

**IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH EN CASCOS PARA
COMUNICACIÓN ENTRE MOTOCICLISTAS**

**CARLOS FELIPE GONZALEZ AMAYA
FERNEY MAURICIO GARCIA BELTRAN**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGIA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C**

2009

**IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH EN CASCOS PARA
COMUNICACIÓN ENTRE MOTOCICLISTAS**

**CARLOS FELIPE GONZALEZ AMAYA
FERNEY MAURICIO GARCIA BELTRAN**

Proyecto de Grado para optar al título de Tecnólogo en Electrónica

**Director
INGENIERO JOHN ALEXANDER LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGIA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C**

2009

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO

RESUMEN

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

LISTA DE FOTOS

INTRODUCCION

| | Pág. |
|--|-----------|
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 6 |
| 1.1 Antecedentes | 6 |
| 1.2 Descripción y formulación del programa..... | 6 |
| 1.3 Justificación..... | 7 |
| 1.4 Objetivo..... | 8 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 8 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 8 |
| 1.5 Alcances y limitaciones..... | 8 |
| 2. MARCO DE REFERENCIA..... | 9 |
| 2.1 Marco teórico..... | 9 |
| 2.1.1 Datos técnicos generales de Bluetooth..... | 12 |
| 2.2 Marco legal o normativo..... | 13 |
| 3.TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION..... | 14 |
| 3.1 Metodología..... | 14 |
| 3.2 Línea de investigación/sub-línea/campo temático..... | 14 |
| 3.3 Técnicas de recolección de información..... | 14 |
| 4. DESARROLLO DEL PROYECTO..... | 15 |
| 4.1 Descripción del sistema..... | 15 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.2 | Montaje del Dispositivo en el Casco..... | 15 |
| 4.2.1 | Audífono..... | 16 |
| 4.2.2 | Micrófono..... | 17 |
| 4.3 | Programación y montaje..... | 18 |
| 4.3.1 | Software para el diseño de PCBs..... | 18 |
| 4.3.2 | Ambiente de desarrollo para el mcu..... | 20 |
| 4.3.3 | Programadores Motorola..... | 21 |
| 4.3.4 | Ecuaciones para el cálculo en dispositivos Bluetooth..... | 23 |
| 4.3.4.1 | Perdida de Trayectoria..... | 23 |
| 4.4 | Pruebas al sistema..... | 27 |
| 4.4.1 | Alcance de la conexión..... | 27 |
| 4.4.2 | Estabilidad del enlace en un ambiente industrial..... | 29 |
| 4.4.3 | Conexión con p-metin..... | 31 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 33 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 34 |

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

- **BLUETOOTH:** dispositivo inalámbrico para transferencia de datos
- **COMUNICACIÓN:** transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor.
- **DISEÑO:** concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie
- **DISPOSITIVO:** mecanismo dispuesto para producir una acción específica.
- **ELECTROMAGNETICA:** se dice de todo fenómeno en que los campos eléctricos y magnéticos están relacionados entre sí.
- **FRECUENCIA:** número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo.
- **INTERFACE:** conector o cable para transferencia de información
- **INTERFERENCIA:** Acción recíproca de las ondas, de la cual puede resultar, en ciertas condiciones, aumento, disminución o anulación del movimiento ondulatorio.
- **MODELO:** Arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo.
- **PROTOTIPO** ejemplar inicial o primer diseño.

RESUMEN

IMPLEMENTACION DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH EN CASCOS PARA COMUNICACIÓN ENTRE MOTOCICLISTAS

Debido al aumento de accidentalidad en moto, causada por la distracción del conductor por la dificultad de comunicación con el pasajero y los altos costos de los modelos de intercomunicadores ya existentes. Se encuentra la oportunidad de implementar un sistema de comunicación inalámbrica, para usar en cascos de motociclistas, mediante la utilización de tecnología bluetooth. Modificando los modelos de cascos ya existentes con transmisores de voz, haciéndolos mas compactos, funcionales, económicos y durables ya que no se encuentra expuestos a las condiciones ambientales.

¿Cómo lograr un modelo de intercomunicación, eficiente, compacto, cómodo a un menor costo de los ya existentes en el mercado?

Para dar una solución optima a este interrogante, es necesario implementar estos dispositivos bluetooth los cuales tienen integrado un sistema de comunicación completa que contiene un codificador de fuente, que genera seguridad al momento de transmitir, en los cascos que poseen los usuarios. De esta forma los posibles compradores de nuestros dispositivos estarán adquiriendo una tecnología nueva ahorrando el costo de los cascos.

Además se puede tener un dispositivo de menor costo que los que existen en el mercado, puesto que dichos dispositivos son importados lo cual genera unos aranceles de aduanas que aumentan su valor comercial, en el cual podemos competir ya que se pueden diseñar aquí a un menor precio.

Basados en los conocimientos adquiridos y estando al tanto de la problemática antes mencionada, se tiene la capacidad de aplicar modelos electrónicos de comunicación, que permitan la reducción de accidentes, al mantener al conductor concentrado en el manejo de la moto, sin que se distraiga por tratar de escuchar al pasajero a altas velocidades.

De acuerdo con la problemática señalada, se tiene la oportunidad de implementar un sistema de comunicación inalámbrico Bluetooth que no sólo facilita una comunicación libre y fiable entre piloto y pasajero, sino que también no disminuya la seguridad del casco, este dispositivo garantiza una comunicación clara y nítida incluso a gran velocidad gracias a su exclusivo sistema AGC (volumen adaptado al nivel de ruido). Este sistema es muy versátil gracias a que se puede montar en cualquier tipo de casco, Dispone de dos auriculares para una mayor calidad de transmisión del sonido.

El hardware y software utilizado para llevar a buen término la aplicación propuesta. Estas herramientas permitieron diseñar los circuitos impresos tanto del MPBT como del SRBT, desarrollar el firmware del SRBT y programar el microcontrolador.

El programa utilizado para este propósito fue el EAGLE versión 4.11. El cual además del diseño de circuitos impresos permite crear diagramas esquemáticos.

El proceso para obtener tanto el MPBT como el SRBT se puede dividir en tres etapas: diseño, construcción y montaje.

En el proceso de desarrollo y depuración del programa del MCU se utilizó el **CodeWarrior for Motorola HC08*** versión 3.0. Este ambiente de desarrollo integrado (IDE) permite escribir programas en C/C++ y **assembler** para una gran

variedad de microcontroladores de la familia HC08 de Motorola, a diferencia del WinIDE de P&E micro que requiere un programa para cada micro controlador.

Teniendo en cuenta las propiedades de los dispositivos bluetooth, que se concentra en la tecnología inalámbrica se puede afirmar que bluetooth esta diseñado no tan solo para redes de área local (LAN) sino también para redes de área amplia (WAN). Al mismo tiempo que esta tecnología facilita la vida del hombre, permite que vayamos avanzando en el desarrollo de nuevas tecnologías que harán más práctica nuestra vida cotidiana.

LISTA DE FIGURAS

| | PAG. |
|--|-------------|
| Figura 1 Modelo de Comunicación | 7 |
| Figura 2 Microchip Bluetooth..... | 11 |
| Figura 3 Ventana board de EAGLE..... | 18 |
| Figura 4. Imagen de las caras superior e inferior del PCB..... | 19 |
| Figura 5. Montaje del PCB..... | 20 |
| Figura 6. Editor del CodeWarrior | 21 |
| Figura 7. Programadores Motorola..... | 22 |
| Figura 8. Transferencia de Potencia | 25 |
| Figura 9. Patrón de Radiación Tridimensional..... | 26 |
| Figura 10. Planos de Azimut y Elevación..... | 26 |
| Figura 11. Línea de vista obstruida | 28 |
| Figura 12. Pruebas afuera del laboratorio | 29 |
| Figura 13. Interfaz para el osciloscopio TDS3032 | 30 |
| Figura 14. Panel de control para P-METIN en LabVIEW | 31 |
| Figura 15. Panel de control para P-METIN en MATLAB | 32 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Rangos Estimados de Bluetooth | 24 |
|--|----|

LISTA DE FOTOS

| | |
|--|----|
| Foto 1 Circuito Bluetooth..... | 16 |
| Foto 2 Cubierta Plástica Y Pulsador..... | 16 |
| Foto 3 Cavidad Interna..... | 16 |
| Foto 4 Ubicación del Circuito..... | 16 |
| Foto 5 Vista de la Batería en la Parte Posterior del Circuito..... | 16 |
| Foto 6 Vista Posterior Auricular(Belcro)..... | 17 |
| Foto 7 Vista Frontal Auricular..... | 17 |
| Foto 8 Ubicación de los Auriculares..... | 17 |
| Foto 9: Micrófonos Con Cuello Flexible..... | 17 |

INTRODUCCIÓN

Debido al incremento de la accidentalidad en motocicletas reflejado en el informe del fondo de prevención vial (2006)¹, el cual muestra un incremento del 9.43% en el número de víctimas mortales por accidentes de motos, como saldo, 53 motociclistas perdieron la vida y 3.106 resultaron lesionados que comparado frente al mismo periodo del año anterior, ha aumentado. El 89% de los motociclistas muertos no llevaban casco en el momento del siniestro y el 80.3% de los heridos tampoco portaba el elemento de seguridad.

Este documento de fondo que los motociclistas ocupan el segundo lugar en mortalidad en accidentes de tránsito, y subraya que mientras los de más actores viales han reducido estas cifras, no ocurre lo mismo en el caso de las motos, tal como advierten las estadísticas. Las principales causas de accidentalidad que se han establecido son la falta de capacitación y de preparación para conducir estos vehículos, distracción por comunicación del conductor con el pasajero, la impericia en el manejo, no mantener la distancia con otros vehículos, la embriaguez y las drogas².

Basados en los conocimientos adquiridos y estando al tanto de la problemática antes mencionada, se tiene la capacidad de aplicar modelos electrónicos de comunicación, que permitan la reducción de accidentes, al mantener al conductor concentrado en el manejo de la moto, sin que se distraiga por tratar de escuchar al pasajero a altas velocidades.

¹ www.presidencia.gov.co

² www.transitobogota.gov.co

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Uno de los modelos de intercomunicadores para motocicletas estaba compuesto por dos micrófonos conectados a los auriculares por medio de un cable el cual resulta incómodo y poco práctico.

Uno de los modelos más recientes es el Interphone, las primeras manos libres e intercomunicador con tecnología bluetooth. Con tres funciones a elegir por el usuario, manos libres + intercomunicador, interphone no precisa de instalación especializada y gracias a su sistema de "clip" que permite una fácil y sencilla extracción del casco puede ser utilizado en cualquier casco, siendo compatible con la mayor parte de cascos homologados del mercado.

El nuevo interphone incorpora una batería interna de última generación que permite tener una autonomía hasta de 7 horas en conversación y 700 horas en espera. La característica técnica del micrófono y del altavoz, garantiza una calidad de comunicación perfecta incluso a altas velocidades.

1.2. Descripción y formulación del problema

El aumento de accidentalidad de motociclistas causada por la distracción del conductor provocada por la dificultad de comunicación con el pasajero y los altos costos de los modelos ya existentes.

Modificación de los modelos de cascos para motocicleta con intercomunicadores, haciéndolos más compactos, funcionales y económicos.

Utilizando tarjetas bluetooth, las cuales tienen integrado un sistema de comunicación completa que permite un codificador de fuente, que genera seguridad al momento de transmitir.

¿Cómo lograr un modelo de intercomunicación, eficiente, compacto, cómodo a un menor costo de los ya existentes en el mercado?

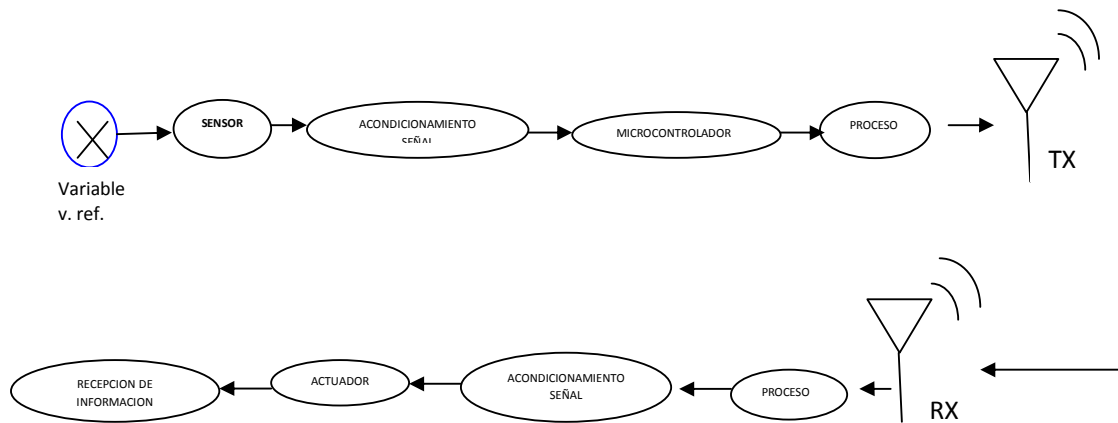


Figura 1 Modelo de Comunicación

1.3. Justificación

Teniendo los altos índices de accidentalidad y conociendo que una de las principales causas de accidentalidad es el no porte del casco y la distracción del conductor debido a la dificultad que existe al tratar de comunicarse con el pasajero; se ve la oportunidad de implementar modelos de intercomunicadores que permitan una comunicación óptima y segura usando un dispositivo bluetooth que facilita codificar la señal para evitar interferencias. De este modo se requiere bajar los costos de los existentes en el mercado.

Elaborando un dispositivo más compacto de mayor durabilidad ya que no se encuentra expuesto a las condiciones ambientales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de comunicación inalámbrica, para usar en cascos de motociclistas, mediante la utilización de tecnología bluetooth.

1.4.2. Objetivos específicos

- Recopilar información sobre modelos, características y costos de dispositivos bluetooth.
- Realizar las instalaciones de dispositivos bluetooth en cascos de prueba.
- Definir el prototipo con las características más apropiadas para el proyecto.
- A
decuación final del prototipo

1.5. Alcances y limitaciones

El alcance que se espera es la adecuación de un casco con intercomunicador bluetooth, que permita bajar el índice de accidentalidad ya que tendrá un menor costo y podrá ser comercializado masificando el mercado permitiendo la adquisición de estos por personas de bajos ingresos económicos

Una de las limitaciones que se encuentra en el desarrollo de este proyecto, es que no podrá ser implementado en cascos para niños.

Otra de las limitaciones radica en la distancia de alcance estimada no superara los 50 metros aproximadamente.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco teórico

La necesidad de empresas de informática y de telecomunicaciones de desarrollar una interface abierta y de bajo costo para facilitar la comunicación entre dispositivos sin utilización de cables, aprovechando la movilidad de los dispositivos inalámbricos, dio como resultado una tecnología cuyo nombre clave fue “bluetooth”.

Todos hemos experimentado la incomodidad que surge cuando se empiezan a conectar periféricos a un computador, o cuando conectamos otros dispositivos electrónicos en el hogar, con una maraña de cables que se hace difícil de controlar. Entonces sería muy útil si todas estas conexiones se hicieran utilizando otros medios distintos a los cables físicos, como pueden ser infrarrojos, la radio o las microondas.³

Pues bien, esta problemática ya se ha superado y los resultados están en el mercado; pero ahora surge otro problema y es que son muchos los estándares y las tecnologías que existen, incompatibles entre sí. Es imprescindible entonces contar con un dispositivo universal, válido para la conexión de todo

³ www.tech-faq.com/lang/es/bluetooth.html

tipo de periféricos, y que funcione de manera transparente para el usuario. Esto es bluetooth.

Frente a otras tecnologías actuales, como es la de infrarrojos, promovida por la IRDA (infrared Data Association) o DECT, bluetooth cuenta con el apoyo de la industria de la informática y de telecomunicaciones, lo que en cierta medida garantiza su éxito. Aunque hay un alto número de fabricantes que incorporan el interface IRDA en sus teléfonos, incluidos Ericsson, Motorola y Nokia, su uso resulta frustrante para muchos usuarios que tratan sin éxito descargar información desde sus PC o PDAs hasta sus teléfonos móviles, o viceversa. Los dispositivos que incorporan bluetooth se reconocen y hablan de la misma forma que lo hace un ordenador con su impresora; el canal permanece abierto y no requiere la intervención directa y constante del usuario cada vez que se quiere enviar algo. El bajo precio que se espera alcancen estos productos (en tono a 5 dólares, frente a los 20 o 30 actuales), hará que su inclusión en cualquier dispositivo suponga un bajo costo para su fabricante y el usuario, dando algunas estimaciones una cifra superior a los 1.000 millones de unidades en el año 2005.⁴

Bluetooth es un estándar empleado en enlaces de radio de corto alcance, destinado para reemplazar el cableado existente entre dispositivos electrónicos como teléfonos celulares, Asistentes personales Digitales (o sus siglas en inglés PDA), computadoras (y muchos otros dispositivos) ya sea en el hogar, en la oficina, en el auto, etc. La tecnología empleada permite a los usuarios conexiones instantáneas de voz y datos entre varios dispositivos en tiempo real. El modo de transmisión empleado, asegura protección contra interferencias y seguridad en el envío de datos.

Entre sus principales características, pueden nombrarse su robustez, baja complejidad, bajo consumo y bajo costo.

⁴ Ibíd.

El radio bluetooth es un pequeño microchip que opera en una banda de frecuencia disponible mundialmente. Pueden utilizarse comunicaciones punto a punto y punto multipunto.

Cada dispositivo deberá estar equipado con un microchip (tranceiver) (ver figura 2) que transmite y recibe en la frecuencia de 2.4 GHZ que está disponible en todo el mundo (con algunas variaciones de ancho de banda en varios países). Además de los datos, están disponibles tres canales de voz. Cada dispositivo tiene una dirección única de 48 bits basado en el estándar IEEE 802. Las conexiones son uno a uno con un rango máximo de 10 mt (dependiendo del medio podría ser más).⁵



Figura 2 Microchip Bluetooth

Los datos se pueden intercambiar a velocidades de hasta 1 megabit por segundo (se esperan 2 megabits por segundo en la segunda generación de tecnología). Un esquema de “frequency hop” (saltos de frecuencia) permite a los dispositivos comunicarse inclusive en aéreas donde existe una gran

⁵ es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth

diferencia electromagnética. Además de que se provee de esquemas de encriptación y verificación.⁶

2.1.1. Datos técnicos generales de bluetooth

- Tecnología: Espectro Expandido (Spread Spectrum), secuencia directa híbrida y saltos en frecuencia.
- Canales máximos de voz: 3 por pico-red
- Canales máximos de datos: 7 pico-red
- Numero de dispositivos: 8 por pico red que comparten un canal y hasta 10 pico-red.
- Seguridad: tiene varios esquemas de seguridad incorporados en la capa de enlace.
- Alimentación: 2.7volts
- Consumo de potencia: desde 30 uA aparcado hasta 8-30 mA transmitiendo
- Puede transmitir información a través de obstáculos sin necesidad de línea de visión.
- Forma de radiación: Omni-direccional
- Servicios soportados: síncrono y asíncrono
- Interoperabilidad: tiene fácil integración con redes TCP/IP
- Topología de red: punto a punto entre dispositivos, o punto multipunto

⁶ Ibíd.

El estándar bluetooth opera en la banda de 2,4 GHZ. Aunque a nivel mundial, esta banda se encuentra disponible, el ancho de banda puede diferir según el país. La frecuencia de banda de las industrias científicas y medicas es de 2.45 GHZ (ISM). Los rangos de ancho de banda en Estados Unidos y Europa se encuentran entre los 2.400 a 1.438 MHz y cubre parte de Francia y España. Los rangos de ancho de banda en Japón se encuentran entre 2.471 a 2497 MHz.

En consecuencia el sistema puede usarse a nivel mundial debido que los transmisores de radio cubre 2.400 y 2.500 MHz y se puede seleccionar la frecuencia apropiada. La ISM está abierta a cualquier sistema de radio y esta debe prever las interferencia de monitores para bebe, los controles para puertas de garajes, los teléfonos inalámbricos y los hornos microondas (la fuente más fuerte de interferencia), esto puede evitarse usando un esquema del espectro extendido. En estados unidos la frecuencia de transmisión opera en 2.45 GHz ISM y requiere aplicar un espectro extendido usando en su tecnología el níquel lo que nivela el excedente 0 dBm.⁷

2.2. Marco legal o normativo

El dispositivo bluetooth en nuestro país no necesita ningún tipo de permiso por esto no infringe ninguna ley, es totalmente legal y efectivo para cualquier tipo de proyecto.

⁷ Ibíd.

3. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.1. Metodología

El proyecto tiene un enfoque empírico-analítico, ya que se basa en el diseño y la implementación de un proyecto y el análisis del uno ya existente para su mejor aplicación.

3.2. Línea de investigación / sub-línea/ campo temático

Línea: tecnologías actuales y sociedad

Sublínea: instrumentación y control de procesos

Campo temático: comunicaciones

3.3. Técnicas de recolección de información

La mayor parte de la información recolectada ha sido de páginas de internet relacionadas con comunicaciones inalámbricas y artículos de revistas relacionadas con bluetooth, también libros de telecomunicaciones.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Descripción del sistema

De acuerdo con la problemática señalada, se decide diseñar un sistema de comunicación inalámbrico Bluetooth que no sólo facilita una comunicación libre y fiable entre piloto y pasajero, sino que también no disminuya la seguridad del casco, este dispositivo garantiza una comunicación clara y nítida incluso a gran velocidad gracias a su exclusivo sistema AGC (volumen adaptado al nivel de ruido). Este sistema es muy versátil gracias a que se puede montar en cualquier tipo de casco, Dispone de dos auriculares para una mayor calidad de transmisión del sonido.

4.2. Montaje del dispositivo en el casco

Teniendo en cuenta que el tamaño de los dispositivos es pequeño, se procede a incorporar el circuito bluetooth en el interior de los cascos. Para hacer esta incorporación es necesario modificar la estructura interna de los cascos, por lo cual se tiene que despegar la tela ubicada en su interior, en este punto queda expuesto el relleno que tienen todos, retirando parte de este relleno se hace el espacio donde queda incorporado el circuito. El circuito se fija al casco de tal forma que permanezca en el lugar preciso con el fin de que no quede tallando en la cabeza del usuario y luego se pone espuma sobre el circuito para que el interior del casco conserve su forma y textura inicial, luego se pone nuevamente la tela que fue despegada al inicio del procedimiento. El proceso anteriormente explicado es el mismo para la incorporación del micrófono.

El circuito es protegido por una lámina de pasta que lo envuelve para evitar que los integrados se puedan dañar con la presión, dejando el pulsador expuesto para facilitar su manejo una vez incorporado dentro del casco.



Foto 1 circuito bluetooth

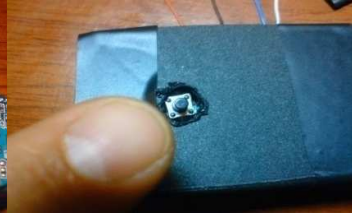


Foto 2 cubierta plástica y pulsador



Foto 3 cavidad interna

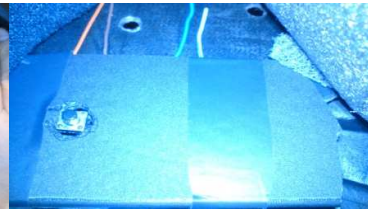


Foto 4 Ubicación del circuito



Foto 5 Vista de la batería en la parte posterior del circuito

Fuente: Ferney Garcia, Carlos Gonzales

4.2.1 Audífonos

Los auriculares implementados en los cascos son sencillos sin diadema puesto que puede ser muy incomodo al momento de poner el casco en la cabeza del usuario. Para hacerlos más prácticos se hizo la adecuación de belcro en la parte posterior de los auriculares, de esta forma los auriculares se adhieren a la

parte interna del casco, ubicándose a la altura de los oídos del usuario permitiendo una recepción clara de audio transmitida por el otro dispositivo.



Foto 6 vista posterior auricular(belcro)

Foto 7 vista frontal auricular



Foto 8 ubicación de los auriculares

Fuente: Ferney García, Carlos Gonzales

4.2.2 Micrófono

Los micrófonos utilizados en el proyecto son los que me mejor se acomodan a él, ya que cuentan con un cuello flexible para acomodarse a distintos tipos de cascos y de usuarios. Los micrófonos son de alta fidelidad para tener una excelente comunicación y evitar el ruido.



Foto 9: micrófonos con cuello flexible

4.3. Programación y montaje

El hardware y software utilizado para llevar a buen término la aplicación propuesta. Estas herramientas permitieron diseñar los circuitos impresos tanto del MPBT como del SRBT, desarrollar el firmware del SRBT y programar el micro controlador.

4.3.1. Software para el diseño de pcs

El programa utilizado para este propósito fue el EAGLE versión 4.11. El cual además del diseño de circuitos impresos permite crear diagramas esquemáticos.

La figura 3 muestra el ambiente de trabajo del EAGLE.

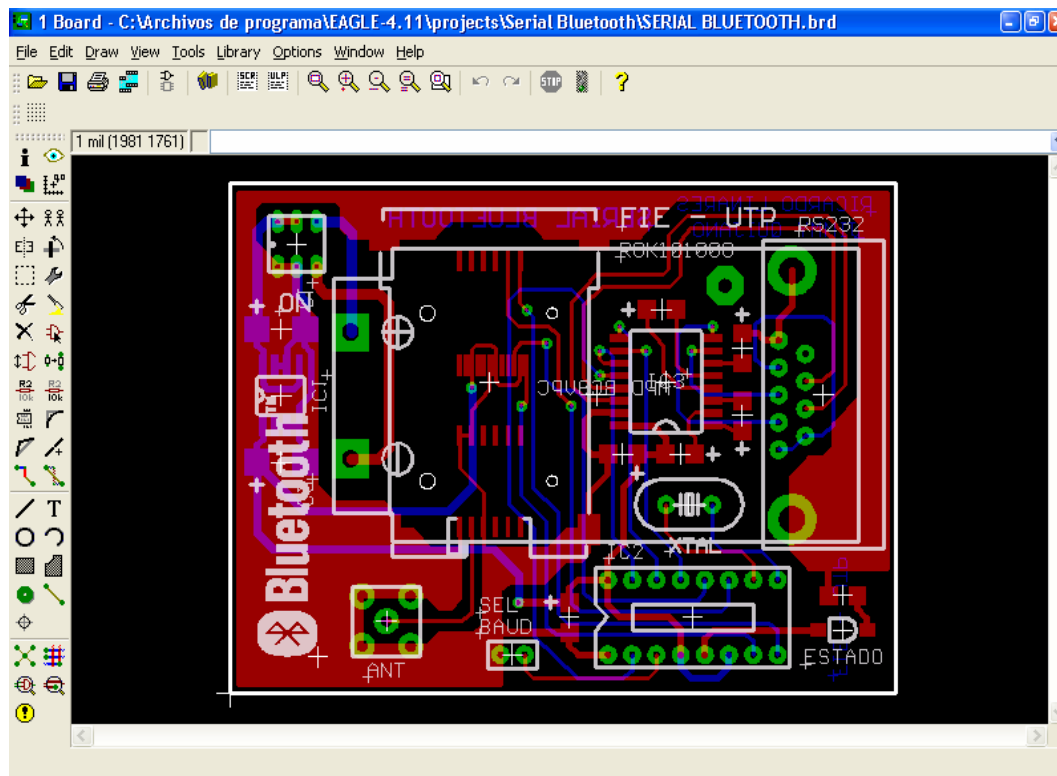


Figura 3 Ventana board de EAGLE

El proceso para obtener tanto el MPBT como el SRBT se puede dividir en tres etapas: diseño, construcción y montaje. La etapa de diseño se realizó considerando los siguientes pasos:

- Creación de la librería que contiene las huellas (**footprint**) de cada uno de los componentes utilizados en el MPBT y el SRBT.
- Ubicación y conexión de los componentes según el diagrama esquemático en el PCB.
- Verificación y ajuste de detalles como líneas de alimentación más gruesas, rellenos para el plano de tierra, etc.

Para la etapa de construcción se deben obtener los archivos GERBER utilizando el *procesador CAM* de EAGLE*. Una vez generados este tipo de archivos, se enviaron a la empresa MICROCIRCUITOS LTDA para ser fabricados. La figura 4 muestra el acabado final de los PCB's.

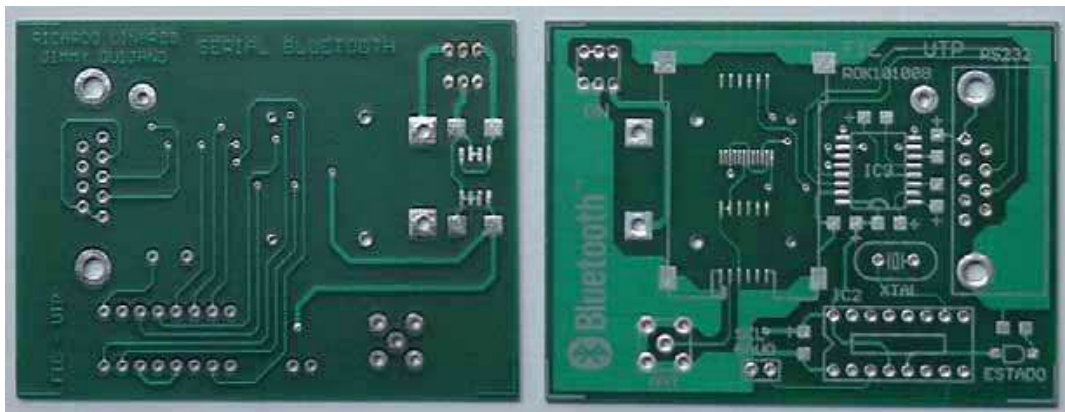


Figura 4. Imagen de las caras superior e inferior del PCB

Finalmente, el montaje debe realizarse soldando los componentes de más baja altura primero, hasta terminar con el más alto. Dado que la mayoría de componentes son de montaje superficial, lo recomendable en caso de hacer las soldaduras de forma manual, es utilizar un caudín de punta delgada como el que se muestra en la figura 5.

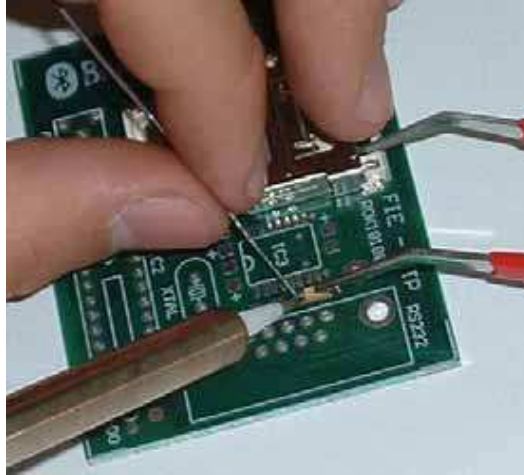


Figura 5. Montaje del PCB

4.3.2. Ambiente de desarrollo para el mcu

En el proceso de desarrollo y depuración del programa del MCU se utilizó el **CodeWarrior for Motorola HC08*** versión 3.0. Este ambiente de desarrollo integrado (IDE) permite escribir programas en C/C++ y **assembler** para una gran variedad de micro controladores de la familia HC08 de Motorola, a diferencia del WinIDE de P&E micro que requiere un programa para cada micro controlador.

Adicionalmente el **CodeWarrior** puede cambiar entre los modos de simulación y depuración en circuito de forma inmediata y soporta una gran variedad de tarjetas disponibles en el mercado.

El editor de este ambiente de programación se muestra en la figura 6.

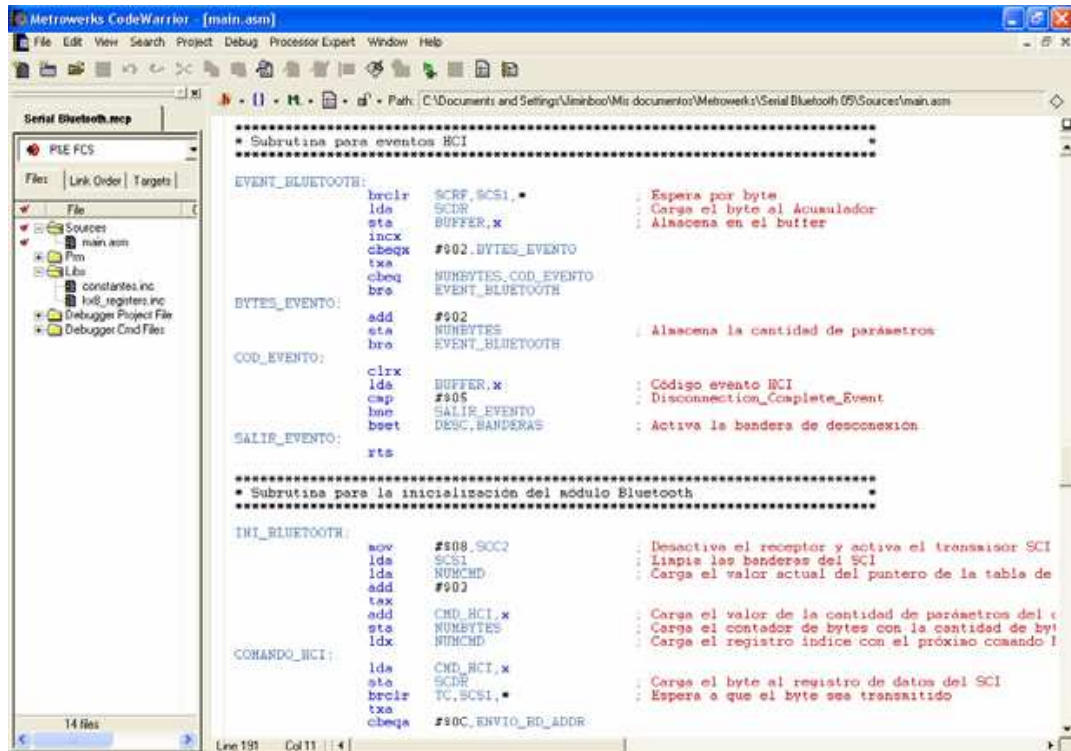


Figura 6. Editor del CodeWarrior

4.3.3. Programadores motorola

Este dispositivo permite mediante una conexión al PC y utilizando el **CodeWarrior** en modo de programación, bajar el programa en **assembler** a la memoria **flash** del MCU.

Aunque existen programadores de diferentes fabricantes, se decidió diseñar y construir un programador de bajo costo. Dado que la aplicación inicialmente utilizó el GP32 como posible microcontrolador para el SRBT, se construyó un primer programador para el GP32 y luego para el KX8.

Ambos programadores se conectan al PC mediante la interfaz RS232 y son activados por la ventana de programación del **CodeWarrior**, utilizando la línea DTR del puerto serial.

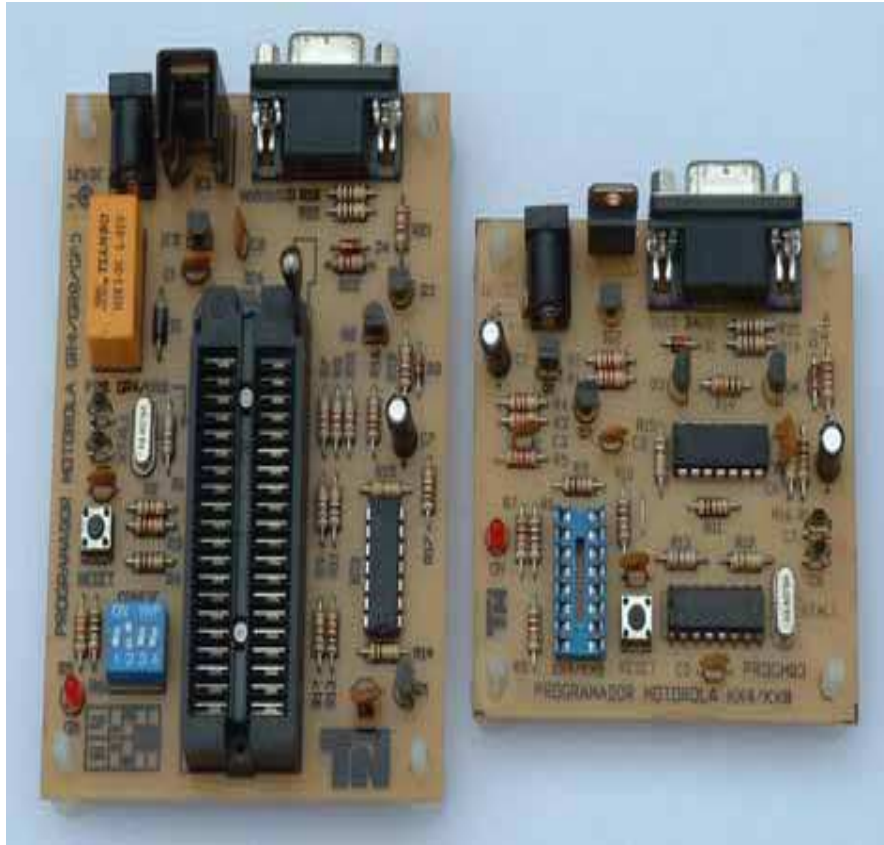


Figura 7. Programadores Motorola

El programador al lado izquierdo de la figura 6 tiene un dip switch que le permite seleccionar entre dos tipos de micro controlador a programar, GR8 o GP32. Adicionalmente cuenta con una base ZIF para fácil inserción y extracción del circuito integrado. El programador del KX8 al igual que el programador del GP32 se alimenta con un adaptador DC de 12 V y posee un pulsador de RESET que le permite desbloquear el micro controlador. Los circuitos impresos se construyeron utilizando técnicas de screen para transferir el dibujo del circuito impreso a la baquelita. Luego se hace un ataque químico con percloruro férrico, para remover el material de cobre que no encuentra cubierto por la tinta de estampado. Finalmente se hacen los agujeros para los terminales, se estampa el lado de componentes y se emplea colofonia en el lado de cobre para protegerlo de la oxidación.

4.3.4. Ecuaciones para el cálculo en dispositivos bluetooth

4.3.4.1 Pérdida de trayectoria

La pérdida de trayectoria es la atenuación que sufre la señal al recorrer el camino entre el transmisor y el receptor. Para facilidad y rapidez en los cálculos de pérdida de trayectoria, solo se considera la trayectoria directa ignorando las otras tres (multi-trayectoria). Dicha pérdida de trayectoria es denominada de gran escala si las fuerzas de la señal recibida tanto medidas como calculadas, son alrededor de 10 longitudes de onda por cada valor, así no se consideran variaciones de pequeña escala en la atenuación debido a multi-trayectoria.

La siguiente expresión es llamada ecuación de presupuesto de enlace y es utilizada para calcular la potencia de la señal recibida en ambientes obstruidos interiores o exteriores:

$$P_r(\text{dBm}) = P_t(\text{dBm}) + G_t(\text{dB}) + 20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right) + 10n \log\left(\frac{1}{d}\right)$$

Donde: P_r , es la potencia de señal recibida, P_t es la potencia transmitida, G_r es la ganancia de la antena de transmisión en dirección de la antena de recepción, λ es la longitud de la portadora en metros, d es la distancia de separación entre antenas y n es el exponente de pérdida de trayectoria. La ecuación pierde validez para valores de d cercanos o iguales a 0, por lo que recomienda para aplicaciones bluetooth que d sea mayor que λ utilizando antenas simples de media longitud de onda.

Los dos últimos términos de la ecuación de presupuesto expresan la cantidad de pérdida de trayectoria. Considerando el caso de bluetooth donde λ es 0.122 m para una frecuencia de portadora de 2.45 GHz se obtiene la siguiente ecuación.

$$PL = 10 + 10n \log(d)$$

El valor n describe de forma cuantitativa la saturación de obstrucciones de un medio. Utilizando el espacio libre como referencia ($n = 2$), un medio saturado tendrá valores de n mayores. Existen medios en los que el valor de n puede ser inferior al del espacio libre, como por ejemplo un pasillo en donde las señales del transmisor son reflejadas en las paredes, techo y piso, actuando como una guía de onda.

Despejando d de la ecuación anterior y teniendo en cuenta que el valor mínimo aceptable por el receptor (sensibilidad del receptor) coincide con el valor de pérdida de trayectoria (PL) se puede calcular el rango útil para los radios Bluetooth. La tabla x resume algunos cálculos utilizando la ecuación de pérdida de trayectoria y asumiendo que: la potencia del transmisor es de 0 dBm ó de 20 dBm, la sensibilidad del receptor es de -70 dBm (estándar) ó -80 dBm (extendido) y la ganancia de las antenas tanto del receptor como el transmisor es 0 dBm.

| Tipo de saturación | n | Potencia TX (dBm) | Sensibilidad RX (dBm) | Rango (m) |
|----------------------------|-----|-------------------|-----------------------|-----------|
| Ninguna (espacio libre) | 2.0 | 0 | - 70 | 31 |
| | 2.0 | 0 | - 80 | 100 |
| | 2.0 | + 20 | - 70 | 316 |
| | 2.0 | + 20 | - 80 | 1000 |
| Ligera | 2.5 | 0 | - 70 | 16 |
| | 2.5 | 0 | - 80 | 40 |
| | 2.5 | + 20 | - 70 | 100 |
| | 2.5 | + 20 | - 80 | 251 |
| Moderada | 3.0 | 0 | - 70 | 10 |
| | 3.0 | 0 | - 80 | 22 |
| | 3.0 | + 20 | - 70 | 42 |
| | 3.0 | + 20 | - 80 | 100 |
| Pesada | 4.0 | 0 | - 70 | 6 |
| | 4.0 | 0 | - 80 | 10 |
| | 4.0 | + 20 | - 70 | 18 |
| | 4.0 | + 20 | - 80 | 32 |

Tabla 1. Rangos Estimados de Bluetooth

ANTENAS

El propósito de una antena para cualquier sistema inalámbrico es radiar potencia de señal desde el transmisor hacia el espacio y obtener potencia de señal desde el espacio y enviarla al receptor.

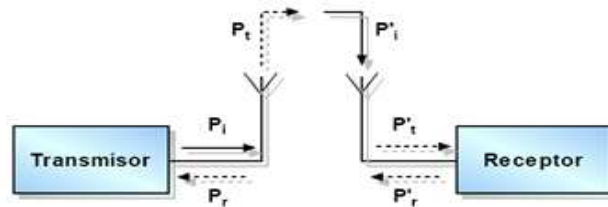


Figura 8. Transferencia de Potencia

Como se nota en la figura 8, las antenas reales no radian toda la potencia que se le entrega, por el contrario, parte de esta es regresada al transmisor. De manera similar ocurre en el lado del receptor ya que la potencia entregada por la antena es reflejada por el receptor. La relación P_i/P_t en el transmisor al igual que la relación P'_i/P'_t en el receptor es llamadas pérdidas por acoplamiento. Para máxima transferencia de potencia, es decir, que las pérdidas por acoplamiento sean de 0 dBm, la antena debe de estar en perfecto acoplamiento con el transmisor o el receptor. Un valor típico para la impedancia en antenas es de 50 Ω . En caso de no cumplir con este valor, es necesario adicionar a los terminales del dispositivo una red de acoplamiento, generalmente compuesta de inductores y/o condensadores, logrando que el transmisor o receptor vea una impedancia de 50 Ω .

Otra característica importante a tener en cuenta en el uso de antenas es el patrón de radiación, el cual puede ser entregado de dos maneras: como un patrón tridimensional ó en dos planos polares separados llamados azimut y elevación.

Muchas veces estos patrones de radiación y valores de ganancia de la antena son comparados con una antena ideal omnidireccional también conocida como fuente isotrópica la cual irradia potencia de igual magnitud en todas las direcciones.

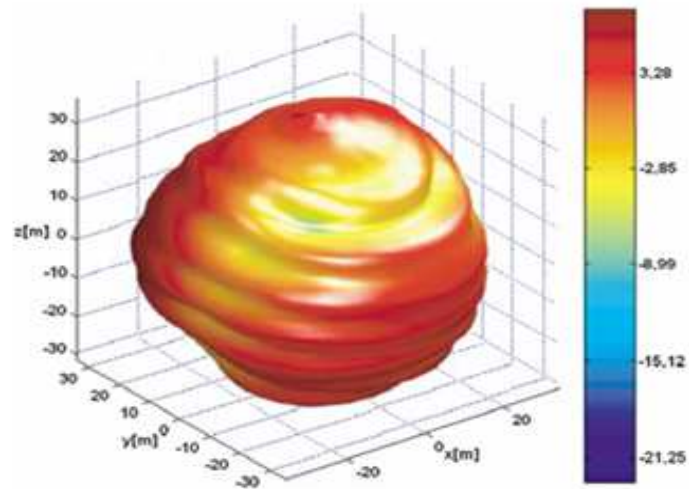


Figura 9. Patrón de Radiación Tridimensional

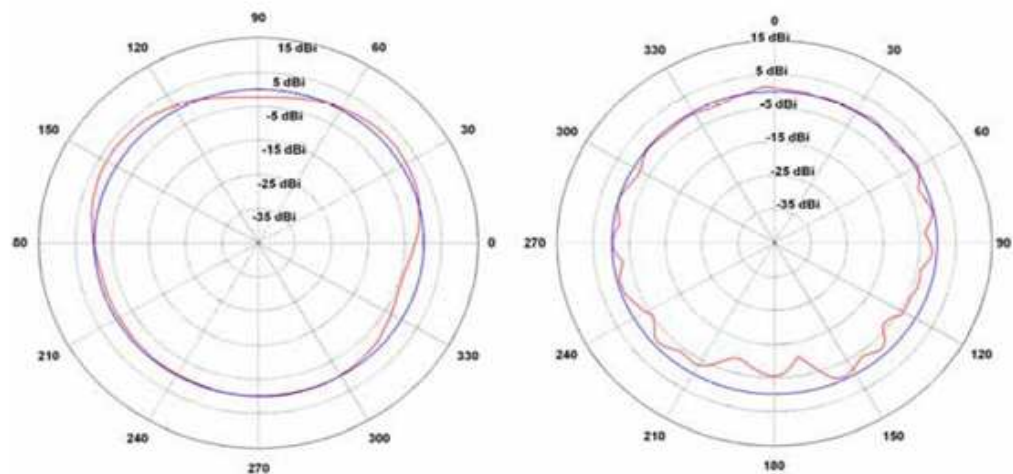


Figura 10. Planos de Azimut y Elevación

Una antena física no tiene este tipo de comportamiento, por el contrario exhibe

Direccionabilidad, es decir, en algunas direcciones la potencia de señal es menor que la fuente isotrópica, mientras que en otras direcciones la potencia puede ser mayor.

En el caso de la tecnología Bluetooth los tipos de antenas más difundidos son:
Antena de media onda: esta consiste de un alambre o placa conductiva que tiene un tamaño de media longitud de onda. Algunas antenas de este tipo pueden ser más cortas, debido a que se utilizan materiales especiales para su construcción y aprovechan un fenómeno llamado *efecto final* el cual hace aparentar la antena más larga de lo que en realidad es.

4.4. Pruebas al sistema

Una vez construidas las herramientas de **hardware** y desarrolladas las de **software**, se decidió verificar la calidad de las mismas bajo tres situaciones: alcance de la conexión, estabilidad del enlace en un ambiente industrial y conectividad a otros dispositivos.

4.4.1. Alcance de la conexión

Para este ensayo se utilizó la conexión con el osciloscopio TDS210, dado que este maneja mayor tráfico de bytes que el generador DS335 a través del enlace Bluetooth. Las dos posibles situaciones experimentadas dentro y fuera del laboratorio, incluían un enlace con línea de vista obstruida y no obstruida. La figura 11 ilustra la primera situación cuando el SRBT de deja fijo y el MPBT se localiza en tres lugares diferentes.

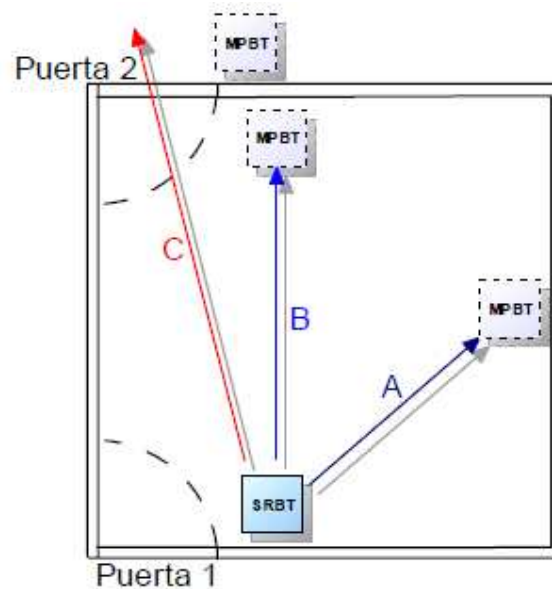


Figura 11. Línea de vista obstruida

Las trayectorias A y B tienen una longitud de 4 m y 5,5 m respectivamente y con un medio moderadamente saturado. Por lo tanto la estabilidad del enlace es buena, dado que la transmisión y recepción de datos ocurre sin alguna pérdida de información. Luego se intentó observar la posibilidad que el enlace atravesara una de las puertas de salida que tiene el laboratorio.

Inicialmente con la puerta abierta y conservando línea de vista, la trayectoria C llegó a ser de 12,2 m sin comprometerse la calidad del enlace. Finalmente al cerrar la puerta e inclusive colocando el MPBT al lado, el enlace se perdió. Esto indica que el enlace no puede atravesar puertas metálicas tan fácilmente. En la figura 12 se ilustra la situación para el caso de línea de vista no obstruida (trayectoria D), donde se logró un alcance máximo de 19,8 m, lo cual casi duplica el alcance nominal de los módulos Ericsson. Posiblemente este comportamiento sea causado por las características del medio, es decir, la forma del corredor y la capacidad de reflexión en pisos y paredes que ayudan a establecer una guía de onda.

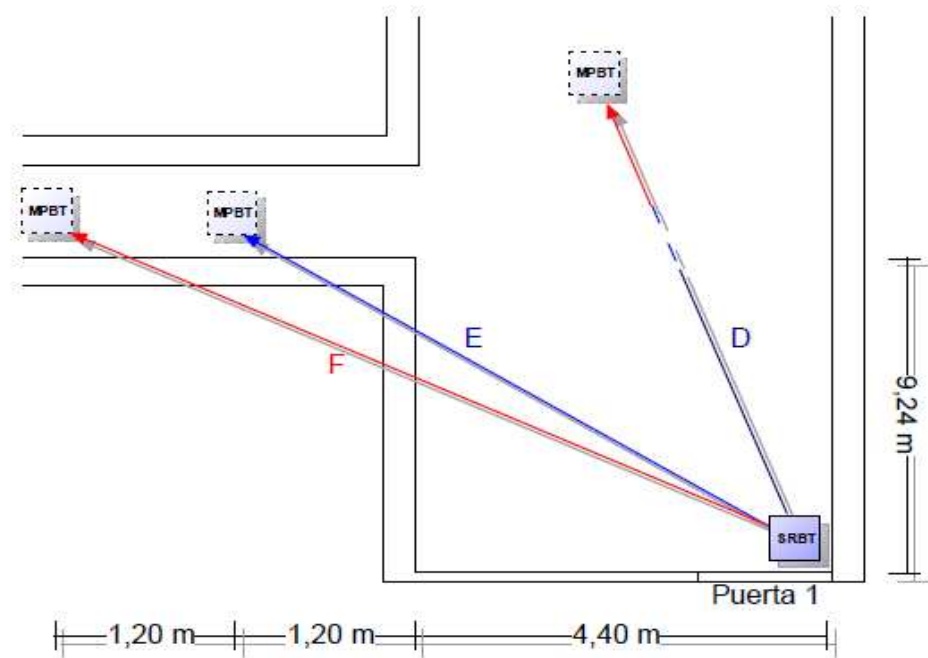


Figura 12. Pruebas afuera del laboratorio

Adicionalmente se ensayaron las trayectorias E y F con el propósito de observar el comportamiento ante un obstáculo como una pared. En especial la trayectoria E presentó inestabilidad en la conexión, ya que se logró establecer el enlace pero al transferir datos entre los dos dispositivos, alguna información se perdía al igual que el enlace. Para trayectoria F el enlace no se logró establecer.

4.4.2 Estabilidad del enlace en un ambiente industrial

Una prueba interesante fue someter la aplicación desarrollada a un ambiente industrial, donde existen factores como el ruido y la interferencia producidos por aparatos eléctricos y electrónicos que comprometan el buen desempeño de la misma.

Pensando en lo anterior, se tuvo la oportunidad de llevar la aplicación al laboratorio de transformadores de potencia en ABB, donde se requería mediante el osciloscopio Tektronix TDS3032 adquirir las formas de onda tanto de voltaje como de corriente para la prueba de vacío para un transformador de

90 MVA. La figura 13 muestra la GUI de la capa de aplicación que obtiene las formas de onda.

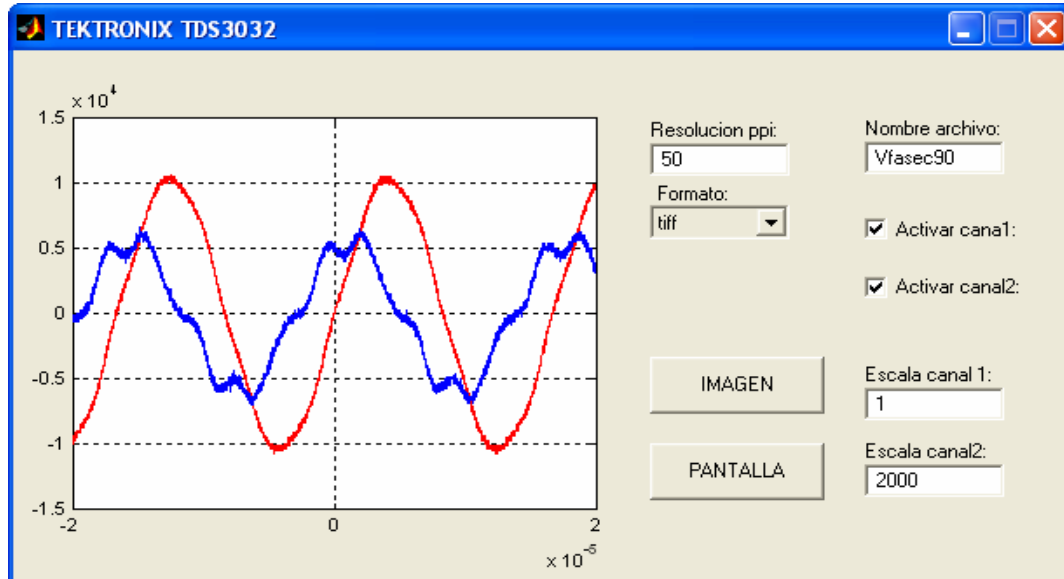


Figura 13. Interfaz para el osciloscopio TDS3032

La prueba de vacío se realizó conectando el osciloscopio a los transformadores de corriente y potencial que acondicionan los niveles de voltaje y corriente provenientes del transformador. Luego el canal 1 se utilizó para medir voltaje mientras el canal 2 media la corriente a través de una pinza amperimétrica.

La interfaz gráfica permite:

- Obtener las formas de onda del canal 1 y el canal 2.
- Almacenar imágenes en formato bmp, tif o jpg, de las formas de onda tal como aparecen en la GUI.
- Almacenar los datos de pantalla enviados por el osciloscopio en un archivo csv, el cual puede abrirse desde Excel.
- Ajustar las escalas del canal 1 y 2 según los transformadores de corriente y potencial utilizados.

En esta situación, el enlace Bluetooth operó correctamente, ya que la transferencia de datos entre el osciloscopio y el PC no se notó afectada en

ningún momento. Sin embargo se encontró que la compatibilidad entre MATLAB y algunos adaptadores USB-RS232 (necesarios para conectar el MPBT a un portátil) puede fallar. Dado que el osciloscopio TDS3032 envía cuatro veces más la cantidad de bytes para datos de pantalla que el osciloscopio TDS210, fue necesario aumentar la velocidad de comunicación serial, permitiendo comprobar el buen funcionamiento del SRBT a 19200 baudios y con un flujo de bytes mucho mayor.

4.4.3 Conexión con p-metin

P-METIN es una plataforma móvil que contiene diversos tipos de sensores utilizados para el reconocimiento de entornos de trabajo. Su diseño permite controlar el movimiento de la plataforma desde un PC utilizando un conjunto de comandos enviados y recibidos a través de un cable RS232. Dada la naturaleza móvil del robot, la interfaz RS232 limita su área de acción a la longitud del cable. Al utilizar las herramientas desarrolladas se puede reemplazar el cable por un enlace Bluetooth, que brinda a P-METIN mayor libertad de movimiento.

Para adaptarle Bluetooth a P-METIN, se desarrolló una capa de aplicación que permite enviar comandos básicos de movimiento y recibir información de sensores. Las figuras 14 y 15 muestran las interfaces realizadas para ambos ambientes de desarrollo.

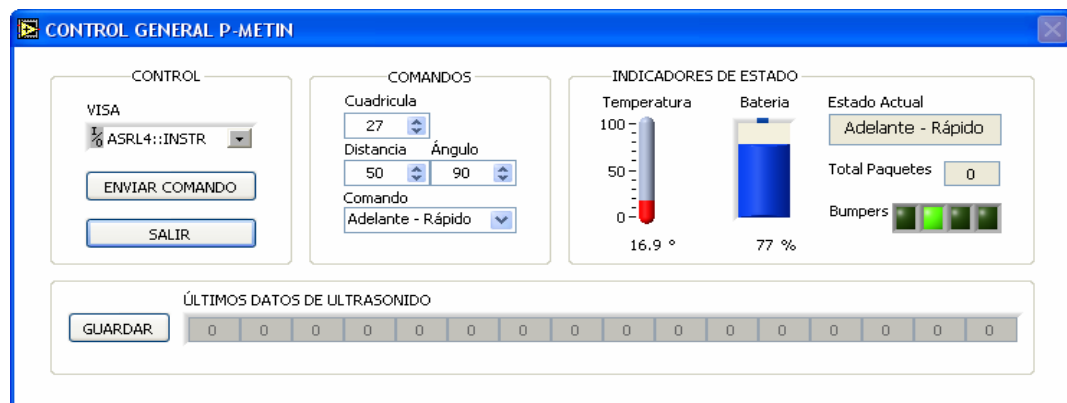


Figura 14. Panel de control para P-METIN en LabVIEW

Con esta interfaz, basta configurar el **jumper** del SRBT a 19200 baudios y conectarlo al puerto serial de la plataforma para establecer comunicación inalámbrica.

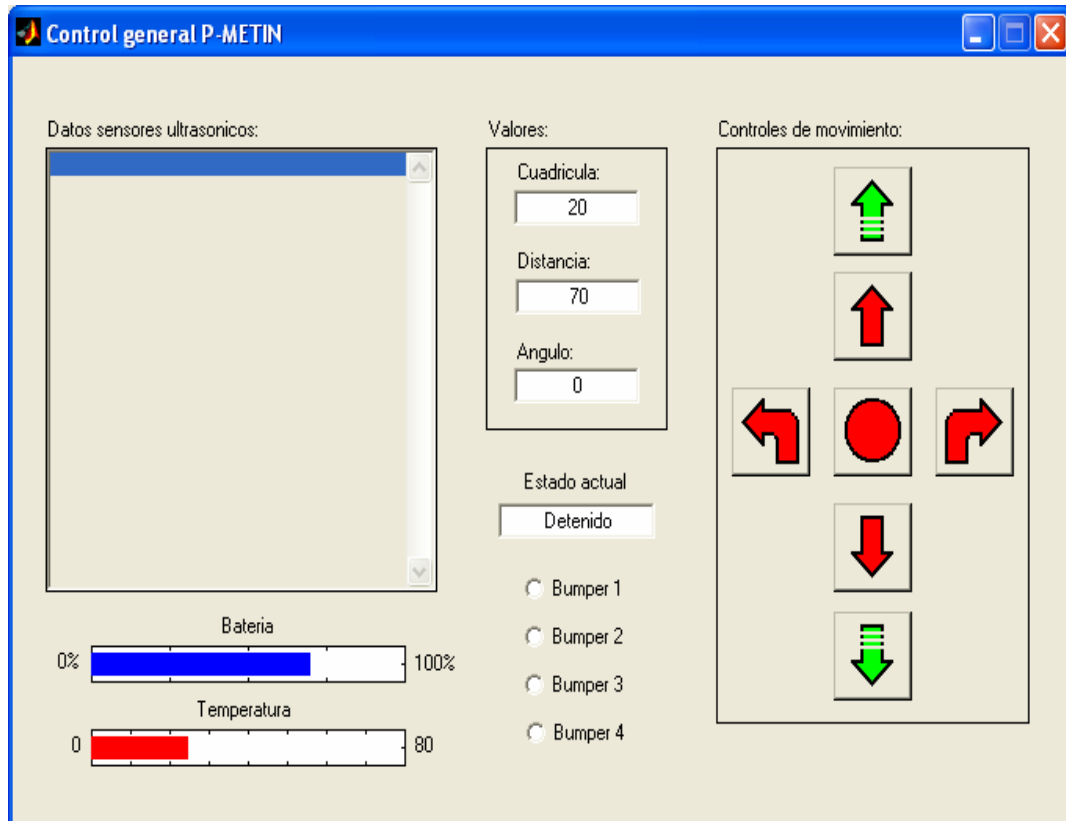


Figura 15. Panel de control para P-METIN en MATLAB

De esta forma se puede programar una capa de aplicación más compleja, que permita analizar los datos de los sensores ultrasónicos y posteriormente hacer que P-METIN tome decisiones.

5. CONCLUSIONES

- La tecnología bluetooth soporta tanto conexiones punto a punto como punto a multipunto. Dos o más unidades que comparten un mismo canal conforman un picored. Por cada picored, hay un dispositivo que asume el rol de maestro y hasta siete que asumen el rol de esclavos.
- Teniendo en cuenta las propiedades de los dispositivos bluetooth, que se concentra en la tecnología inalámbrica se puede afirmar que bluetooth esta diseñado no tan solo para redes de área local (LAN) sino también para redes de área amplia (WAN). Al mismo tiempo que esta tecnología facilita la vida del hombre, permite que vayamos avanzando en el desarrollo de nuevas tecnologías que harán más práctica nuestra vida cotidiana.
- Una de las desventajas de la tecnología Bluetooth es que sus microchips tienen un alto costo, lo que imposibilita la compra de estos modelos por personas de bajos ingresos; además su velocidad de transmisión, aunque considerable, pronto quedará empequeñecida por la capacidad de los dispositivos de tercera generación.

6. RECOMENDACIONES

- No usar en cascos de moto para niños
- No exponer los dispositivos al contacto directo con el agua
- Mantener con buena carga los dispositivos para evitar fallos en el funcionamiento y ruidos

BIBLIOGRAFÍA

- es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth
- TECNOLOGÍA DE BLUETOOTH DE MULLER, NATHAN,J
- www.masadelante.com/faq-que-es-bluetooth.htm
- www.presidencia.gov.co
- www.tech-faq.com/lang/es/bluetooth.html
- www.transitobogota.gov.co