla TFT de 3.2”.

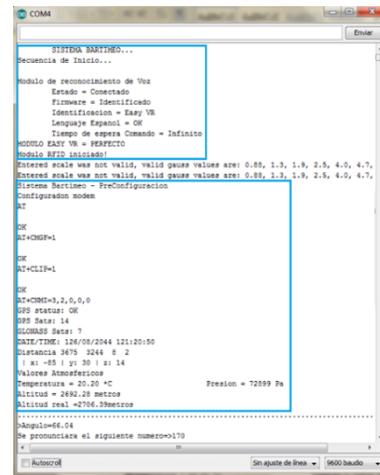


Figura III.1 Despliegue de datos del Sistema Bartimeo a través del puerto serial.

El sistema comienza a trabajar correctamente.

3.2.1 PRUEBAS DE VOLTAJE

La alimentación del Arduino Mega 2560 tiene que ser 5 V, se utiliza un regulador de voltaje 7805 para reducir la tensión al nivel requerido, en la Figura III.2 se muestra la medición del nivel de voltaje.



Figura III.2 Voltaje aplicado a la tarjeta de control.

3.2.2 PRUEBAS DEL GPS

Esperar unos instantes hasta que el GPS & GLONASS se conecte con los satélites y de inmediato se visualizara los datos de Latitud, Longitud, hora y fecha, como se muestra en la Figura III.3.

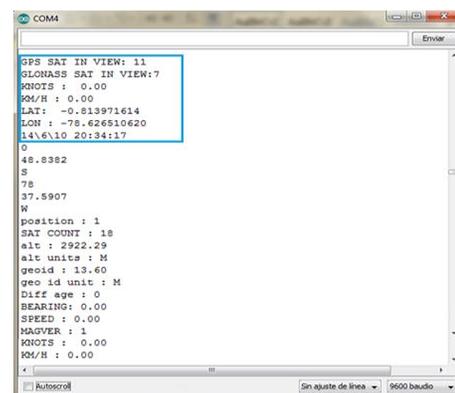


Figura III.3 Despliegue de datos del GLONASS Shield.

El GPS funciona sin ningún problema y proporciona los datos requeridos.

3.2.3 PRUEBAS GSM

Para realizar las pruebas de funcionamiento del módulo SIM900 GSM se probó mediante el envío y recepción de mensajes de texto (SMS) desde el serial del Arduino IDE hacia un teléfono móvil, como se observa en la Figura III.4.

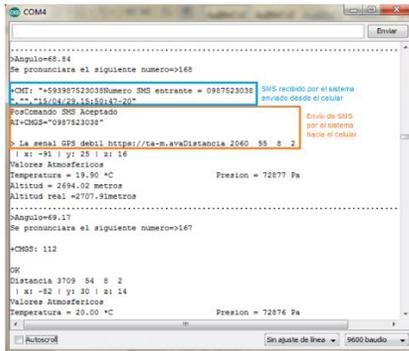


Figura III.4 Intercambio de comandos AT para enviar y recibir SMS.

Con la presente grafica se indica que el módulo GSM funciona sin ningún problema y proporciona los datos requeridos.

3.2.4 PRUEBAS DE LA ORIENTACIÓN DE LA BRÚJULA

Para la prueba del funcionamiento de la brújula se probó el ejemplo de la librería con la que se ha trabajado, y de donde se extrajo el método para la lectura de este, ver Figura III.5.

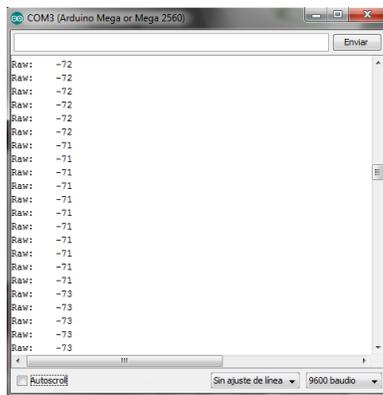


Figura III.5 Despliegue de datos de la brújula HMC5883L.

3.2.5 PRUEBAS DEL DISPOSITIVO RFID

Previo a las pruebas se demostró la colocación de los tag's en la ruta a transitar para realizar el reconocimiento a través de la antena lectora RFID, ver Figura III.6.

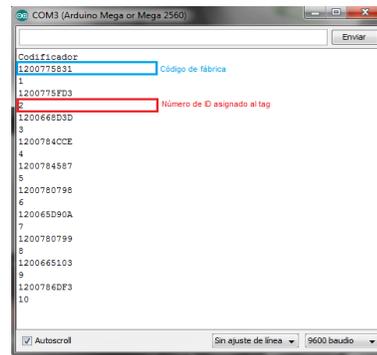


Figura III.6 Reconocimiento de tag's y asignación de ID.

Las pruebas realizadas en el sistema fueron exitosas ya que se logró identificar cada uno de los tag's con que cuenta el sistema, es decir cumple con lo esperado para la aplicación para la cual fue diseñado.

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de terminar todas las pruebas realizadas en el sistema se puede indicar que se cumplió los objetivos y metas planteadas al inicio del proyecto, entre las principales tenemos; controlar el almacenamiento de tramas, manejar los protocolos de comunicación con el Arduino Mega 2560.

Cabe destacar que se realizó progresivamente cada una de las etapas del proyecto y por ende se cumplió con el óptimo funcionamiento del sistema.

3.3.1 DESPLAZAMIENTO DEL USUARIO POR LA RUTA 3

De acuerdo a la prueba realizada por el usuario con el prototipo, se desplazó desde el punto de partida hacia la oficina MED que corresponde a la ruta 3 del Sistema Bartimeo como se muestra en la Figura III.7 del plano, la línea de color azul representa la trayectoria como se debería desplazar, y la línea de color rojo representa la trayectoria real del desplazamiento realizado por el usuario con un margen de error de 2.5 cm al llegar a su destino.

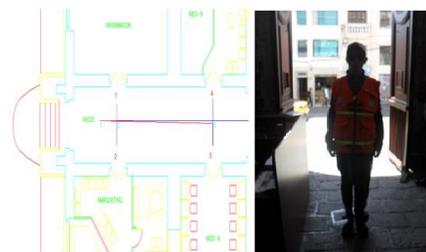


Figura III.7 Desplazamiento del usuario por la ruta 3.

3.3.2 DESPLAZAMIENTO DEL USUARIO POR LA RUTA 9

De acuerdo a la prueba realizada por el usuario con el prototipo, se desplazó desde el punto de partida hacia Pagaduría que corresponde a la ruta 9 del Sistema Bartimeo como se muestra en la Figura III.8 del plano, la línea de color azul representa la trayectoria como se debería desplazar, y la línea de color rojo representa la trayectoria real del desplazamiento realizado por el usuario con un margen de error de 2 cm al llegar a su destino.



Figura III.8 Desplazamiento del usuario por la ruta 9.

3.3.3 DESPLAZAMIENTO DEL USUARIO POR LA RUTA 18

De acuerdo a las pruebas realizadas por el usuario con el prototipo, se desplazó desde el punto de partida hacia el Departamento de Eléctrica y electrónica que corresponde a la ruta 18 del Sistema Bartimeo como se muestra en la Figura III.9 del plano, la línea de color azul representa la trayectoria como se debería desplazar, y la línea de color rojo representa la trayectoria real del desplazamiento realizado por el usuario con un margen de error de 1.5 cm al llegar a su destino.



Figura III.9 Desplazamiento del usuario por la ruta 18.

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

Dentro del proyecto tenemos los siguientes alcances y limitaciones:

3.4.1 ALCANCES

El sistema construido es un prototipo que fácilmente puede ser adaptado para la movilidad de los no videntes en otro entorno con ciertas modificaciones. El sistema GPS utiliza estaciones basadas en tierra cuya ubicación se conoce precisamente para recibir las señales de los satélites.

Se puede incorporar diferentes dispositivos para la navegación del usuario en el Sistema Bartimeo, sin contratiempos gracias a

que el módulo GLONASS Shield es compatible con muchos programas de localización de internet como: Google Earth, Google Maps se puede tener acceso mediante cualquier ordenador o un Smartphone con acceso a internet, como también posee un módulo GSM SIM900 en base a modificaciones en el código se puede implementar la opción de llamadas tanto entrantes como salientes al Sistema Bartimeo.

3.4.2 LIMITACIONES

El módulo GLONASS Shield que posee el sistema no funciona en lugares cerrados, lo que implica que en el interior de un edificio no se obtiene ningún tipo de señal, razón por la cual se procedió a la utilización de un dispositivo RFID para dar solución a este problema.

El sistema está diseñado exclusivamente para transitar por las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, por las rutas existentes para personas con capacidades especiales.

Este sistema no es multi - ruta, es decir que para desplazarse de un punto a otro dentro las rutas debe necesaria regresar a su punto de inicio para desplazarse a otro destino.

IV. CONCLUSIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema electrónico de navegación para personas no videntes, el cual ayudará al huésped a movilizarse dentro de las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, evitando que se acerque a objetos sin antes saberlo y estar prevenido.
- Se realizó un estudio completo tanto del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y el Sistema Global de Navegación por Satélite (GLONASS), el cual contribuyó en la implementación del Sistema electrónico de navegación para personas no videntes, mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Híbrido (GPS & GLONASS) para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga.
- Se diseñó las rutas en base al recorrido interno del campus universitario para las diferentes unidades de tal manera que la persona no vidente pueda transitar con seguridad.
- Se realizó la interfaz humano - máquina en la pantalla TFT, en la cual se pueden visualizar las distintas rutas del sistema como los datos de los diferentes sensores.
- Se diseñó el hardware del sistema como es la tarjeta de control, el chaleco y el soporte de la antena RFID, para el buen desenvolvimiento del sistema.
- Se diseñó el software del sistema mediante el uso de la plataforma Arduino IDE, el cual se compone del código del Arduino Mega 2560 y de los diferentes dispositivos y sensores que posee el sistema.

- Se comprobó el correcto funcionamiento del sistema de Posicionamiento Global Híbrido (GPS & GLONASS) en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga, teniendo resultados satisfactorios.
- En el manejo del módulo de reconocimiento de voz, nos da un mayor campo de innovación tecnológica. En nuestro proyecto este módulo nos ayudó a través de comandos de voz seleccionar una ruta pre establecida para que el usuario pueda movilizarse.
- El otorgarle a una persona no vidente, la posibilidad de que por medio de nuevos avances tecnológicos, puedan llegar de un destino a otro, es muy interesante, para que ellos tengan accesibilidad en todos los lugares hasta imposibles por sí solos.
- Por medio de este proyecto nos damos cuenta que la innovación tecnológica avanza muy rápido, permitiéndonos interactuar de diferentes formas con los objetos que nos rodean, en este caso con el uso de los sensores con la ayuda de otros dispositivos que nos permitan movilizar o detectar algún objeto y que se convierta en un aviso de peligro hacia la persona no vidente, todo esto nos hace pensar que un robot o un sistema puede tomar decisiones por sí mismo y volverse importante para una persona, pero nunca nos olvidemos que los seres humanos somos únicos e independientes y no necesitamos de programas de computadora para poder realizar un movimiento que es parte de todos los sentidos con los que cuenta una persona.
- Este tipo de sistemas no debe quedar solo como un aporte más al avance del ser humano, sino saberlo integrar, en conjunto con prácticas ya aprobadas de independencia, para que ellos puedan satisfacer sus necesidades, y no toparse con cualquier ante las barreras que todavía existen.

V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] I. M. I-0299/2, «dsi DEPARTAMENTO DE SISTEMAS E INFORMACIÓN,» 1 Marzo 2007. [En línea]. Available: <http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/distribuidos/material/monografias/ApsLocalizacion.pdf>. [Último acceso: 25 Septiembre 2014].
- [2] R. V. Orta, «INGENIERÍA TOPOGRÁFICA,» 21 Julio 2010. [En línea]. Available: <http://velezortarafeal.blogspot.com/p/investigacion-educativa.html>. [Último acceso: 27 Octubre 2013].
- [3] L. E. O. Fernández, «Repositorio digital de la Universidad Politécnica Salesiana,» 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1925/13/UPS-CT002362.pdf>. [Último acceso: 20 Marzo 2014].
- [4] A. D. Garcia, «Slideshare,» 8 Diciembre 2012. [En línea]. Available: http://es.slideshare.net/AmelynDeGracia/gsmumts?next_slideshow=2. [Último acceso: 20 Noviembre 2013].
- [5] M. A. Mas, «e-REDING, Trabajos y proyectos fin de carrera de la E. T. S. I.» 2008 Junio. [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11638/fichero/Capitulo+4.pdf>.
- [6] Javier, «InstintoLógico.com,» 10 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://instintologico.com/grandes-inventos-y-descubrimientos-i-la-brujula/>. [Último acceso: 15 Enero 2015].

- [7] L. Lopez, 24 Julio 2014. [En línea]. Available: <http://lissamarielopez.blogspot.com/>. [Último acceso: 30 Septiembre 2013].
- [8] robotica2010, «Sensores para medir distancia,» 2010. [En línea]. Available: <http://robotica2010.wikispaces.com/4+Sensores+para+medir+distancia>. [Último acceso: 28 Octubre 2014].
- [9] J. Caniparoli, «Sensores de final de carrera,» 16 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/JavierCaniparoli/sensores-de-final-de-carrera>. [Último acceso: 22 Octubre 2013].
- [10] DACS Electronica@, «Sensores de Proximidad,» 2013. [En línea]. Available: <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/humedad.html>. [Último acceso: 28 Octubre 2013].
- [11] H. Rodríguez, «Sensores de Proximidad,» 13 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/2ilvh835fa1j/sensores-de-proximidad/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2014].
- [12] L. Romero Lozano, Operación y Puesta en Servicio de Instalaciones de Energía Eólica, España: Paraninfo S.A, 2013.
- [13] R. Castillo, «Tarea 2 Barometro Y Manometro,» 5 Agosto 2008. [En línea]. Available: <http://rios-castillo.blogspot.com/2008/08/barometro-es-el-instrumento-que-se-usa.html>. [Último acceso: 20 Septiembre 2014].
- [14] R. Sanjurjo, «Barómetro De Fortin,» de *Elementos de Física Experimental*, Paris, 1892, p. . Fig. 72. Pag. 165).
- [15] L. Martínez, «RECONOCIMIENTO DE VOZ,» 11 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://reconocimientodevozunivo.blogspot.com/>. [Último acceso: 22 Octubre 2014].
- [16] M. Markt, «Pantalla Tft,» 10 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.mediamarkt.es/webapp/wcs/storeservlet/MultiChannelMediaPediaDisplayArticle?storeId=19601&langId=-5&entryId=618024>. [Último acceso: 24 Septiembre 2013].



Santiago Llerena. Nació en Pelileo provincia de Tungurahua en Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal Domingo Faustino Sarmiento, sus estudios secundarios los realizó en el colegio nacional “Mariano Benítez” ubicado en la ciudad de Pelileo en donde obtuvo su título de bachiller en Ciencias Especialización Física - Matemático 2000. Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.



Enrique Suárez. Nació en Salcedo provincia de Cotopaxi en Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal mixta Ignacio Flores Hermano Miguel sus estudios secundarios los realizó en el Instituto Tecnológico Superior “ Bolívar ” ubicado en la ciudad de Ambato en donde obtuvo su título de bachiller en Ciencias Especialización Físico - Matemático 2004. Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.