

**PROTOTIPO DE ROBOT TELEOPERADO POR COMPUTADORA, PARA
DETECTAR OBJETOS DE METAL EN CAMPOS DE GUERRA**

EDSON JOSEPH GUERRERO VILLARRAGA

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
NOVIEMBRE 2008**

**PROTOTIPO DE ROBOT TELEOPERADO POR COMPUTADORA, PARA
DETECTAR OBJETOS DE METAL EN CAMPOS DE GUERRA**

**EDSON JOSEPH GUERRERO VILLARRAGA
021072
Josephedd3@yahoo.com**

MONOGRAFÍA DE GRADO

**ASESOR TÉCNICO
ING. AMPARO CECILIA MARTÍNEZ IZQUIERDO**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
NOVIEMBRE 2008**

Nota de Aceptación:

Ing. Amparo Cecilia Martínez Izquierdo
Asesor

Ing. Iván Darío Ladino Vega
Jurado

Ing. Hans Igor López Chávez
Jurado

Bogotá, Noviembre de 2008.

El esfuerzo y dedicación que he puesto en este trabajo, así como también los logros académicos que obtuve durante estos años de formación. Quiero dedicárselos a Dios que me ha dado la vida, la constancia, fortaleza y otros muchos mas dones que me han sido útiles para desarrollar esta primera etapa de mi proyecto de vida.

A mis padres José Guerrero y Luz Marina Villarraga, por la dedicación, confianza y esfuerzo que día a día han tenido sin esperar recompensa alguna.

A mis hermanos Andrés y Laura por la motivación con que me contagiaron en la realización de mi tarea, por su apoyo y ayuda en momentos difíciles de la vida.

A mi abuela Laura Gómez por contar con su compañía y ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia debo de agradecerle a Dios por permitirme llegar hasta donde me encuentro hoy. Por una vida con triunfos y derrotas que me han enseñado a madurar cada día mas, por la salud que me ha otorgado a mi y a todos los miembros de mi familia.

Este trabajo no se habría podido finalizar sin contar con el apoyo económico de mis Padres José Guerrero y Luz Marina Villarraga, su confianza, dedicación y esfuerzo que me han sido inculcadas. También debo dar reconocimiento de los buenos valores y sentimientos de mi señora madre y de la sabiduría de mi señor padre.

Quiero expresar mi gratitud a la Ing. Amparo Martínez por proporcionarme la opción de haber desarrollado esta idea, por el tiempo dedicado, consejos y correcciones que me permitieron desarrollar este proyecto.

También debo expresar mis agradecimientos a mis hermanos menores, los cuales han sido una fuente de motivación contagiada para cumplir con mis deberes y tareas.

Además a todos aquellos amigos con los que compartí actividades académicas y buenos momentos en la FUSM. Arturo, Juan, Carlos, Miguel, Viviana, Feyzar, Catherine, Christian y Jhon. Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
1. PROBLEMA	15
2. INTRODUCCIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1 DISEÑO DEL CONTROL DE MANDO CON VISUAL BASIC.NET.	18
4.1.1 Entorno de programación de visual basic net.	18
4.2 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE COMANDOS.	21
4.2.1 Módulo transmisor TLP434A.	22
4.2.2 Módulo receptor RLP434.	23
4.2.3 Antenas.	24
4.2.4 Técnica de modulación empleada por los módulos de RF.	25
4.2.5 Modo de transmisión utilizado en la comunicación PC - Prototipo.	25

4.2.6	Enlace de datos establecido entre el centro de teleoperación y prototipo.	26
4.2.7	Detección de errores.	29
4.3	TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO AL PC.	29
4.4	ENCAPSULADOS ELECTRÓNICOS PARA CONTROLAR LOS MOTORES DE DESPLAZAMIENTO DEL MÓVIL.	31
4.5	SENSOR DE DETECCIÓN DE METALES.	33
5.	DESARROLLO	36
5.1	GENERACIÓN DE LOS COMANDOS POR COMPUTADORA, PARA DETERMINAR LOS DESPLAZAMIENTOS DEL MÓVIL.	38
5.1.1	Procedimiento para generar los comandos de desplazamiento por medio del mouse.	44
5.1.2	Procedimiento para generar los comandos de desplazamiento por medio del teclado.	44
5.2	TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE LOS COMANDOS GENERADOS DEL PC AL PROTOTIPO.	45
5.2.1	Implementación módulos de RF, transmisor y receptor de comandos.	47
5.3	TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DEL RECORRIDO DEL MÓVIL AL PC, POR MEDIO DE UNA CÁMARA DE VIDEO ESPÍA.	49
5.4	CONSTRUCCIÓN DEL MÓVIL.	51
5.4.1	Tipo de robot.	51
5.4.2	Características del móvil.	52
5.4.3	Sistema de alimentación.	52
5.4.4	Distribución del móvil.	53

5.4.5	Sistema robótico.	54
5.4.6	Locomoción.	54
5.4.7	Sistema de tracción.	55
5.5	INSTALACIÓN Y CONTROL DE MOTORES DEL PROTOTIPO.	55
5.5.1	Control motor tracción trasera del móvil.	57
5.5.2	Funcionamiento del puente h.	60
5.5.3	Control motor para dar dirección al móvil.	61
5.6	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE DETECCIÓN DE METALES.	62
5.6.1	Detector de objetos bélicos contruidos con metal.	63
5.6.2	Localización de la zona sospechosa desde el centro de teleoperación.	64
6.	PRUEBAS Y RESULTADOS	66
7.	METODOLOGÍA	69
8.	RECURSOS	72
9.	PROSPECTIVA	73
10.	CONCLUSIONES	74
11.	GLOSARIO	76
12.	BIBLIOGRAFIA	78

12.1	Referencias Bibliográficas	78
12.2	Referencias de Internet	78
13.	ANEXOS	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Entorno de trabajo que ofrece visual Basic 2005 Express, para crear aplicaciones.	19
Figura 2.	Ventana de Código producida por los objetos creados en la forma de trabajo.	20
Figura 3.	Módulo y PinOut del TLP434. [BOLI2006a]	22
Figura 4.	Diagrama circuito transmisor utilizando el módulo TLP434 y el codificador HT12E.	23
Figura 5.	Módulo y PinOut RLP434. [BOLI2006b]	23
Figura 6.	Diagrama circuito receptor utilizando el módulo RLP434 y el codificador HT12D.	24
Figura 7.	Antena tipo látigo. [BOLI2006c]	24
Figura 8.	Ejemplo de la modulación binaria del comando parar. [TEXT2005]	25
Figura 9.	Comunicación simplex establecida entre PC - móvil.	26
Figura 10.	Diagrama Bloques funcionamiento chip HT12E. [ALLD2000]	27
Figura 11.	Diagrama Bloques funcionamiento chip HT12D. [ALLD1999]	27
Figura 12.	Tramas de transmisión para el chip HT12D. [ALLD2000]	28
Figura 13.	Tramas de recepción de los comandos para el chip HT12D. [ALLD1999]	28
Figura 14.	Sistema inalámbrico de transmisión de video, para reconocimiento de terreno. [MERC2008]	30
Figura 15.	Módulo L298. [ALUM2007]	31
Figura 16.	Esquemático chip L298. [ALUM2007]	32

Figura 17.	Configuración en paralelo para módulo L298. [ALUM2007]	32
Figura 18.	Encapsulado chip IRF530.	33
Figura 19.	Encapsulado chip IRF9530.	33
Figura 20.	Instrumento de detección clásico. [DEEP2008a]	33
Figura 21.	Aparato de detección de dos cabezas. [DEEP2008b]	34
Figura 22.	Magnetómetro. [DEEP2008c]	34
Figura 23.	Aparato de pulsos. [DEEP2008d]	34
Figura 24.	Imagen del sistema electrónico de detección de metales.	35
Figura 25.	Diagrama del prototipo de robot, teleoperado por PC para detectar objetos fabricados con metal.	36
Figura 26.	Diagrama de bloques sobre el modo de operación del prototipo de robot, teleoperado por PC para detectar objetos fabricados con metal.	37
Figura 27.	Campos de funcionalidad del control de mando de desplazamiento.	40
Figura 28.	Diferencia que existe, al usuario registrarse con una clave de acceso errónea.	41
Figura 29.	Ventana de propiedades que ofrece el entorno programación de visual Basic, para modificar cualquier atributo de un objeto.	42
Figura 30.	Ventana de herramientas de Visual Basic, para obtener los controles y otros objetos, que se adecuaron en el control de mando del móvil.	43
Figura 31.	Visualización dinámica producida por el PIC con ayuda de una matriz de LEDS; a - Al frente; b - Retroceda; c - Gire a la derecha; d - Gire a la izquierda; e - Parar móvil; f - colocar marca.	45
Figura 32.	Diagrama pines puerto paralelo. [LANE2008]	47
Figura 33.	Módulos ASK de Radio Frecuencia, transmisor TLP434A y receptor RLP434.	47

Figura 34.	Diagrama del sistema de comunicación inalámbrica entre los módulos transmisor y receptor.	48
Figura 35.	Cámara inalámbrica instalada en el capo del móvil; a - vista de la parte superior; b - vista desde el frente.	49
Figura 36.	Módulo Receptor cámara inalámbrica.	50
Figura 37.	Capturadora de video externa DVD MAKER USB 2.0, por conexión al PC por puerto USB.	50
Figura 38.	Imagen del sistema de teleoperación del móvil desde el PC, con que cuenta el usuario.	51
Figura 39.	Vista superior de la ubicación de los dispositivos del prototipo.	53
Figura 40.	Tracción del móvil, coche. [MICR2003]	55
Figura 41.	Vista desde la superficie del mecanismo de tracción trasera.	56
Figura 42.	Vista desde la superficie del sistema de direccionamiento.	56
Figura 43.	Funcionamiento de conmutación que realiza un puente H; A – Motor estático; B – Motor gira hacia la derecha; C – Motor gira hacia la izquierda. [OLMO1998]	57
Figura 44.	Diagrama puente H discreto desarrollado con Transistores de Efecto de Campo de Unión Metal Oxido Semiconductor. [TUTO2005]	59
Figura 45.	Diagrama puente H discreto desarrollado con MOSFETS, configurados en paralelo.	60
Figura 46.	Funcionamiento del sistema de dirección; a – Dirección hacia la derecha; b – Dirección hacia la izquierda.	62
Figura 47.	Imagen del sistema electrónicos de detección de metales, instalado en la parte frontal del prototipo.	63
Figura 48.	Circuito habilitador de la bomba de agua para colocar la marca. [PICM2007]	64
Figura 49.	Equipo de localización de objetos; a – Bomba de agua; b – Llave de riego del líquido.	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Descripción de cada campo del entorno de trabajo de Visual Basic.	19
Tabla 2.	Codificación binaria para cada comando de desplazamiento.	38
Tabla 3.	Función que cumple cada tecla del PC, para controlar el desplazamiento del móvil.	39
Tabla 4.	Tarea que cumple cada campo del control de mando.	40
Tabla 5.	Relación teclas del PC, con su respectiva función y código de programación, para que puedan ser reconocidas por las librerías de Visual Basic.	45
Tabla 6.	Distribución de los dispositivos en el prototipo.	53
Tabla 7.	Partes del mecanismo de tracción trasera.	56
Tabla 8.	Partes que conforman el sistema de direccionamiento.	57
Tabla 9.	Señales de control para determinar el sentido de giro del motor y del desplazamiento del móvil.	58
Tabla 10.	Sometimiento a prueba del detector de metales, con varios objetos de metal.	66
Tabla 11.	Prueba del sistema de locomoción del prototipo en varias clases de suelo.	67
Tabla 12.	Transmisión de datos e imágenes a diferentes longitudes.	67

LISTA DE ANEXOS

- | | | |
|----------|---|----|
| Anexo 1. | Circuitos impreso puente H, para activar motor propulsion trasera y motor direccionamiento. | 80 |
| Anexo 2. | Impreso polarizacion PIC16f877A y circuito receptor de comandos de desplazamiento. | 80 |

1. PROBLEMA

En la actualidad, muchas son las noticias nacionales e internacionales que catalogan a Colombia, como uno de los países, con los más altos índices de casos de amputaciones de miembros o peor aún de muertes por efecto del estallido y accionar de la gran cantidad de artefactos que hoy por hoy se encuentran camufladas en las zonas rurales de todo el territorio nacional. A este gran problema que aqueja al país, se suma que la mayor parte de las víctimas son de estratos bajos que viven en zonas alejadas de la población, donde no se cuenta con la suficiente infraestructura médica para ofrecer tratamientos médicos y de rehabilitación para aquellas personas que logran llegar con vida después de los largos recorridos que deben de hacer.

Para reducir este problema el gobierno ha efectuado programas de prevención, concientización, desminado, destrucción e identificación de todas las zonas donde se sospeche la presencia de objetos bélicos, para adoptar medidas de vigilancia que puedan proteger a la población. Pero a pesar de los esfuerzos todavía se siguen presentando muchas víctimas a causa de la detonación y manipulación inconciente de estas armas.

2. INTRODUCCIÓN

La exploración de terrenos adversos en busca de armas que puedan perjudicar a la población, únicamente puede ser realizada por personas especializadas en explosivos que cuenten con dispositivos de alta tecnología para facilitar la búsqueda de todos aquellos artefactos construidos con materiales que contengan un alto porcentaje de componentes metálicos. Este trabajo es muy dispendioso y peligroso, puesto que la persona que busca en estas zonas, se expone ante un ataque subversivo, la explosión de una mina o granada sin que se haya percatado de su existencia o pueda ser atacado por algún animal de la maleza.

Debido a que el campo de la robótica móvil esta en auge en la actualidad, una posible solución con viabilidad es la implementación de robots teleoperados para ser usados en situaciones que impliquen riesgo y peligro para los humanos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un prototipo de robot teleoperado por computadora, para detectar objetos de metal en campos de guerra.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un prototipo de robot, capaz de desplazarse por superficies planas y semi-planas.
- Controlar los desplazamientos del prototipo remotamente desde una computadora personal.
- Implementar un sistema de comunicación inalámbrico entre el PC y el prototipo, para determinar sus movimientos.
- Adaptar sistema de motores, baterías, recepción de comandos y transmisor de video al prototipo de robot sobre ruedas.
- Observar remotamente desde un PC la trayectoria y terreno por el cual se desplaza el prototipo.
- Implementar un sistema electrónico para detectar metales, que permita conjuntamente con el video evaluar la existencia de objetos construidos con metal.
- Implementar un sistema electrónico en el prototipo que demuestre visualmente la detección de un metal y coloque una marca sobre ella.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 DISEÑO DEL CONTROL DE MANDO CON VISUAL BASIC.NET

Puesto que se hacia necesario generar los comandos de desplazamiento del prototipo desde el PC, para posteriormente ser transmitidos inalámbricamente hacia el robot. Se diseño una interfaz gráfica, capaz de controlar los movimientos del carro al antojo del teleoperador.

En la creación de esta aplicación se eligió el software que mayores prestaciones gráficas ofreciera y que permitiera realizar acciones de control y salida de datos por los puertos que manejan intercambio de información hacia dispositivos externos. Por esta razón se expondrá las características de diseño del entorno de Visual Basic.net en la creación de aplicaciones.

4.1.1 Entorno de programación visual basic.net

Visual Basic es una herramienta de diseño de aplicaciones para Windows. Esta se desarrolla en gran parte a partir del diseño de una interfaz gráfica conformada por una parte de código puro y otra asociada a los objetos que conforman el formulario de trabajo.

El desarrollo de una aplicación bajo Visual Basic requiere el siguiente procedimiento:

- Definición de las propiedades de los controles. Aquí se establecen las propiedades de los objetos que se hayan colocado en el formulario de trabajo.
- Generación del código asociado a los eventos que ocurran con los objetos adecuados en la forma. Aquí se genera el procedimiento de programación para responder a los eventos producidos de un click, doble click o una tecla pulsada sobre cualquier elemento.
- Generación del código del programa. Esto significa que el software ofrece la posibilidad de establecer un código de programa separado de los distintos

eventos que se genera por cada elemento, para responder a las acciones que el usuario produce durante la ejecución del programa.

El entorno de trabajo de Visual Basic 2005 Express es como se muestra en la Figura 1.

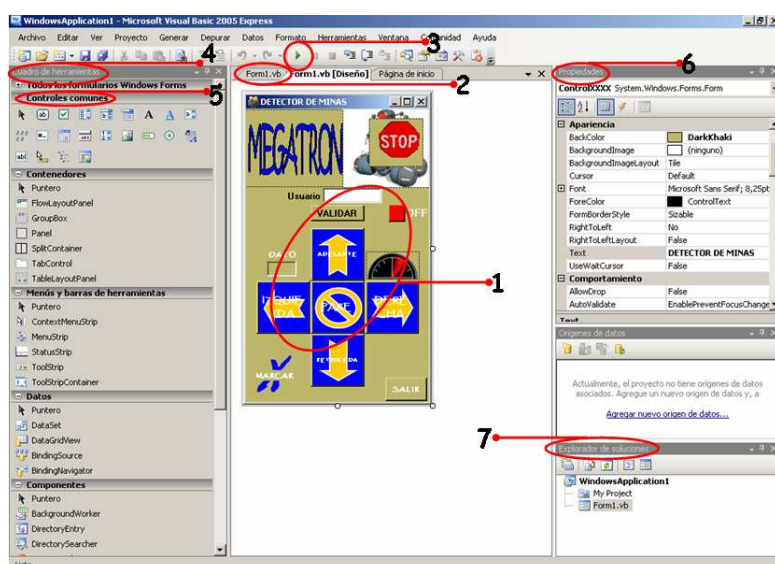


Figura 1. Entorno de trabajo que ofrece visual Basic 2005 Express, para crear aplicaciones.

En la Tabla1, se describirá cada uno de los campos anteriormente resaltados.

NRO. CAMPO	DESCRIPCIÓN
1	Formulario o forma de trabajo de la interfaz gráfica de Visual Basic.
2	Pestaña que contiene todo el código de programación de los eventos a producir por cada elemento de la interfaz gráfica.
3	Icono de la Barra de Herramientas utilizado para compilar y ejecutar la aplicación en la cual se esta trabajando.
4	Cuadro o caja de herramientas, aquí se encuentra toda clase de elementos que se deseen añadir a la forma de trabajo.
5	Caja de Controles, donde se encuentran los Controles, Label, PictureBox y Textbox., que se adecuarán en el formulario.
6	Ventana de Propiedades, define cada uno de los atributos que puede contener cualquier elemento de la forma y que también se pueden ver reflejados en el código de programación.
7	Ventana Explorador de Soluciones, indica el proyecto actual y se muestran los ficheros que lo componen.

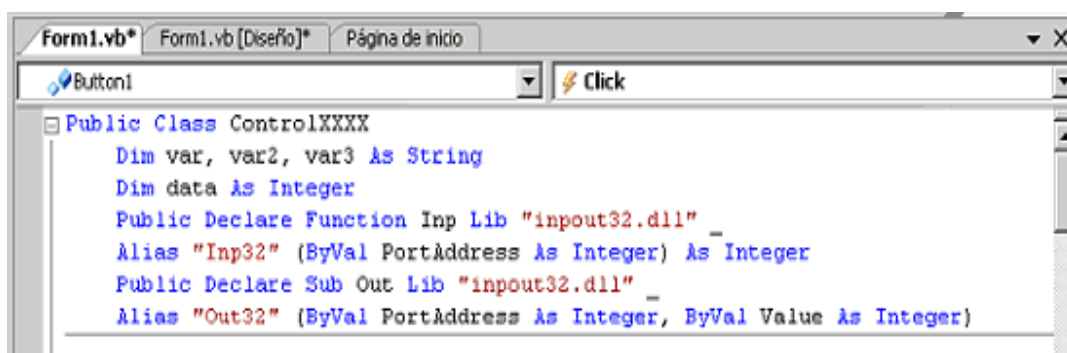
Tabla 1. Descripción de cada campo del entorno de trabajo de Visual Basic.

Antes de comenzar con el estudio de como generar el código de programación para cada evento que tenga que producirse al accionar algún elemento de la forma, se hace necesario profundizar más en la ventana de propiedades de Visual Basic, debido a que también influye mucho en la programación de los eventos de cada objeto.

Las herramientas más importantes que contiene esta ventana de propiedades para modificar los atributos de un objeto son:

- Backcolor: Establece el color de fondo del objeto señalado.
- Cursor: Define el tipo de imagen del cursor que accionará los botones cuando se ejecute la forma.
- Image: Establece como fondo del control el fondo que se desee.
- Visible: Se otorga un valor booleano de inicialización para que dependiendo de la configuración que se le de en el software, aparezca o desaparezca cuando se le indique el objeto.
- Name: Otorga un nombre de reconocimiento, para que pueda ser distinguido en el código de ejecución.
- Location: Localiza el objeto deseado en cualquier posición de la forma.
- Size: Define la dimensión del objeto en el formulario.
- Enabled: Habilita el objeto para que pueda ser manipulado por el usuario una vez ejecutada la aplicación y pueda realizar el evento que se estableció en el código.

En el proceso de adecuación de la aplicación no solo se tiene presente la distribución y características de los objetos en la forma. También se debe programar un código para habilitar los componentes, el cual es almacenado en la Ventana de Código, mostrada en la Figura 2, donde se listan todos los eventos a ejecutar para determinada acción.



```
Form1.vb* Form1.vb [Diseño]* Página de inicio
Button1 Click
Public Class ControlXXXX
    Dim var, var2, var3 As String
    Dim data As Integer
    Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
    Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
    Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
    Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

Figura 2. Ventana de Código producida por los objetos creados en la forma de trabajo.

Esta ventana se compone de dos listas. La lista de objetos, donde están numerados absolutamente todos los objetos que se han utilizado para la creación de la forma y la lista de procedimientos que contiene todos los posibles eventos que se le pueden asignar a un objeto, como los que a continuación se utilizaron en el diseño de este formulario.

- Click: Este evento procede a ejecutar alguna parte del código, cuando se acciona algún botón solo con un Click.
- MouseDown: Con este evento se efectúa algún procedimiento del código, en el instante que el usuario presiona el Mouse, haciendo clic.
- KeyDown: Se efectúa el código deseado, cuando el usuario presiona una tecla.
- KeyUp: Se efectúa el código deseado, cuando el usuario suelta una tecla.

De esta manera es como se comienza a escribir el código de la aplicación. Una vez establecido los controles en la forma y de concretar un evento para cada uno. El paso a realizar es programar la respuesta por parte del objeto al evento producido, según las necesidades de operación. Es decir, se debe escribir el código que necesite la aplicación como respuesta al evento que acaba de ocurrir. En este caso se tuvo que realizar la lógica de programación para los botones de desplazamiento para que cada vez que se pulsaba alguno de estos, se generará el comando de desplazamiento, se observará en el formulario dicho código y se cambiará una imagen de un robot que demostrará visualmente el correcto funcionamiento y dirección del móvil.

4.2 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE COMANDOS

En el establecimiento de la comunicación inalámbrica entre el PC y prototipo, se decidió por implementar los módulos de RF TLP434A y RLP434 a 433.92 MHZ, junto con el par de integrados codificador HT12E y decodificador HT12D, que usualmente acompañan a estos módulos en cualquier sistema de control remoto que se necesite implementar.

Con estos dispositivos se puede establecer de manera sencilla una comunicación inalámbrica, utilizan modulación ASK y lo más importante que para su pequeño tamaño tienen una cobertura bastante amplia para enlazar su transmisión.

4.2.1 Módulo transmisor tlp434a

Se eligió el módulo TLP434A, mostrado en la Figura 3. Porque en sus especificaciones técnicas se menciona que puede alcanzar distancias de aproximadamente 140 metros en espacios abiertos y de 60 metros en espacios internos con obstáculos. Además tiene una potencia de salida de hasta 8mW a 433.92 MHz.

El Transmisor TLP434A acepta tanto señales análogas como digitales de entrada, puede operar con una tensión que va desde 1.5 VDC a 12 VDC.

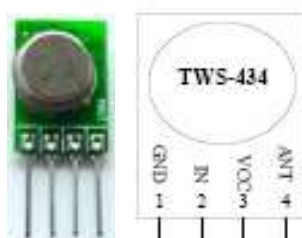


Figura 3. Módulo y PinOut del TLP434A. [BOLI2006a]

A causa de que este módulo transmite serialmente los bits que conforman a cualquier comando de desplazamiento se tenía que implementar en software o hardware un sistema que permitiera enviar bit a bit un comando para que después en el proceso de recepción, se conformara de nuevo el comando de desplazamiento y así el microcontrolador efectuara el movimiento de los motores del móvil hacia la dirección solicitada.

Este sistema fue implementado en hardware por medio del codificador HT12E en el transmisor como se muestra en la Figura 4.

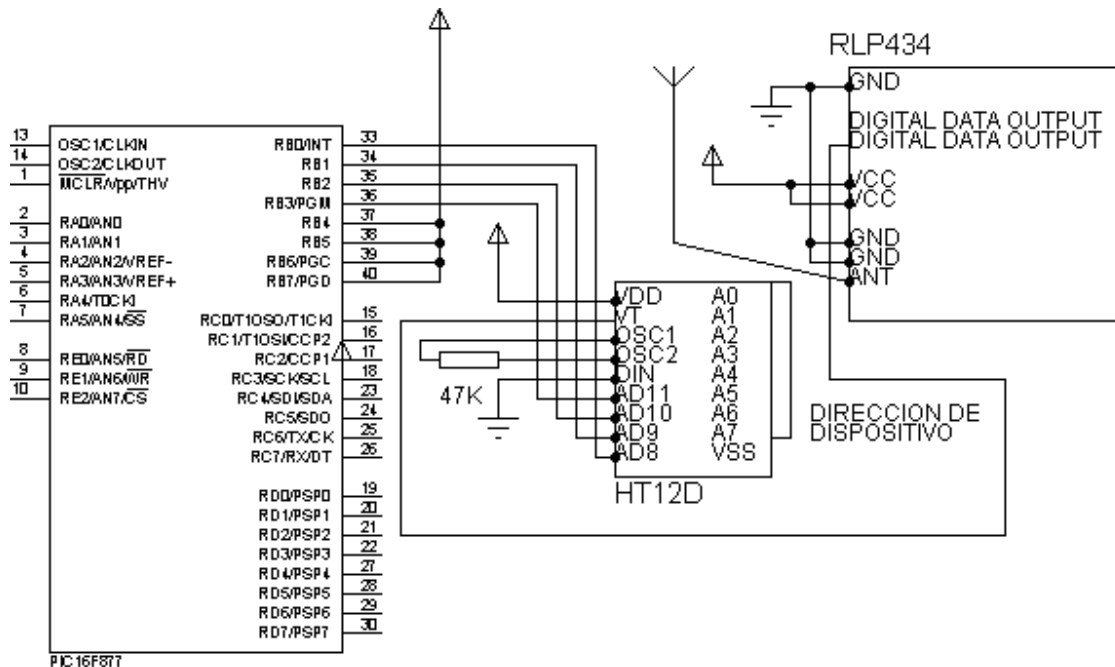


Figura 6. Diagrama circuito receptor utilizando el módulo RLP434 y el decodificador HT12D.

4.2.3 Antenas

Para obtener la máxima eficiencia en la comunicación inalámbrica entre los módulos, se recomienda utilizar Antenas del tipo látigo de 1/4 de onda. La mostrada en la Figura 7, esta diseñada para 433 MHZ tiene 6.5 pulgadas de longitud y usa un cable coaxial de 50 Ohmios, es a prueba de intemperie.



Figura 7. Antena tipo látigo. [BOLI2006c]

4.2.4 Técnica de modulación empleada por los módulos de RF

La técnica de modulación empleada por los módulos para transmitir los códigos binarios es la Amplitud shift Keying (ASK), esta es una conmutación en amplitud, donde se multiplica una portadora con una amplitud fija y una frecuencia fija por el "1" digital que se desea enviar. Es decir cuando se presenta un "1" digital, la portadora no se ve afectada, mientras que si existe un "0" digital, la portadora se multiplica por cero, dando 0 la salida.

La señal modulada de un comando es una representación gráfica de la Figura 8.

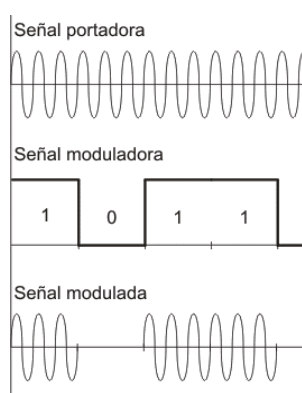


Figura 8. Ejemplo de la modulación binaria del comando parar. [TEXT2005]

Su formula esta dada por:

$$v(t) = \begin{cases} V_p \text{ sen}(2\pi f_p t) & \text{para un "1" binario} \\ 0 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

Donde V_p es el valor pico de la señal portadora y f_p es la frecuencia de la señal portadora.

4.2.5 Modo de transmisión utilizado en la comunicación PC - Prototipo

Entre los tipos de comunicación que se pueden aplicar en una línea de transmisión, como lo son la simplex, half duplex y full duplex, se uso la simplex debido a las características de los módulos de RF.

En esta comunicación simplex existe un solo canal, es decir unidireccional, el origen puede transmitir al destino pero el destino no puede comunicarse con el origen. Deshabilitando al receptor de responder al transmisor y por ende en este modo es difícil la corrección de errores causados por deficiencia en la línea.

La Figura 9, puede ser un claro ejemplo de este modo de transmisión.

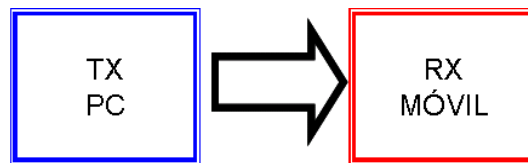


Figura 9. Comunicación simplex establecida entre PC - móvil.

4.2.6 Enlace de datos establecido entre el centro de teleoperación y prototipo

Al implementar el juego de integrados HT12E en el circuito transmisor de comandos y el HT12D en el receptor. Con la intención de mejorar la calidad de la transmisión y no recibir códigos erróneos, se estudio el protocolo de transferencia de datos que utiliza este dispositivo en el establecimiento de la comunicación.

Debido a que el mensaje se envía en una sola dirección, se aplica un protocolo sin restricciones, típico para una línea simplex. Donde el transmisor y receptor crean los parámetros necesarios para regular el acceso al medio, para comenzar con este proceso El trasmisor esta en un ciclo while infinito que solo envía datos a la línea rápidamente. El cuerpo del ciclo consiste en tres acciones: obtener un paquete, construir un marco de salidas y enviar el marco a su destino. El receptor espera que algo ocurra y en algún momento el marco llega. La llamada remueve el marco recién llegado del buffer de hardware y guarda en una variable, para esperar por el siguiente marco. El modo de operación de estos chips puede entenderse con los diagramas de bloques de las Figuras 10 y 11.

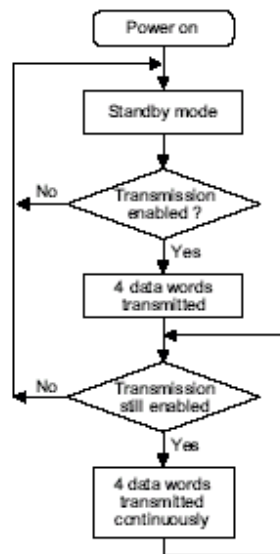


Figura 10. Diagrama Bloques funcionamiento chip HT12E. [ALLD2000]

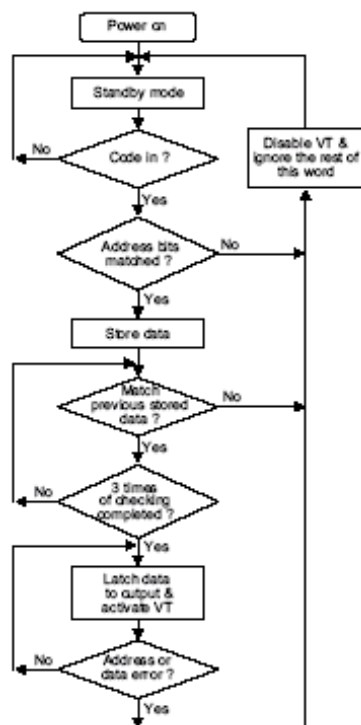


Figura 11. Diagrama Bloques funcionamiento chip HT12D. [ALLD1999]

Según el diagrama de tramas de la Figura 12, cuando el emisor se habilita por la presencia de un “0” lógico en el pin TE (habilitación de la transmisión), la salida serial del chip, comienza a enviar el código que sale por el puerto paralelo de la PC hacia el modulo transmisor, si por algún motivo el estado de este pin cambia sin haber terminado la transferencia, se finaliza sin ningún problema, pero para transmitir otro comando si se hace necesario que la referencia de este pin pase de un “1” lógico a un “0”, por el contrario si la entrada de habilitación permanece en un “0” lógico se transmitirá continuamente, repitiendo el dato una y otra vez.

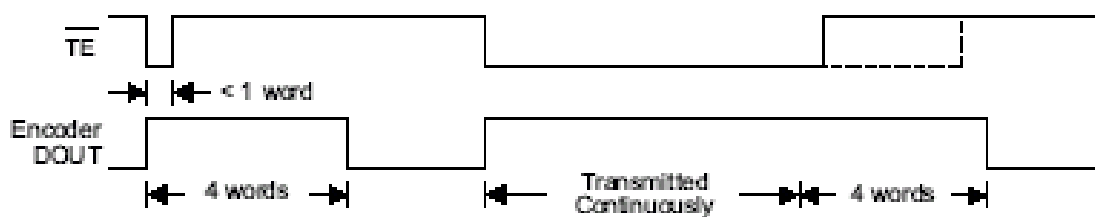


Figura 12. Tramas de transmisión para el chip HT12D. [ALLD2000]

En el caso del chip que recibe las tramas, captadas y procesadas por el modulo receptor, tiene una señal VT (Transmisión Válida), que informa mediante un nivel alto, cuando el código presente en la salida es un dato valido. Posteriormente espera un tiempo predeterminado por su oscilador, como se puede observar en la Figura 13.

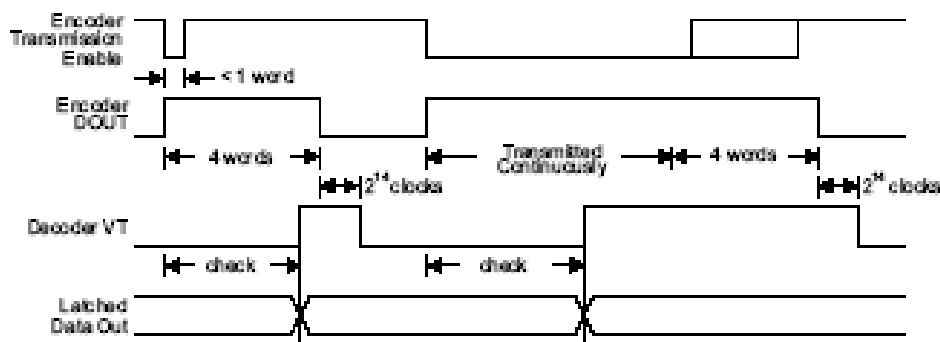


Figura 13. Tramas de recepción de los comandos para el chip HT12D. [ALLD1999]

4.2.7 Detección de errores.

El sistema empleado por el receptor para obtener el código enviado desde el centro de teleoperación, es comparar tres veces continuamente la serie de datos que se encuentran a la entrada, con el valor que ya previamente guardo en sus direcciones locales o en una variable, que se encuentre en el buffer de recepción si no hay ningún error o los datos concuerdan, se decodifican y se transfieren a los pines de salida. Obligando a la señal VT (Transmisión Válida) informar que el comando es el correcto.

4.3 TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL DE VIDEO AL PC

Como el móvil es teleoperado desde cualquier PC que cuente con un puerto paralelo, es necesario y útil para el funcionamiento del proyecto que el mismo contará con un sistema de transmisión de video del terreno a recorrer por el prototipo. Para cumplir con esta sugerencia se buscó y escogió la mejor cámara inalámbrica de vigilancia que se puede encontrar en el mercado, que fuera lo menos robusta, tuviera un buen alcance y que no fuera tan costosa.

La cámara que reúne estos requisitos y otros más, fue una mini cámara de vigilancia inalámbrica que satisfacía absolutamente todas las expectativas al poner a disposición las siguientes características:

- Opera a una frecuencia de 2.4 GHZ.
- Tiene más de 380 líneas de resolución.
- Maneja video a color en tiempo real.
- Tiene un micrófono incluido, lo que permite transmitir los sonidos de lo que se observa remotamente.
- Ofrece un alcance de aproximadamente 100 metros sin obstáculos y de 50 metros con obstáculos.
- Su tamaño es súper compacto de fácil instalación no mide más de 2 Cms.
- Puede funcionar hasta 4 horas con una batería de 9V o indefinidamente con su adaptador de corriente.
- Tiene un módulo receptor que cuenta con salida de video, para conectar a VHS, computador o televisor.
- El receptor cuenta con un mando para ajustar la frecuencia a la de la cámara.

El paquete encargado de enviar las imágenes del recorrido a desplazarse por el móvil, para ser posteriormente capturadas por el centro de teleoperación, es el mostrado en la Figura 14.



Figura 14. Sistema inalámbrico de transmisión de video, para reconocimiento de terreno. [MERC2008]

Mencionadas las características de funcionalidad del sistema de reconocimiento de terreno, para complementar la información dada, es bueno conocer las especificaciones técnicas tanto de la cámara como del receptor de video.

Especificaciones del transmisor:

- Frecuencia de transmisión: 2450MHz
- Potencia de transmisión: 25mW
- Consumo de potencia < 1W
- Sistema TV: PAL/NTSC
- Trabaja a temperaturas: -10° C a 50° C

Especificaciones del receptor:

- Frecuencia de recepción: 2414 – 2468MHz
- Sensibilidad de recepción: -85dB
- Consumo de potencia < 2W
- Trabaja a temperaturas: -10° C a 50° C
- Tamaño: 115X80X21mm
- Peso: 150g (cubierta de aluminio)

4.4 ENCAPSULADOS ELECTRONICOS PARA CONTROLAR LOS MOTORES DE DESPLAZAMIENTO DEL MÓVIL

Para controlar los movimientos del móvil según los deseos del teleoperador, se investigaron varias formas de construir un modulo de potencia capaz de cambiar la rotación de los dos servomotores que se instalaron en el chasis del carro para direccionarlo y propulsarlo hacia determinada dirección. Como estos motores se alimentarían con un par de baterías de 12V a 7A y 4A respectivamente, se requeriría contar con un dispositivo electrónico capaz de manejar esta alta cantidad de corriente y voltaje sin recalentarse, por este motivo las opciones fueron:

Utilizar un integrado que contiene dos puente H, conocido como el modulo L298, mostrado en la Figura 15, capaz de polarizar la fuente de energía del motor y con ello el sentido de giro.

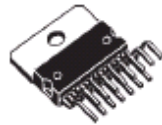


Figura 15. Módulo L298. [ALUM2007]

Este modulo esta en la capacidad de controlar 2 motores a la vez, porque cuenta con dos puentes H independientes, soportando motores que consuman una energía equivalente de 46 Voltios y 4 Amperios.

Como se puede observar en la Figura 16, se aprecia el esquema de los dos puentes H que conforman este dispositivo.

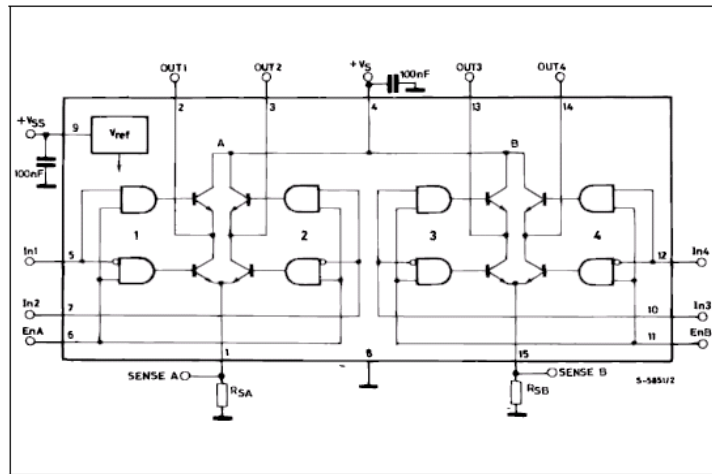


Figura 16. Esquemático chip L298. [ALUM2007]

Pero al emplear este chip surgía un problema con uno de los motores, no era el ideal para manejar la alta cantidad de corriente con la que debe contar el motor para funcionar, buscando una posible solución a este problema se estudio la forma de usar una configuración en paralelo, para obtener los requisitos de carga necesaria, el resultado de la configuración que puede suplir este inconveniente se muestra en la Figura 17.

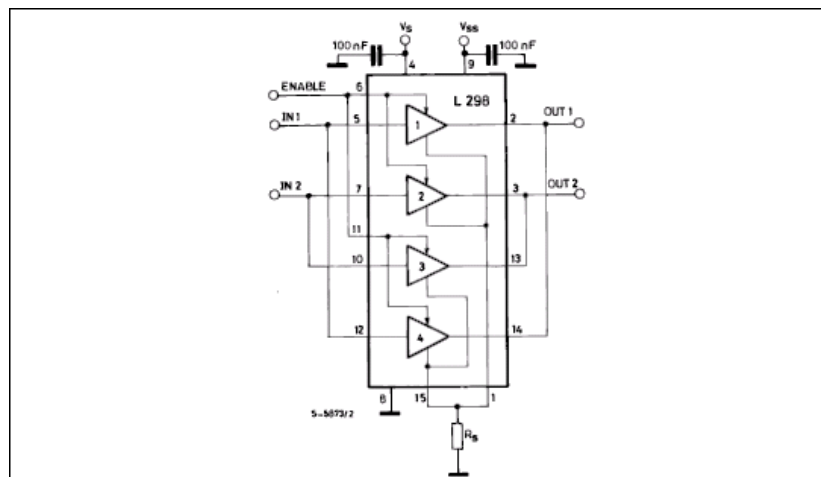


Figura 17. Configuración en paralelo para módulo L298. [ALUM2007]

Otros componentes electrónicos que ofrecen estas prestaciones de operación requeridas son el juego de MOSFETS IRF530 que soporta 100V y 14A, junto con su complementario IRF9530 que soporta hasta 100V y 12V. Son ideales para ser adecuados en el desarrollo del proyecto, al utilizar un circuito que implemente una configuración en paralelo para dividir el flujo de corriente que la fuente suministra al motor para funcionar.

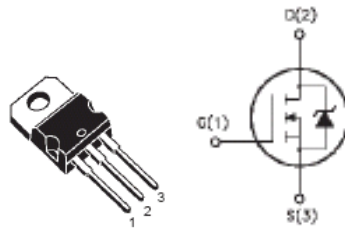


Figura 18. Encapsulado chip IRF530.

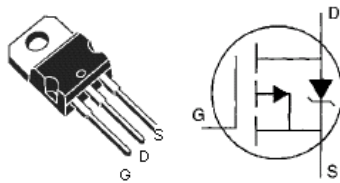


Figura 19. Encapsulado chip IRF9530.

4.5 SENSOR DE DETECCIÓN DE METALES

Antes de optar por el aparato que fuera útil en las exploraciones de objetos de metal, se investigaron los diferentes tipos de detectores que existen según sus características de alcance, costo, estructura y funcionalidad. Para elegir correctamente el sistema más eficaz, lo menos costoso y robusto que hubiese en el mercado de los que a continuación son nombrados.

- Detectores clásicos

Son los más utilizados en operaciones de detección de metales y funcionan con frecuencias comprendidas entre 5 y 30 KHZ. Estos aparatos son realmente ideales para la detección de monedas, pequeñas joyas u objetos perdidos y enterrados a poca profundidad (máximo 20 a 25 cm). Se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Instrumento de detección clásico. [DEEP2008a]

- Aparatos de dos cabezas

Este aparato consta de dos terminales o cabezas (una emisora y otra receptora) para ofrecer información detallada en búsquedas serias de profundidad, se puede observar en la Figura 21.



Figura 21. Aparato de detección de dos cabezas. [DEEP2008b]

- Magnetómetro

Son aparatos relativamente costosos y son utilizados para ser penetrados en el suelo, realizando sondeos o exploraciones entre 10 y 60 metros. Su apariencia es similar al de la Figura 22.



Figura 22. Magnetómetro. [DEEP2008c]

- Aparatos de pulsos

Con los aparatos de pulsos (Pulse Power - Pulse Induction o de Pulsos) son una categoría de aparatos muy interesantes que ofrecen una fácil penetración de señales en profundidad. Para búsquedas serias, son realmente imprescindibles, muy eficaces y permiten detectar y localizar cualquier masa metálica enterrada hasta 3 metros de profundidad (no importa cual sea el metal). Se asemeja al mostrado en la Figura 23.



Figura 23. Aparato de pulsos. [DEEP2008d]

Conocido el modo de operación de los diferentes aparatos utilizados en la búsqueda de metales, se adoptó el principio de funcionamiento de detección clásica por su baja complejidad y costo. Por lo tanto el dispositivo electrónico empleado es el mostrado en la Figura 24.



Figura 24. Imagen del sistema electrónico de detección de metales.

Este posee las siguientes características técnicas:

- Detecta todo tipo de metales.
- Muy sencillo de usar.
- Ligero.
- Detecta una moneda a una distancia no mayor de 6 cm.
- Posee un control de sensibilidad.
- Funciona con una pila de 9 Voltios.
- Tiene un indicador visual, que cambia de rojo a verde si el metal es detectado.
- Posee un tono audible que es emitido por un zumbador.
- Cuenta con una linterna para iluminar lugares con poca luz u oscuros para continuar con exploraciones precisas.

5. DESARROLLO

Con el fin de cumplir a cabalidad con cada uno de los objetivos propuestos, para ofrecer otra posible solución frente a la detección de objetos bélicos fabricados con metal, se investigó y compró cada uno de los dispositivos que permitieran construir un prototipo de robot teleoperado por computadora aún costo realmente bajo, si es comparado con otros trabajos o mecanismos que cuenta con una tecnología muy avanzada, traídos del extranjero para desempeñar esta misma tarea.

Como se muestra en la Figura 25, en el desarrollo de este proyecto de grado se involucró un PC como control de manipulación del prototipo, con el cual se buscaría aquellas posibles armas fabricadas con metal. Mediante la implementación de un circuito transmisor y receptor de comandos de desplazamiento, como también la utilización de un módulo de recepción de imágenes de video desde una pequeña cámara instalada en el prototipo, con la cual se puede observar en el PC el terreno a recorrer por el móvil, con la ayuda de una capturadora de video para filtrar las imágenes a el monitor de control de mando.

Además se tuvo que prestar gran atención en la adecuación de la parte mecánica del carro, para que este ejecutara eficazmente cada uno de los comandos de desplazamiento que el teleoperador quería que realizara, para hacer una buena inspección de la zona y marcar así el terreno donde se detectara un metal con la ayuda de una bomba de agua universal para parabrisas de carro.

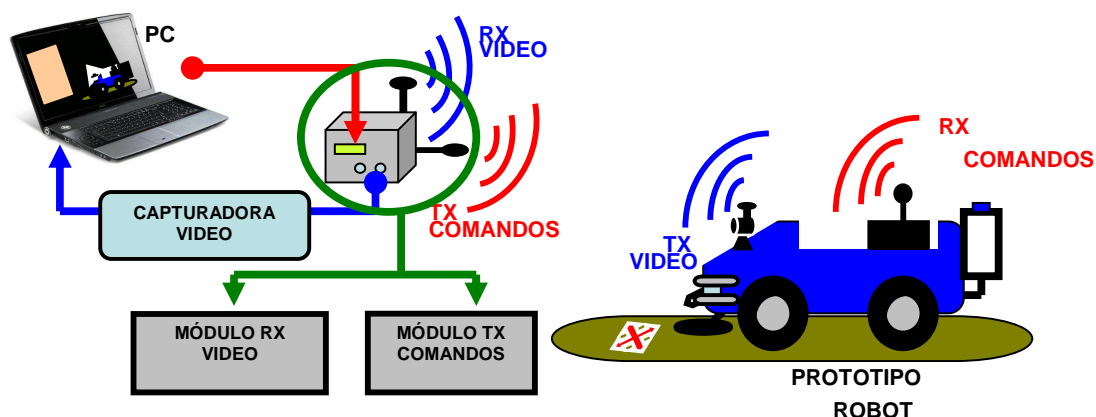


Figura 25. Diagrama del prototipo de robot, teleoperado por PC para detectar objetos bélicos fabricados con metal.

Para comprender de una manera más sencilla el mecanismo de operación del prototipo se elaboró el diagrama de bloques, mostrado en la Figura 26.

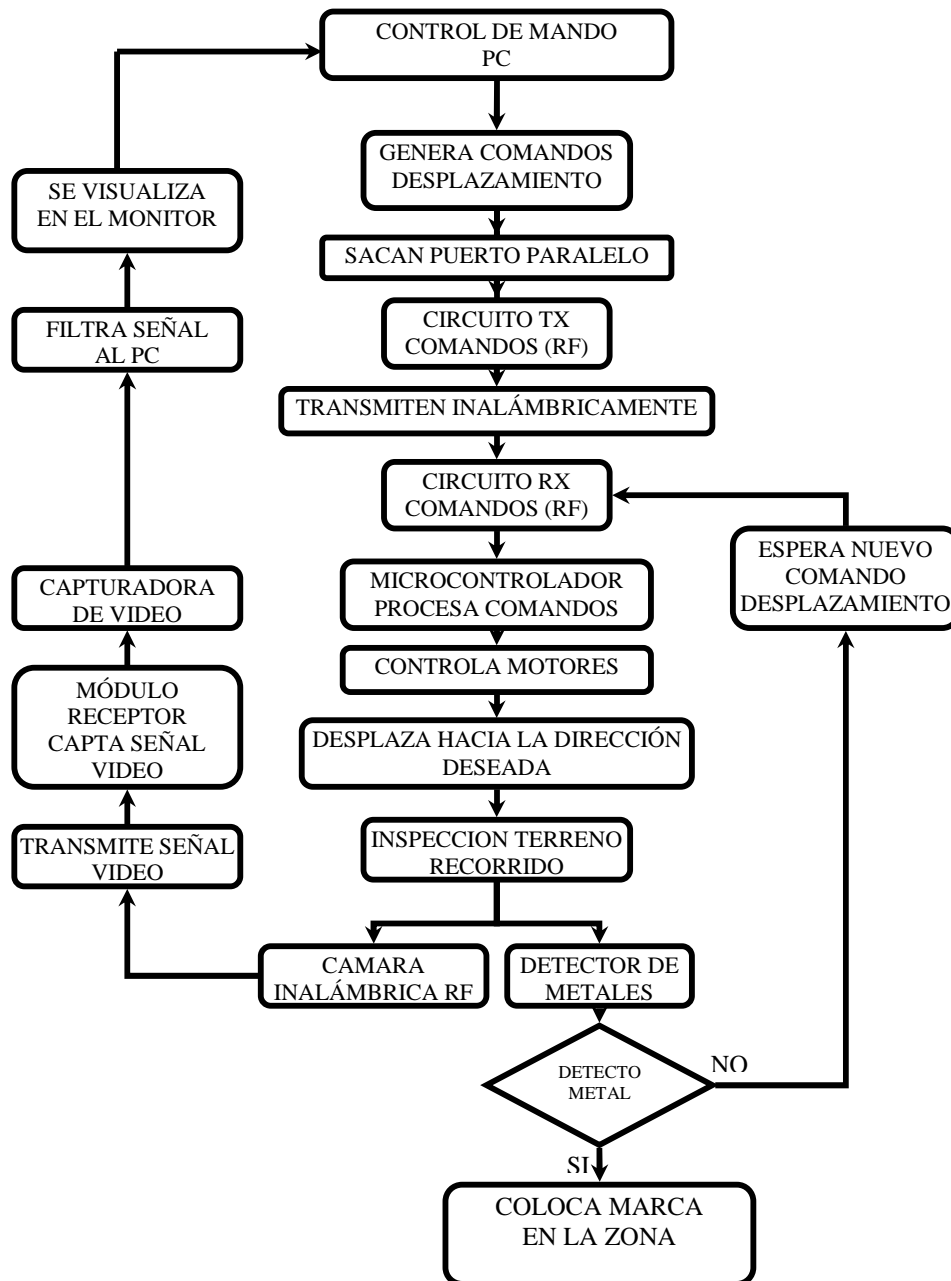


Figura 26. Diagrama de bloques sobre el modo de operación del prototipo de robot, teleoperado por PC para detectar objetos fabricados con metal.

Para dar comienzo con la explicación de cada uno de los pasos que se emplearon en el desarrollo de este proyecto de grado, se comenzará con mostrar como fue el diseño de la aplicación que es la intermediaria de generar los comandos de desplazamiento desde el PC, para ser transmitidos y ejecutados por el móvil. Posteriormente se continúa con aquellos pasos restantes que se llevaron a cabo para cumplir con el desplazamiento del carro y su aplicación propuesta.

5.1 GENERACIÓN DE LOS COMANDOS POR COMPUTADORA, PARA DETERMINAR LOS DESPLAZAMIENTOS DEL MÓVIL

Como primer paso para la realización de este proyecto, se hizo necesario, desarrollar el control de desplazamiento o de mando, con el cual el teleoperador pueda dar las instrucciones al prototipo de la dirección a recorrer y la tarea a realizar. Este control se construyó en el software Visual Basic.

En el desarrollo de este se tuvo en cuenta una clave de acceso de operación, para poder manipular al prototipo, así como también los botones de ADELANTE, RETROCEDA, PARE, GIRE A LA IZQUIERDA, GIRE A LA DERECHA, MARQUE TERRENO. Cada uno de estos respectivamente codificado con un número binario diferente de 4 bits, como se muestra en la Tabla 3. Estos botones se pueden poner en funcionamiento simplemente haciendo click en la superficie del mismo, para que se genere su respectivo código.

COMANDO	CÓDIGO BINARIO
ADELANTE	1001
RETROCEDA	1010
PARE	1101
DERECHA	1011
IZQUIERDA	1100
MARQUE	1110
ACTIVA COMUNICACIÓN	1000
INACTIVIDAD	0000
LUZ EXPLORADORA	1111

Tabla 2. Codificación binaria para cada comando de desplazamiento.

Se hizo necesario utilizar 4 bits para cada comando, por que en el establecimiento de la comunicación inalámbrica entre el centro de teleoperación y el móvil se transmitían 9 datos que habilitaban y brindaban movimiento a los dispositivos

electromecánicos instalados en el prototipo. Un código de inactividad se transmitía mientras el usuario no fuera válido, cuando el usuario se validara correctamente otro comando se enviaba para establecer la comunicación y los siete restantes comandos que se transferían eran tareas o movimientos que el carro tenía que acatar.

Para generar este código no es indispensable solo hacer click sobre los botones creados en la aplicación, puesto que también esta acción se puede realizar por medio del teclado del computador, por las siguientes teclas, Ver Tabla 4.

COMANDO	TECLA PC
ADELANTE	KEYS UP
RETROCEDA	KEYS DOWN
PARE	KEYS ENTER
DERECHA	KEYS RIGHT
IZQUIERDA	KEYS LEFT
MARQUE	KEYS DELETE

Tabla 3. Función que cumple cada tecla del PC, para controlar el desplazamiento del móvil.

De manera que el entorno de control de los desplazamientos del móvil está distribuido como se muestra en la Figura 27, en la forma del entorno que Visual Basic ofrece para crear la aplicación que sea deseada por el usuario.

ENTORNO CONTROL DE MANDO DEL PROTOTIPO

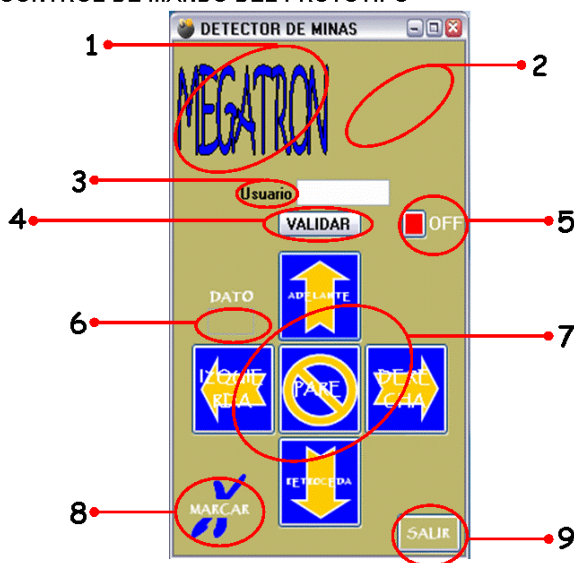


Figura 27. Campos de funcionalidad del control de mando de desplazamiento.

En la Tabla 5 se explicará cada uno de los campos del control.

NRO. CAMPO	FUNCIÓN
1	Nombre del prototipo.
2	Imagen animada que ofrece una idea visual del movimiento que podría tomar el prototipo.
3	Clave de acceso, para poner en funcionamiento el prototipo.
4	Botón que valida y habilita el funcionamiento del prototipo.
5	Campo que verifica si el control se encuentra habilitado (on/off).
6	Campo que visualiza el código binario para el botón que sea pulsado por el usuario.
7	Campo donde están situados los botones de desplazamiento del móvil.
8	Botón que permite activar a la distancia un dispositivo en el móvil para colocar una marca.
9	Botón que permite salir de la aplicación o del control de mando.

Tabla 4. Tarea que cumple cada campo del control de mando.

Gracias al entorno que visual Basic ofrece, se realizó un esquema en la programación de cada uno de los eventos a producirse por cada botón, debido a

que fue implementada una clave de acceso para poner en funcionamiento al prototipo y mientras el usuario no sea el correcto el programa mostrará un aviso de advertencia y anulará completamente toda acción, en este caso tanto los botones del control como el teclado del PC, como se observa en la Figura 28.



Figura 28. Diferencia que existe, al usuario registrarse con una clave de acceso errónea.

Una vez el teleoperador se haya registrado correctamente y decida pulsar o teclear, ya sea desde los botones del control de mando o desde las teclas del PC. En la esquina izquierda de la aplicación se podrá observar el código generado por la acción escogida, como se observa en la Figura 28, que a la vez saldrá por el puerto paralelo, para que pueda ser interpretado por el PIC y posteriormente transmitido por el módulo de RF hacia el receptor.

Para cumplir con cada una de las expectativas que debía realizar el control para generar cada uno de los códigos, se tuvo que utilizar cada una de las herramientas tanto del entorno físico como del esquema de programación que el software permite ejecutar. Por ejemplo para que cada control tuviera una acción o código independiente a los otros, así como una posición diferente en la forma o en el formulario de trabajo, un fondo diferente y que solo dentro del instante de tiempo en que se pulsa y suelta cualquier botón generara el código, para que el desplazamiento del carro fuera en tiempo real y no tuviera retrasos en sus movimientos o no se quedara haciendo continuamente el mismo desplazamiento, hasta que se pulsara otro botón o tecla, en fin. Fue de gran utilidad la ventana de

propiedades, en la que se puede ver y modificar todos los atributos de determinado objeto y del propio formulario, ver Figura 29.

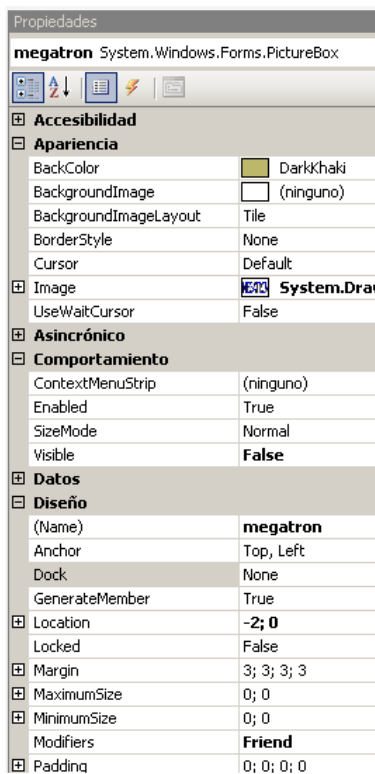


Figura 29. Ventana de propiedades que ofrece el entorno de programación de visual Basic, para modificar cualquier atributo de un objeto.

Entre las varias características que posee esta ventana, las más utilizadas para modificar cualquier elemento de un formulario son: cambiar la fuente del tipo de letra que desee utilizar, color de fondo y letra, tamaño, ubicación en el formulario, darle un nombre por el cual pueda ser reconocido a la hora de la programación del código, para establecer así su acción y hacer el objeto visible o invisible, ya sea cuando se inicializa o esta en ejecución la aplicación, con el fin de buscar alternativas de visualización mediante gráficos, dependiendo de la acción que el teleoperador desee. Tal es el caso del campo de la imagen animada que es diferente para cada caso de botón que sea seleccionado o por el contrario para cuando no se haya validado correctamente un usuario no se permita que la forma muestre otros elementos, que solo sean permitidos cuando el control de mando haya sido habilitado correctamente.

Otra ventana de gran importancia para la elaboración de este control de mando, fue el cuadro de controles, mostrado en la Figura 30. Debido a que este fue el que

permitted to create the buttons to later program their action to be executed on the mobile. Among the many controls that this panel offers, the ones used were:

- The labels (Label), with which you can identify the different buttons, by placing some name according to its function.
- The text boxes (TextBox), which have as their task to store the text that the user wants, at the moment that the application is being executed, in this case to store the access key to later be compared by the programming code and enable the control.
- The buttons (CommandButton), which allow you to make the buttons with the dimensions and attributes that are desired in the form.

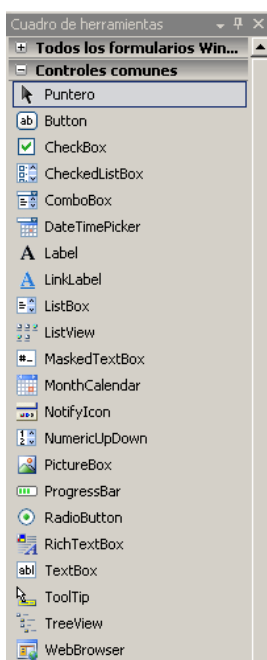


Figura 30. Ventana de herramientas de Visual Basic, para obtener los controles y otros objetos, que se adecuaron en el control de mando del móvil.

For the PC to communicate with the microcontroller and this transmitted the bits about the mobile displacements. It was taken into account in the design of the control that the teleoperator had two options of control over the prototype, with only moving the Mouse and clicking on the election button and the other guiding the displacement of the mobile with the directional arrows of the PC keys, which would offer a little more realism and emotion to the terrain exploration. Next, the procedure that was carried out to generate the codes, starting from either of the two control modes, will be shown.

5.1.1 Procedimiento para generar los comandos de desplazamiento por medio del Mouse.

Una vez el diseño del formulario o forma estaba completado, es decir con cada uno de los controles ya creados, era necesario que pudieran ser accionados momentáneamente según la intención del teleoperador y obviamente después de ser activados volvieran a un estado de inactividad, en el cual la información que fuese enviada desde el puerto paralelo hacia el microcontrolador no accionara ninguno de los motores que fueron instalados.

Como solución ante estos pequeños obstáculos, se planteó que cuando el teleoperador no efectuó ninguna acción sobre el control, la aplicación estará arrojando continuamente por el puerto paralelo un código binario de 4 bits de 0 lógicos, para que estos al ser interceptados por el módulo receptor de RF y posteriormente verificados por el microcontrolador, no realice ninguna tarea.

Por el contrario cuando el usuario decide pulsar alguno de los controles, gracias al evento `MouseDown`, el microcontrolador pueda distinguir instantáneamente, el preciso momento en que fue pulsado el botón, hasta que este es soltado y así continuar en su estado de reposo, transmitiendo únicamente 0 lógicos.

5.1.2 Procedimiento para generar los comandos de desplazamiento por medio del teclado

La metodología que fue planteada para generar los comandos por teclado es muy similar a la del `MouseDown`, a diferencia que el evento que se utiliza es el `KeyDown` y también tiene como objetivo producir comandos de desplazamiento en el instante en que el usuario presiona una tecla, hasta que es soltada y continuar así en estado de reposo. Además se tuvo presente, que por motivo de que las flechas del teclado se consideran como teclas especiales y no pueden ser identificadas mediante un código ASCII, se almacenó el valor que se produce al pulsar una tecla en una variable, de tal manera que cuando esta se compare con el nombre que Visual Basic da a estas clase de teclas y sea la verdadera, se genere el respectivo código de desplazamiento.

En la tabla 6 se mostraran los códigos de las teclas, tal y como Visual Basic los interpreta para conocer cual fue teclada.

TECLA	CÓDIGO LIBRERÍA VB	FUNCION
UP	KEYS.UP	ADELANTE
DOWN	KEYS.DOWN	RETROCEDA
INTRO	KEYS.ENTER	PARE
RIGTH	KEYS.RIGHT	DERECHA
LEFT	KEYS.LEFT	IZQUIERDA
SUPR	KEYS.DELETE	MARQUE

Tabla 5. Relación teclas del PC, con su respectiva función y código de programación, para que puedan ser reconocidas por las librerías de Visual Basic.

5.2 TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE LOS COMANDOS GENERADOS DEL PC AL PROTOTIPO

Una vez culminada esta primera etapa, se comenzó por construir la interfaz con la cual el PC se comunicaría con el prototipo, a través del puerto paralelo por medio de la salida de los comandos que serían procesados por el microcontrolador, para luego ser visualizada dinámicamente la dirección hacia la cual el carro tomará, con la implementación de una matriz de LEDs de 7 filas x 5 columnas.

Con las imágenes que son proyectadas por esta matriz, el teleoperador puede verificar el correcto funcionamiento de la transmisión inalámbrica de los comandos y orientarse sobre la trayectoria que tomará el prototipo.

En la Figura 31 se mostrará las imágenes de la matriz de LEDs para cada acción.

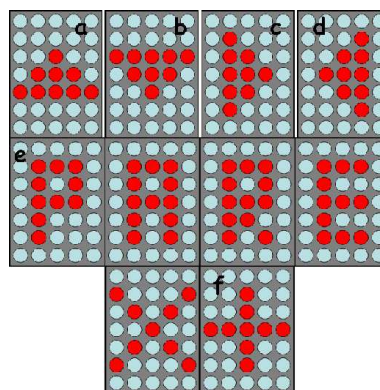


Figura 31. Visualización dinámica producida por el PIC con ayuda de una matriz de LEDs; a - Al frente; b – Retroceda; c – Gire a la derecha; d – Gire a la izquierda; e – Parar móvil; f – Colocar marca.

Para lograr que la matriz de LEDs generará estos efectos visuales, el microcontrolador debía de tener en cuenta el código que salía del puerto paralelo, en el momento que el usuario acciona cualquiera de los botones del control o las teclas del PC. Por este motivo se interconectó el puerto del computador con los cuatro primeros bits menos significativos del puerto B del microcontrolador. Aquí en esta fase además de tener en cuenta el diagrama de pines del puerto paralelo, para conocer aquellos pines por los cuales se pueden sacar e introducir datos, se tuvo que realizar el código de programación en Visual Basic, para que una vez se presionen las teclas o botones, al instante fuera enviado el comando por el puerto paralelo.

En este contexto de programación, para enviar y recibir datos a este puerto de comunicaciones del PC es necesario disponer de un grupo de instrucciones en lenguaje assembler, los cuales suelen implementarse en una clase especial de archivos denominados dll (dynamic link library). Esta biblioteca de vínculos dinámicos, no es más que un archivo con extensión dll el cual contiene una o más funciones que son compiladas, vinculadas y cargadas al proceso que la ha invocado. Usualmente se guardan en el directorio Windows/System, conociéndose así de antemano su ubicación donde se buscará posteriormente.

La dll utilizada se llama inpout32.dll y es obligatorio que se encuentre instalada en la consola que se ejecuta la aplicación, puesto que es gracias a esta que visual Basic cuenta con la capacidad de realizar funciones de entrada y salida de datos. Conjuntamente a este dll, en la cabecera del programa se tiene que declarar unas librerías o módulos para enviar así comandos por el puerto.

El módulo declarado es el siguiente:

```
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

Declarando este módulo se puede utilizar el comando Out (&H378 "dirección a escribir del puerto paralelo", dato) y así se obtendrá a la salida del puerto el respectivo dato binario deseado. Para que se puedan conectar aquellos pines que contienen la información del puerto al PIC.

Puesto que solo se utilizan únicamente 4 bits de información por cada comando, se debe conocer la distribución de los 4 bits menos significativos del puerto. Es así como la Figura 32 muestra detalladamente la localización y número de estos pines con color azul, los cuales se conectaron al PIC, para comenzar con el proceso de programación de los 2 PIC, para transmitir y recibir los comandos por medio de los módulos de RF.

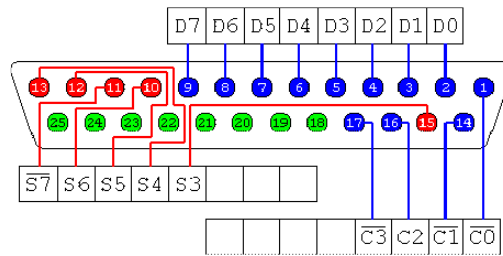


Figura 32. Diagrama pines puerto paralelo. [LANE2008]

Compuesto por:

- 8 pines de salida (D0 hasta D7).
- 5 pines de Status (S3 hasta S7).
- 4 pines de Control (C0 hasta C3).
- 8 pines de Tierra (18 hasta 25).

5.2.1 Implementación módulos de RF, transmisor y receptor de comandos

La transmisión y recepción de comandos se realizó por medio de los módulos TLP434A y RLP434, mostrados en la Figura 33. Son sencillos de utilizar, pequeños y permiten realizar controles remotos de Radio Frecuencia (RF) a 433.92 MHz. Utilizan modulación tipo ASK Y para este proyecto, son los elementos más indispensables, debido a que se enviarán y se recibirán inalámbricamente los comandos, que determinan los movimientos básicos del móvil.

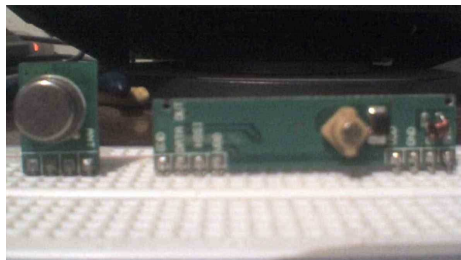


Figura 33. Módulos ASK de Radio Frecuencia, transmisor TLP434A y receptor RLP434.

Se decidió utilizar este par de módulos, conjuntamente con el juego de integrados que usualmente se emplean para este tipo de aplicaciones robóticas como lo son: el codificador (HT12E) y decodificador (HT12D). Capaces de codificar y decodificar una palabra de 12 bits, compuesta por una dirección de 8 bits y una sección de datos de 4 bits. Ya que con solo interconectar los módulos con su respectivo codificador y decodificador, se podía comprobar su correcto

funcionamiento sin que se presentara ningún tipo de dificultad, como de transmisiones o recepciones erróneas. Siendo el receptor y la técnica de modulación ASK que utilizan estos dispositivos sensibles al ruido.

Otro motivo por el cual se trabajo con este codificador y decodificador es que no hubo la necesidad de realizar un código de programación, para enviar y recibir serialmente cada uno de los bits de cada comando, con las herramientas que ofrece el PIC, lo que involucraba más trabajo para cuadrar tiempos, velocidad de transmisión, códigos de detección y corrección de errores. Tarea que cumple eficazmente los dos integrados, puesto que estos recibían los bits del comando en forma paralela, en el caso del codificador para ser enviados serialmente, mientras que en la parte receptora el decodificador realizaba el proceso inverso, es decir recibía cada uno de los bits de cualquier comando serialmente, para después ofrecer el código binario del comando de forma paralela por sus pines de salida.

Como la transmisión y recepción de comandos, se convirtió en cuestión de montaje de los dispositivos para establecer la comunicación entre el PC y el móvil, como se observa en la Figura 34. El caso de estudio a resolver, fue el de cómo interpretar los datos que llegaban al móvil para que este ejecutara a cabalidad las decisiones del teleoperador en tiempo real y así implementar el puente H, con el cual se dará movimiento a la parte mecánica del prototipo.

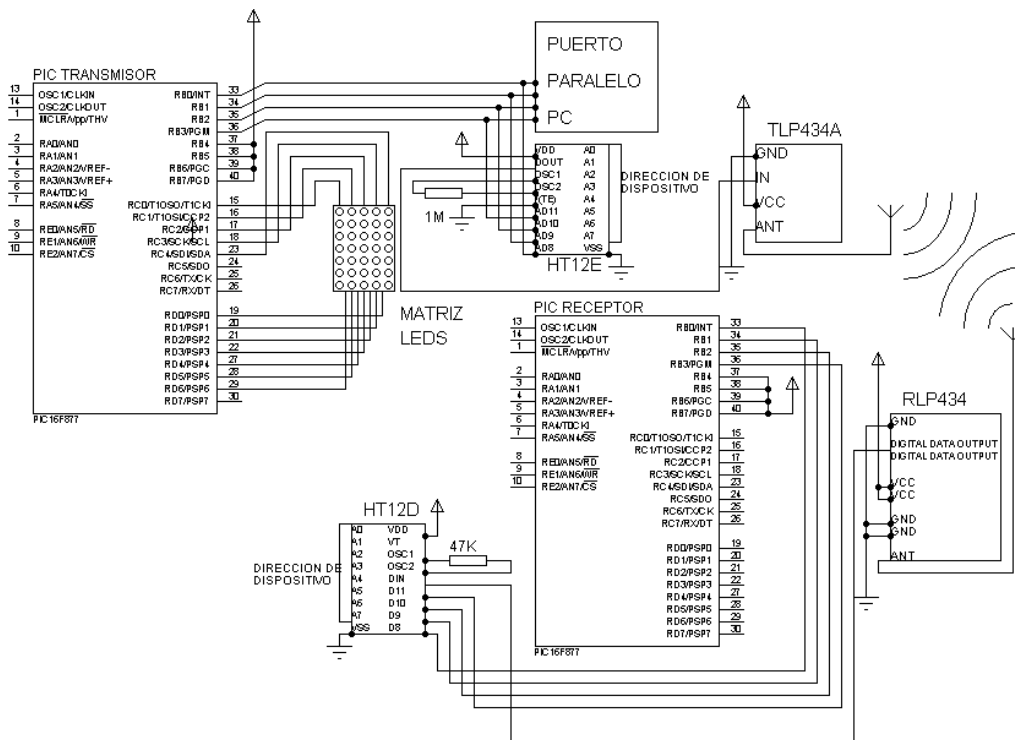


Figura 34. Diagrama del sistema de comunicación inalámbrica entre los módulos transmisor y receptor.

Como método para solucionar el inconveniente de identificación de comandos para cada acción que debía realizar el móvil, se utilizó en el sistema de recepción de comandos, la lógica de programación de un microcontrolador, para que dependiendo del código transmitido, se verifique su validez con una base de datos. Para accionar los motores del carro hacia la dirección que el teleoperador desea.

5.3 TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DEL RECORRIDO DEL MÓVIL AL PC, POR MEDIO DE UNA CÁMARA DE VIDEO ESPÍA

Con el fin de cumplir los objetivos planteados, de observar remotamente desde la PC la trayectoria y terreno por el cual se desplaza el prototipo y a la vez que en caso de que el sistema de detección de metales encuentre algún objeto de metal, sea este sistema de video el que también permita evaluar la existencia de un metal. Se instaló una cámara de video espía en la parte superior del capó del carro, como lo muestra la Figura 35.

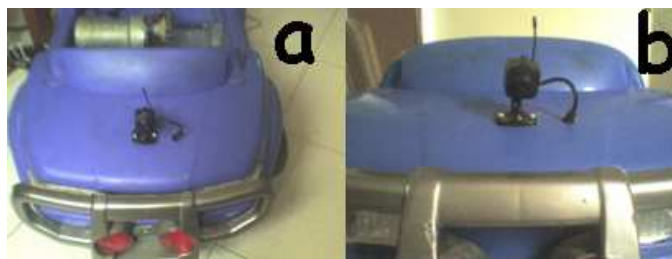


Figura 35. Cámara inalámbrica instalada en el capó del móvil; a – vista de la parte superior; b – vista desde el frente.

Como se puede observar en la Figura 35, no es una cámara robusta, con grandes dimensiones, pero si cumple con las suficientes características de alcance de 100m sin obstáculos y de 50m con obstáculos, también cuenta con manejo de imágenes en tiempo real y conectividad.

Para ver remotamente el terreno a recorrer por el móvil por la pantalla. La cámara cuenta con un módulo receptor como se muestra en la Figura 36, con una tarjeta incorporada que tiene salida RCA para conectarse a una VHS, Televisor o para este caso en particular a un computador, si tiene la tarjeta capturadora internamente. En caso de que el PC no cuenta con esta tarjeta capturadora de video integrada, es posible conseguir en el mercado de las computadoras una capturadora de video externa, es decir que pueda conectarse al PC por puerto USB, como es el caso del dispositivo que se muestra en la Figura 37.



Figura 36. Módulo Receptor cámara inalámbrica.



Figura 37. Capturadora de video externa DVD MAKER USB 2.0, por conexión al PC por puerto USB.

Resolviendo el problema de conexión del módulo receptor de video de la cámara al PC, la nueva inquietud se convertía en como sería la visualización de la imagen en la pantalla del computador. Como el capturador cuenta con un software de instalación y reconocimiento de este dispositivo, se utilizaron las herramientas del programa para adecuar el entorno de teleoperación.

Con la instalación de este software PVR PLUS, el usuario no solamente estará en la capacidad de observar el recorrido del móvil si no que puede tomar la cantidad de fotos que quiera, para reconocer el terreno, además de gravar varias horas las imágenes que aparecen por la pantalla. Con el fin después de editarlas a su antojo con todas las herramientas que ofrece este software y si es su intención puede mandar estos archivos por correo hacia cualquier destino, al tener su computadora una conexión de Internet.

Otras facilidades que ofrece este programa conjuntamente con la cámara son que puede adquirir una mayor resolución de lo que se esta observando, puesto que se puede tomar fotos del recorrido y después ampliar la imagen para estar seguro de lo que se esta viendo y así continuar el recorrido sin sufrir ningún percance.

Es así como el sistema de teleoperación se conformó como el observado en la Figura 38.

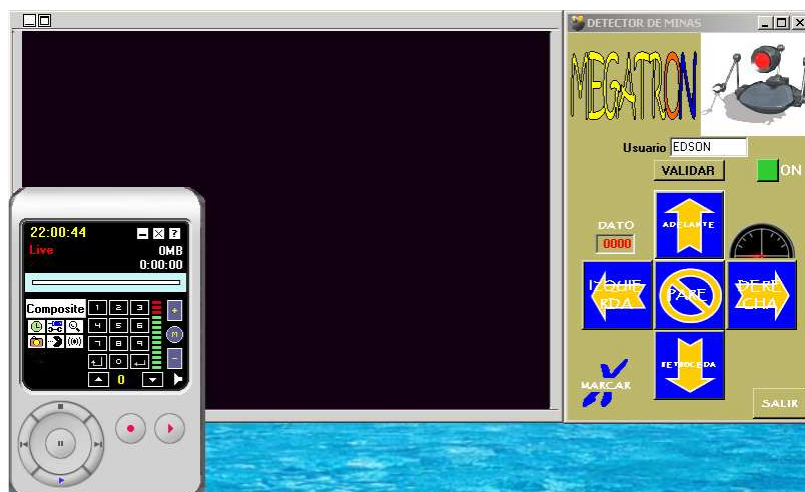


Figura 38. Imagen del sistema de teleoperación del móvil desde el PC, con que cuenta el usuario.

5.4 CONSTRUCCIÓN DEL MÓVIL

5.4.1 Tipo de robot

Debido a los requerimientos de operación que el móvil tiene que cumplir y a la aplicación por la que el prototipo fue construido. Este se clasifica en el ámbito de la robótica como un móvil teleoperado.

- **Móviles:** Los robots móviles están provistos de patas, ruedas u orugas que los capacitan para desplazarse de acuerdo a su programación. Elaboran la información que reciben a través de sus propios sistemas de sensores y se emplean en determinadas situaciones que estén en lugares de difícil acceso o muy distantes.
- **Teleoperados:** Son controlados remotamente por un operador humano. Son muy sofisticados y extremadamente útiles en entornos peligrosos.

5.4.2 Características del móvil

El prototipo en el cual se instalaron todos los dispositivos es un móvil de 4 ruedas, con el espacio suficiente en su carrocería para adecuar los componentes sin ningún inconveniente y tiene como principales características las siguientes:

- Color : Azul
- Peso: 30 kg.
- Tamaño: 70 X 41 cm.
- Altura: 31 cm.
- Cámara espía de video instalada en el chasis del móvil.
- Motor DC de tracción trasera.
- Motor DC de direccionamiento.
- Su estructura es tipo coche.
- Bomba de agua universal para parabrisas, para marcar zona sospechosa.
- Módulo receptor de comandos de desplazamiento.
- Módulos de potencia para cada uno de los motores.
- Unidad Procesadora central, encargado de ejecutar cualquier acción, en este caso el microcontrolador.
- Batería 12V a 7 Amperios Hora.
- Batería 12V a 4 Amperios Hora.
- Sonido audible cuando se detecta algún componente metálico.
- Luz bicolor que se activa al detectar un metal.
- Luces frontales y traseras.
- Sistema electrónico de detección de metales.

5.4.3 Sistema de alimentación

Como el prototipo esta conformado por varios componentes que le permiten cumplir con su tarea, se decidió por utilizar dos baterías a 12V, con una diferencia en su carga. La batería que proporciona 7 Amperios Hora, es la encargada de suministrar la energía para el motor de la tracción trasera y de accionar la bomba de agua universal para colocar la marca en la zona sospechosa. Mientras que la otra batería que proporciona 4 Amperios Hora entrega la alimentación para el motor que orienta la carrocería hacia cualquier dirección, esta también brinda energía al detector de metales, luces, cámara, circuito de recepción de comandos y al dispositivo más importante encargado de efectuar cualquier tarea, el cerebro de operación del prototipo que es el microcontrolador.

5.4.4 Distribución del móvil

Gracias a que el tamaño del móvil es considerable y presta suficiente espacio para ubicar cada uno de los dispositivos cómodamente, con la Figura 39 se muestra cada uno de los campos donde se adecuaron los componentes.

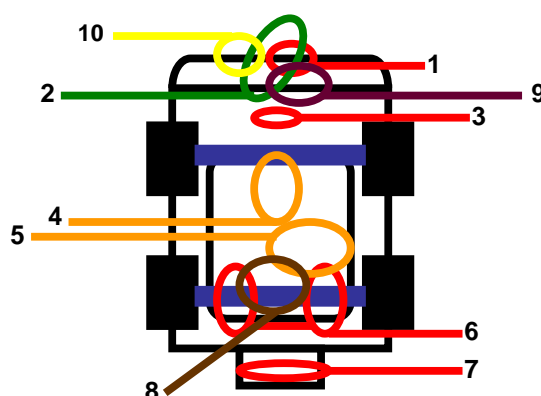


Figura 39. Vista superior de la ubicación de los dispositivos del prototipo.

NRO. CAMPO	DISPOSITIVO
1	Orificio que suministra el líquido para marcar zona
2	Sistema electrónico detector de metales.
3	Cámara inalámbrica espía.
4	Motor de direccionamiento.
5	Motor propulsión trasera.
6	Baterías 12V.
7	Bomba de agua.
8	Sistema central de operación.
9	Parlante que emite señal audible cuando se detecta un metal.
10	Luz bicolor que demuestra visualmente la detección de un objeto metálico al teleoperador en el control de mando.

Tabla 6. Distribución de los dispositivos en el prototipo.

5.4.5 Sistema robótico

Con el fin de que el prototipo acatara las tareas pedidas por el teleoperador, su sistema robótico esta conformado por un sistema central de operación, compuesto por un microcontrolador, encargado de recibir, procesar y emitir cada uno de los comandos de desplazamiento para generar la correspondiente señal de control que permita a los motores ponerse en funcionamiento, orientando la trayectoria del móvil por el terreno a desplazarse.

Este sistema central además lo conforman el diseño de un puente H, para cada motor, un sistema de recepción de comandos, una fuente de regulación de voltaje que suministra la energía necesaria para el funcionamiento de la cámara, un sistema electrónico que habilita la bomba de agua para colocar la marca y un sistema de detección de metales. Todos estos dispositivos se lograron poner en funcionamiento gracias a la energía que brindan dos baterías de 12V a 7 y 4 Amperios Hora.

5.4.6 Locomoción

Para desplazarse sobre superficies sólidas, los móviles pueden ser construidos sobre ruedas, cadenas o patas. Pero debido a que los vehículos de ruedas son los que más prestaciones ofrecen en su diseño y en el transporte de carga, esta es la base del prototipo a desplazar.

En el sistema de locomoción se fijaron los movimientos que tendrían que efectuar los motores frente a cada comando. Por ejemplo el motor encargado de la propulsión trasera siempre se movería constantemente hacia adelante en la mayoría de las ordenes menos en la reversa lo que lo obliga a cambiar su rotación. Mientras que el motor encargado de la dirección tendría que tener especial cuidado en el cambio de su polaridad, en el tiempo y el grado del giro a emplearse para no dañar el mecanismo que se diseñó, con el cual se pretende mover la barra estabilizadora que une a las dos ruedas delanteras, inclinándolas hacia la dirección requerida y a la vez contara con la posibilidad de volver a una posición frontal cuando el comando de desplazamiento fuera totalmente diferente a el de girar.

5.4.7 Sistema de tracción

Entre los diferentes tipos de tracciones que en la realidad se aplican a cualquier móvil y al tipo de estructura que la carrocería posee, se decidió por optar que la potencia del motor se debería apoyar en las ruedas traseras para ponerlo en marcha. Mientras que las ruedas delanteras dan dirección, así como también soportan la parte frontal del conjunto. Ya que no había manera de separar las llantas traseras o delanteras una de otra sin estropear la carrocería como tal.

Como se acordó que la propulsión del móvil sería por las ruedas traseras, las ruedas delanteras serán útiles para fijar la trayectoria a recorrer. Es por esta razón que el tipo de estructura escogido fue coche, como se muestra en la Figura 40.

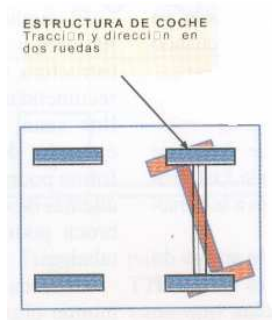


Figura 40. Tracción del móvil, coche. [MICR2003]

5.5 INSTALACIÓN Y CONTROL DE MOTORES DEL PROTOTIPO

Debido a que el móvil tiene una estructura tipo coche, donde sus ruedas delanteras y traseras están unidas entre sí por una varilla estabilizadora, se tuvo que instalar los motores en el chasis teniendo en cuenta que uno sería para dar dirección y el otro para impulsar el prototipo.

Para el mecanismo de tracción trasera, se tuvo que utilizar una cadena de bicicleta y un piñón que fue soldado en la varilla que une a las dos ruedas, para brindar la fuerza necesaria para desplazar el peso del carro con sus componentes sobre la superficie, como se muestra en la Figura 41.

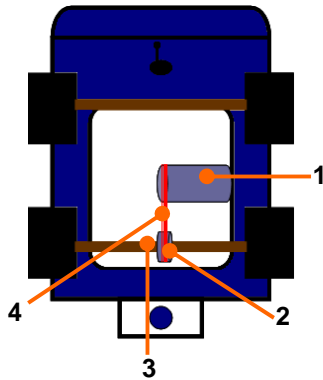


Figura 41. Vista desde la superficie del mecanismo de tracción trasera.

NRO. CAMPO	COMPONENTE
1	Motor propulsión trasera.
2	Piñón.
3	Varilla estabilizadora.
4	Cadena de bicicleta.

Tabla 7. Partes del mecanismo de tracción trasera.

El sistema de direccionamiento encargado de dar rumbo y trayectoria, se adecuó a unos cuantos centímetros del centro de la varilla estabilizadora de plástico de las dos ruedas delanteras, de tal manera que con 2 tornillos adecuados en la varilla y en el sistema de engranajes que poseía el motor, se jalará la varilla con hilos de nylon mediante la fuerza generada por el giro del motor, causando la inclinación de las llantas. La Figura 42 puede ser un ejemplo gráfico que puede dar una idea de esta solución.

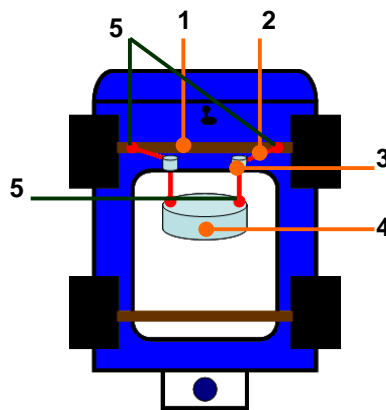


Figura 42. Vista desde la superficie del sistema de direccionamiento.

NRO. CAMPO	COMPONENTE
1	Varilla estabilizadora.
2	Hilo de nylon.
3	Poleas deslizantes.
4	Motor de direccionamiento.
5	Tornillos de agarre de los hilos de nylon.

Tabla 8. Partes que conforman el sistema de direccionamiento.

Una vez fueron instalados los motores en la carrocería del móvil, que proporciona el movimiento frontal y de direccionamiento, se tuvo que implementar un mecanismo electrónico que permitiera alimentar, desconectar y cambiar el sentido de giro de los motores, según la tarea a ejecutar. Para ello se tuvo que diseñar un circuito electrónico, conocido como puente H, el cual tiene como objetivo conmutar la polarización de cualquier fuente de energía y con ello contribuir con el manejo de pequeñas o grandes cantidades de corriente, para poner en funcionamiento los dispositivos electromecánicos del carro. Como se muestra en la Figura 43.

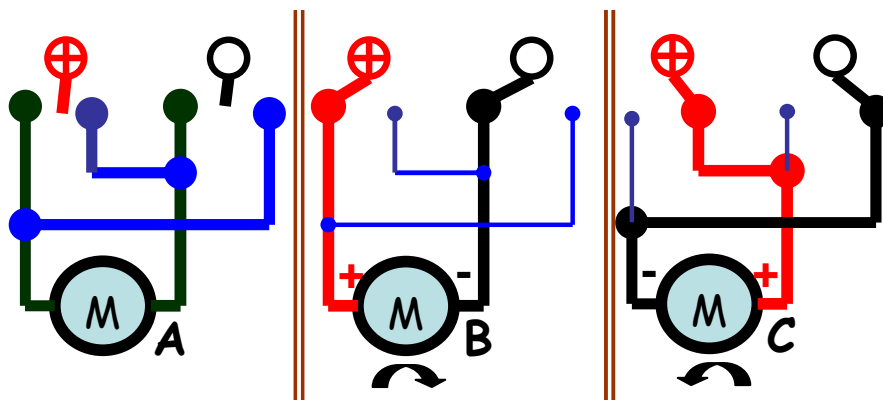


Figura 43. Funcionamiento de conmutación que realiza un puente H; A – Motor estático; B – Motor gira hacia la derecha; C – Motor gira hacia la izquierda. [OLMO1998]

5.5.1 Control motor tracción trasera del móvil

Para poner en movimiento el motor según las disposiciones hechas por el teleoperador hacia algunas de las direcciones (Adelante, Atrás, Derecha o

Izquierda). Se programó el microcontrolador para que generara señales de control, como las mostradas en la tabla 9.

ENTRADAS		FUNCIONES
V Enable = H	IN_1 = H, IN_2 = L	ADELANTE
	IN_1 = L, IN_2 = H	REVERSA
	IN_1 = IN_2	DETENER
V Enable = L	IN_1 = X, IN_2 = X	MOTOR SIN CONTROL

Tabla 9. Señales de control para determinar el sentido de giro del motor y del desplazamiento del móvil.

Con la utilización de estas señales de control y la implementación de un puente H en discreto como el de la Figura 44, se puso en marcha el servomotor principal encargado de la tracción trasera del carro. El cual se activa para los cuatro principales comandos de desplazamiento, puesto que es este, el que brinda la fuerza para desplazar el prototipo sobre el suelo.

Este servomotor es bidireccional de corriente directa, lo que permite cambiar su polaridad al tiempo que cambia su dirección o el sentido en que gira. Para cubrir la energía con la cual se alimenta se decidió por utilizar una batería de 12V a 7 amperios hora, que es de gran utilidad puesto que el motor cuando está en funcionamiento consume un máximo de corriente de 4 amperios, pero en su arranque consume más de un pico de corriente de 16 amperios, lo que llevó a realizar un estudio detallado de las especificaciones técnicas de los componentes del puente H a utilizar, debido a las alta corriente y voltaje que tiene que manejar este circuito sin que sufra recalentamiento o daño alguno mientras está en funcionamiento.

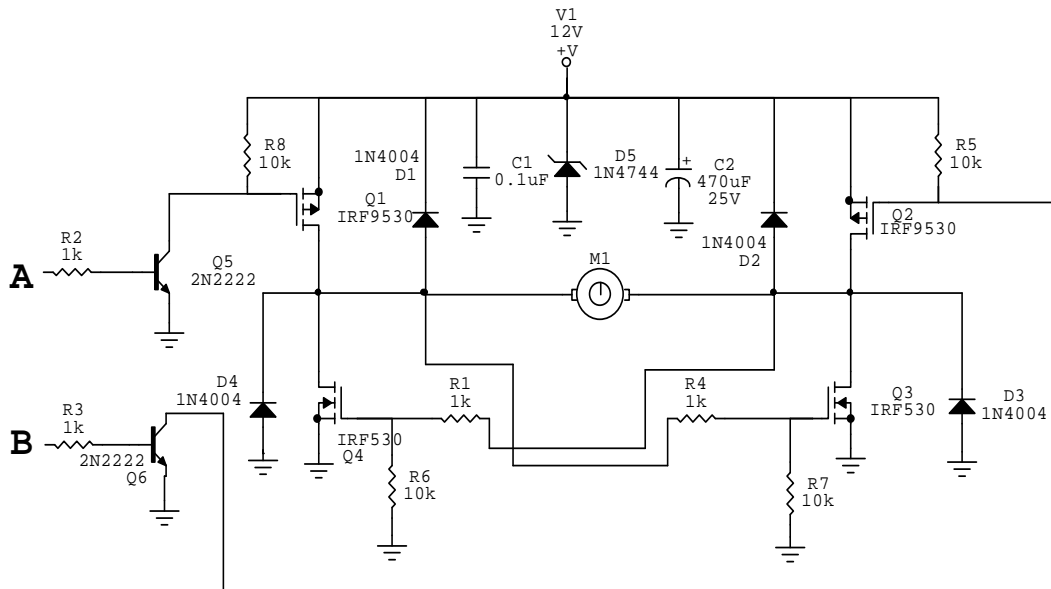


Figura 44. Diagrama puente H discreto desarrollado con Transistores de Efecto de Campo de Unión Metal Óxido Semiconductor. [TUTO2005]

Con el fin de satisfacer las necesidades ya descritas, generadas por la alimentación y arranque del motor. Se tuvo que usar el juego de MOSFETS IRF530 que soporta hasta 100V y 14 amperios y su complementario IRF9530 que soporta hasta 100V y 12 amperios. Pero como solo cumplían con los requisitos del rango permitido de voltaje y no de corriente, se tuvo que añadir al circuito de la Figura 40, una configuración en paralelo para los MOSFETS.

Con la adecuación de este circuito por medio de la división de flujo de corriente que logra la utilización de estos MOSFETS en paralelo, se puede soportar corrientes hasta de 20 amperios mucho más elevada a la requerida de 16 amperios. El circuito resultante después de ser sometido a varias adecuaciones es el mostrado en la Figura 45.

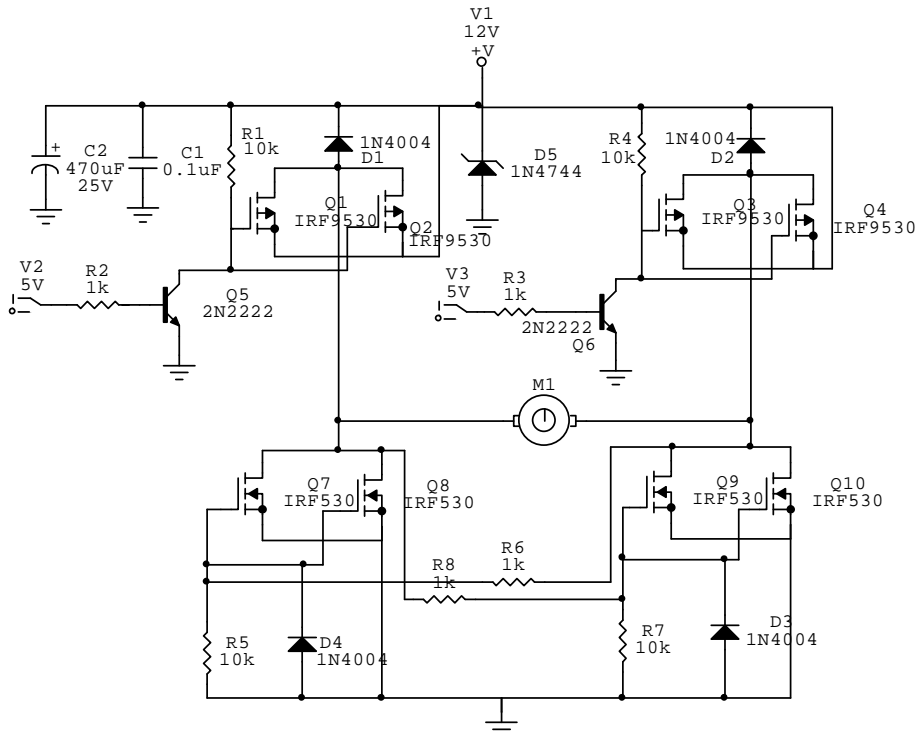


Figura 45. Diagrama puente H discreto desarrollado con MOSFETS, configurados en paralelo.

5.5.2 Funcionamiento del puente h

Como el motor debe ser polarizado para entrar en funcionamiento, el puente H está compuesto por varios MOSFETS que funcionan controlando el flujo de corriente a través del drain por medio del voltaje en el gate, en el instante en el que los transistores 2N2222 son activados desde su base por una señal de control que es emitida por el microcontrolador.

Una vez que los transistores son habilitados se pueden desencadenar varios modos de operación que influyen directamente en el sentido de giro del motor, como los son:

- Estático: Aplica cuando se habilitan los transistores con las señales de control $V2=0$ y $V3=0$, esto ocasiona que los gate de los MOSFETS IRF9530 se levanten y no permitan ningún flujo de corriente sobre el drain. [DISE2007]
- Reversa: Se da cuando se aplican las señales de control $V2=0$ y $V3=1$, esto hace que Q5, Q1 y Q2 se apaguen, mientras que Q6 cambia por el voltaje

en su base ocasionando que los gates de los Q3 y Q4 caigan a tierra y su drain deje pasar 12V. [DISE2007]

La resistencia R6 que se encuentra conectada con Q3 y Q4 ocasiona que Q7 y Q8 envíen el motor a tierra, por el contrario Q9 y Q10 se apaguen. [DISE2007]

- Frente: Las señales de control aplicadas son $V2=1$ y $V3=0$, esto hace que Q6, Q3 y Q4, mientras que Q5 cambia por el voltaje en su base ocasionando que los gates de los Q1 y Q2 caigan a tierra y su drain deje pasar 12V. [DISE2007]

La resistencia R8 que se encuentra conectada con Q1 y Q2 ocasiona que Q9 y Q10 envíen el motor a tierra, por el contrario Q7 y Q8 se apaguen. [DISE2007]

- Sin control: Estado en el que las señales de control pasan a ser $V2=1$ y $V3=1$, en este modo de operación se activan los dos flujos de corriente al mismo tiempo, produciendo un corto circuito lo cual se considera un estado prohibido y no recomendado, debido a la alta carga que suministra la fuente de alimentación producida por la batería. [DISE2007]

Como medidas de protección para salvaguardar los componentes del puente H, ante cualquier corriente inversa que se genere desde el motor hacia el circuito, se usaron los diodos 1N4004. También se utilizaron los condensadores de 0.1 μF y 470 μF para reducir el ruido eléctrico generado por el motor al cambiar su rotación. [DISE2007]

5.5.3 Sistema mecánico de dirección del móvil

Al igual que el motor encargado de suministrar el movimiento a las ruedas traseras del carro, el motor que tiene como misión direccionar la trayectoria del móvil, debe cumplir con las mismas señales de control para activarse por medio del otro puente H, que conserva los mismos dispositivos de operación.

Aunque el motor es mucho más pequeño comparado con el que brinda el impulso para que la carrocería del carro pueda desplazarse, se decidió por implementar el mismo puente H, puesto que según pruebas realizadas sin usar la configuración en paralelo de los MOSFETS, los componentes sufrían un recalentamiento y se corría con la posibilidad de que el circuito se dañara totalmente. A esto se suma que como su tarea es precisamente la de dar dirección al móvil tiene que mover una barra estabilizadora que une a las dos ruedas delanteras, como se muestra en la Figura 46. Lo cual requiere de fuerza.

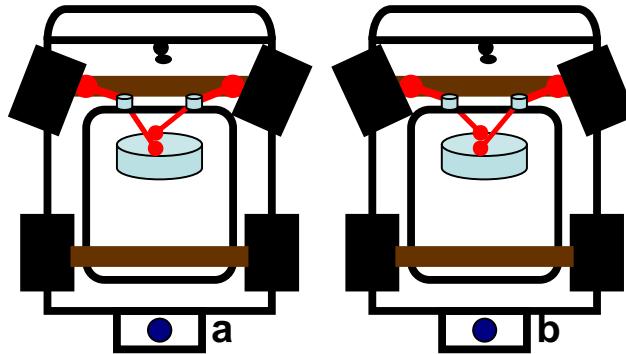


Figura 46. Funcionamiento del sistema de dirección; a – Dirección hacia la derecha; b – Dirección hacia la izquierda.

Como se puede observar con la descripción gráfica de la Figura 46, cuando el móvil recibe la señal de enfilar su rumbo hacia la derecha el motor tiene que girar unos cuantos grados de derecha hacia izquierda. Por el contrario cuando se recibe la orden de seguir su recorrido a la izquierda, el sistema tiene que girar de izquierda a derecha. En los dos casos este procedimiento tiene como finalidad jalar los hilos de nylon para inclinar las ruedas hacia la dirección deseada.

Para cuando el teleoperador quiere ya sea avanzar o retroceder, el motor debe de volver a su estado inicial, que es precisamente donde no se produce ningún tipo de fuerza sobre la varilla y por ende las ruedas toman una posición frontal.

5.6 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE DETECCIÓN DE METALES

Como el objetivo de la construcción de este prototipo de robot teleoperado por computadora es el de detectar objetos construidos con metal en terrenos peligrosos, se estudió la forma en que el móvil una vez detectara la zona sospechosa, el sistema de búsqueda este en la capacidad de marcar el terreno. Para ello, se utiliza un sistema compuesto por dos partes:

- Módulo detector de metales.
- Circuito de alarma y marcado de la zona.

A continuación se explicará por separado los mecanismos que conforman el sistema de detección de metales.

5.6.1 Detector de objetos bélicos construidos con metal

A pesar de que el aparato elegido no cuenta con un amplio rango de detección, es de gran utilidad en la búsqueda de cualquier tipo de metal, cuestión por la que fue empleado en la localización de artefactos bélicos, al ser instalado en la parte delantera del prototipo para que a medida que este avanza, el sistema efectúe un sondeo constante para cuando se halle la zona sospechosa, se active el mecanismo de alarma del aparato y del móvil para colocar la marca.

Para que este mecanismo funcione en el momento que el sistema electrónico capta alguna señal procedente de un metal, se tuvo que estudiar detalladamente el esquema del circuito en baquela del aparato detector para suministrar una respuesta correcta al microcontrolador del carro, para que este entrara en funcionamiento.

En la Figura 47, se puede observar el aparato detector de metales instalado en el carro y además la linterna con que cuenta el sistema para realizar exploraciones en terrenos que cuenten con poca visibilidad, la cual puede ser activada desde el centro de teleoperación si el usuario lo desea.



Figura 47. Imagen del sistema electrónico de detección de metales, instalado en la parte frontal del prototipo.

Su mecanismo de funcionamiento consta de una bobina primaria para aplicar un campo magnético y una bobina secundaria para la detección. Sobre la bobina primaria se aplica una corriente eléctrica alterna, la cual produce un campo magnético variable que llega hasta el material a detectar, produciendo un fenómeno físico conocido como fuerzas electromotrices, descritas por la ley de Lenz-Faraday.

Si el material a detectar no es conductor no pasará gran cosa, pero si es un metal la fuerza electromotriz producirá corrientes eléctricas dentro del material, que inducirán campos magnéticos variables que son detectables en la bobina secundaria del detector de metales. Estas corrientes que participan en este fenómeno hacen parte de los estudios realizados por Foucault.

5.6.2 Localización de la zona sospechosa desde el centro de teleoperación

Cuando el detector de objetos advierte de la presencia de algún tipo de metal, el microcontrolador como respuesta a este dispositivo, activa una señal audible y visual por medio de un LED bicolor, que gracias a las prestaciones de video y audio que ofrece la cámara inalámbrica a la distancia, el teleoperador puede percibir cualquier cambio visual o auditivo que se presente en el control de mando con que cuenta el PC. A la vez que estas señales son activadas, automáticamente entra en funcionamiento un circuito electrónico, como el mostrado en la Figura 48, que enciende una bomba de agua para parabrisas de carro, con la cual se rocía el terreno con un líquido visible para que se pueda identificar desde el entorno de teleoperación la zona insegura.

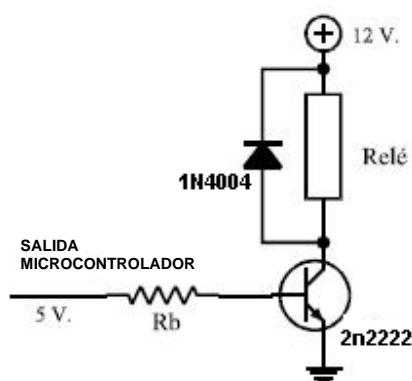


Figura 48. Circuito habilitador de la bomba de agua para colocar la marca.
[PICM2007]

Con este circuito se logró habilitar la bomba de agua que funciona a 12V, en el instante en que el PIC suministra los 5V con los que se puede activar el relé que conmuta el contacto móvil hacia el fijo, el cual se encuentra conectada la batería que proporciona la energía necesaria a la bomba.

En la Figura 49, se puede observar la ubicación de estos elementos en el prototipo.

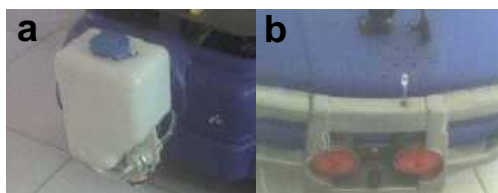


Figura 49. Equipo de localización de objetos; a – Bomba de agua; b – Llave de riego del líquido.

6. PRUEBAS Y RESULTADOS

Detector de metales sometido a pruebas

Como el detector de metales se ubico en la parte frontal de la carrocería del móvil, a una altura de 6 Cm. del suelo, para realizar la exploración del terreno sospechoso. Se realizaron varias pruebas con el fin de demostrar la confiabilidad de este dispositivo, cuando se emplea para detectar objetos de metal.

TIPO DE OBJETO	No. PRUEBAS	No. ACIERTOS	No. DESACIERTOS
Moneda	20	5	15
Lamina de 0.5 centímetros de espesor	10	10	0
Cuchillo	10	10	0
Bala de Arma	20	15	5
Casquete de bala de canon de 40 mm.	10	10	0

Tabla 10. Sometimiento a prueba del detector de metales, con varios objetos de metal.

Se tuvo como respuesta a estas pruebas que para determinados objetos que tienen un espesor menor de 0.3 milímetros, es un poco difícil para ser detectados y mas aun si se encuentran en terrenos que tengan un alto porcentaje de hierba o pasto.

También hay que tener especial cuidado al realizar búsquedas que tengan un pasto muy largo y húmedo, porque puede dañar el mecanismo electrónico de detección.

Pruebas de desplazamiento en diferentes tipos de terreno

Se buscaron diferentes tipos de terrenos en los cuales se probó el mecanismo de desplazamiento del prototipo, que a la vez permitiera al chasis y al detector de metales seguir su desplazamiento sin estropearse.

TIPO DE TERRENO	LOCOMOCION		
	MALA	REGULAR	BUENA
Pastoso plano			X
Pastoso con deformidades		X	
Calzada destapada			X
Suelo rocoso		X	
Suelos con inclinaciones inferiores a 20 grados			X
Suelos con inclinaciones superiores a 20 grados	X		

Tabla 11. Prueba del sistema de locomoción del prototipo en varias clases de suelo.

Se concluyo que el prototipo debido a su estilo deportivo de poca altura con respecto al suelo no puede escalar grandes terrenos con pendientes superiores a 20 grados. Además por esta característica limitante puede estropear el detector de metales al tratar de subir algún terreno empinado.

Rango de alcance de la transmisión de comandos y video

DISTANCIA	RECEPCION			
	ESPACIOS CERRADOS		INTERPERIE	
	MALA	BUENA	MALA	BUENA
Señal de video y datos transmitiendo a una distancia de 20 metros.		X		X
Señal de video y datos transmitiendo a una distancia de 50 metros.		X		X
Señal de video y datos transmitiendo a una distancia de más 70 metros.	X			X
Señal de video y datos transmitiendo a una distancia de 100 metros.	X			X
Señal de video y datos transmitiendo a una distancia hasta 120 metros.	X		X	

Tabla 12. Transmisión de datos e imágenes a diferentes longitudes.

Se comprobó las especificaciones de alcance con que cuenta los módulos TLP434, RLP434 y la cámara inalámbrica espía. Aun cuando se excede los límites de transferencia de datos e imágenes el prototipo no capta ningún comando erróneo en el caso de la recepción de códigos de desplazamiento, mientras que la señal de video que lleva al centro de teleoperación alcanza a deformarse, perdiendo colorido.

7. METODOLOGÍA

La planificación que se realizó para este proyecto de grado, fue dividir todo el trabajo en fases de acuerdo al objetivo a alcanzar y a la función a desempeñar. En el desarrollo de estas fases se tuvo que cumplir con una serie de etapas que fueron descritas por los siguientes pasos:

- Descomponer las fases del proyecto en actividades y tareas.
- Estimar el tiempo que se debe dedicar al desarrollo de cada tarea.
- Establecer que dependencias pueden surgir o existir entre las diferentes tareas.
- Estimar el costo de cada tarea tanto en tiempo como en recursos.
- Asignar los recursos a cada tarea.

A continuación se presenta cada una de las fases que se tuvieron en cuenta en la construcción del prototipo, para posteriormente ofrecer una descripción de las mismas.

1. Creación del entorno de teleoperación con que cuenta el usuario, para dirigir y monitorear los desplazamientos del móvil.
2. Implementar un sistema de transmisión inalámbrica por radio frecuencia, que permita accionar los movimientos del prototipo a la distancia.
3. Diseño y construcción de los aspectos tanto técnicos como mecánicos con que debe contar el móvil, para cumplir a cabalidad con su tarea.
4. Monitoreo de la trayectoria a seguir por el carro desde el centro de teleoperación.
5. Implementar un sistema electrónico que permita detectar, localizar y ofrecer una respuesta ante la detección de un objeto construido con metal.

Cada una de estas fases fueron desglosadas en varias actividades, que se debían de desarrollar para continuar con la siguiente etapa, puesto que la siguiente dependía de una anterior y era necesaria para proseguir con la solución del problema.

Las actividades establecidas para cada fase fueron:

1. Creación del entorno de teleoperación con que cuenta el usuario, para dirigir y monitorear los desplazamientos del móvil.
 - Investigar los diferentes entornos gráficos y de programación para teleoperar el móvil desde el PC.
 - Diseñar una aplicación para Windows, para adecuarla como control de manipulación del prototipo.
 - Generar los comandos de desplazamiento a transmitir por RF.
 - Conocer la configuración de los pines del puerto paralelo, para sacar datos.
 - Escoger el software necesario para recibir y proyectar las imágenes transmitidas desde el móvil

2. Implementar un sistema de transmisión inalámbrica por radio frecuencia, que permita accionar los movimientos del prototipo a la distancia.
 - Investigar y estudiar las características de los módulos de Tx y Rx, que se utilizarán en la transmisión de datos.
 - Realizar pruebas de transmisión de comandos.
 - Implementar el circuito electrónico con el cual se pueda enviar y recibir los comandos, para que el microcontrolador los pueda procesar y generar la señal de movimiento adecuada.

3. Diseño y construcción de los aspectos tanto técnicos como mecánicos con que debe contar el móvil, para cumplir a cabalidad con su tarea.
 - Conocer e investigar sobre los diferentes tipos de robots.
 - Buscar el tipo de ruedas y chasis que puedan ser de gran utilidad en los desplazamientos.
 - Tener en cuenta la distribución y peso del diseño del carro, para tener una mejor maniobrabilidad en cualquier tipo de terreno.
 - Realizar un estudio sobre la potencia y energía necesaria para desplazar el móvil.
 - Adecuar los sistemas electrónicos, mecánicos y de alimentación para que el móvil pueda cumplir su cometido

4. Monitoreo de la trayectoria a seguir por el carro desde el centro de teleoperación.

- Buscar una cámara lo más pequeña posible, para adaptarla al prototipo.
 - investigar un sistema de vigilancia que tenga las mejores prestaciones en cuestión de calidad de video y sonido, con respecto a un precio cómodo.
 - Instalar la cámara en el prototipo, para suministrar la energía necesaria para su funcionamiento.
- 5.** Implementar un sistema electrónico que permita detectar, localizar y ofrecer una respuesta ante la detección de un objeto construido con metal.
- Implementar un sistema electrónico que permite detectar superficialmente objetos fabricadas con metal.
 - Identificar cuando se detecta un artefacto para colocar una marca sobre este.
 - Buscar la mejor respuesta que se pueda activar, cuando se detecta un metal, para poner en sobre aviso a su teleoperador.

8. RECURSOS

Para poner en funcionamiento este proyecto de grado, es de vital importancia contar con un PC que cuente con puerto paralelo integrado. Su sistema operativo debe ser Windows 98, 2000, XP o Vista y tiene que tener instalado Visual Basic.Net en el disco duro. Además para recibir la señal de video debe de contar con una tarjeta capturadota de video ya sea externa o integrada.

El prototipo esta conformado por una cámara inalámbrica de video, motor de propulsión trasera, motor de direccionamiento, módulos de radio frecuencia de transmisión y recepción de comandos, dos baterías de 12V a 7 y 4 Amperios Hora, bomba de agua para parabrisas, PIC16f877a como mecanismo de procesamiento y control de las acciones a realizar.

En la adecuación de cada uno de estos componentes en el móvil, la estructura utilizada fue el de un coche de 31 Cm de altura y 71 Cm de largo por 41 Cm de ancho. Espacio que contribuyo a la instalación adecuada de todos los dispositivos.

9. PROSPECTIVA

Este proyecto puede ser implementado por estudiantes de esta institución o por organismos de defensa y seguridad nacional, para que además de detectar aquellos artefactos hechos de metal, el prototipo este en la capacidad de detonarlos o desactivarlos sin causar ningún daño a alguna persona y a la estructura mecánica del prototipo.

Además este proyecto de grado también puede evolucionar hacia el campo de detección de minas antipersona en el territorio colombiano, incluyendo un sistema electrónico que este en la capacidad de detectar químicos o explosivos, puesto que la fabricación de estas minas se compone de materiales plásticos y mezclas químicas, que para un sistema que detecte solo metales le es imposible percatarse de la existencia de estos elementos.

10. CONCLUSIONES

El proyecto aquí presentado, a pesar de ser un prototipo que no cuenta con dispositivos de alta tecnología, como otros mecanismos diseñados en el exterior, posee los mismos límites y alcances de operación.

Este prototipo puede ser utilizado en diferentes tipos de aplicaciones, en las que el ser humano este arriesgado a lastimarse, perder su vida o también en situaciones de reconocimiento de terrenos y búsqueda de objetos en lugares de difícil acceso para el hombre.

En la construcción de este móvil se comprendió la importancia que en la actualidad toda máquina que es construida para un fin, debe estar compuesta por un software el cual puede brindarle la inteligencia necesaria para que dependiendo el tipo de hardware pueda lograr su cometido.

En la manipulación del móvil es de gran utilidad el uso de un computador personal, porque además de ser el centro principal de teleoperación, puede agregarse otros parámetros para complementar su funcionamiento, como controlarlo por medio de Internet, grabar y tomar imágenes para que otras personas en la red puedan hacerse partícipes de la tarea que el móvil esta desempeñando.

Dependiendo del costo y de la tecnología empleada de los dispositivos, el prototipo puede mejorar notablemente su rango y modo de operación para que pueda seguir en su proceso de evolución.

En muchos proyectos que se pueden desarrollar en el ámbito de la electrónica, no se pueden llevar a buen término porque en Colombia no se encuentran los componentes que en Internet se investigan, por lo que se debe o importar el producto o buscar la manera de que los recursos que se consiguen fácilmente se adecuen a las intenciones del diseñador.

Se conoció la importancia que puede resultar la fusión de la rama de la ingeniería con el campo de la mecánica, con las cuales se pueden construir mecanismos interesantes y sofisticados que resuelvan problemas o inconvenientes de la vida real.

Se pueden construir modelos a una escala real, como por ejemplo la utilización de carros para implementarlos hacia nuevas tecnologías, con el fin de que construida

ya una parte mecánica, se puede brindar una autonomía para que sea capaz de realizar una tarea no común a la que vienen desempeñando.

La utilización de encapsulados programables es de gran importancia en la solución de problemas reales, debido a que al usuario puede programarlos a su antojo pueden ahorrar una buena suma de dinero al no montar y comprar otros dispositivos electrónicos.

Las comunicaciones inalámbricas son de vital importancia en la elaboración de nuevos sistemas electrónicos, ya que permiten un mayor grado de privacidad al ser encriptadas y no tienen otras ventajas de mecanismos alámbricos.

En el manejo de corrientes muy altas se debe tener especial cuidado en la conexión de la alimentación puesto que es fatal realizar cortos para el correcto funcionamiento del móvil.

Al emplear componentes de tipo industrial, como es el caso del motor DC, que brinda la energía necesaria para desplazar el móvil, se hace necesario construir un sistema electrónico que este en la capacidad de dar buen manejo a la corriente que polarizará el motor sin que este sistema se sobrecaliente.

Para el buen desarrollo de este proyecto de grado se hace necesario mantener un buen cableado y una buena referencia de los mismos, puesto que conexiones de cables en conectores que no le corresponden no permitirán el buen desempeño del móvil.

Se hace necesario que sistemas de teleoperación, cuenten con claves de acceso para que personas ajenas al tema no tengan total libertad para manejar al carro sin consentimiento de sus fabricantes y así prevenir daños futuros a causa de un mal manejo.

11. GLOSARIO

AM: la modulación de amplitud consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora. [ELEC2007]

ANTENA: es un dispositivo capaz de emitir o recibir ondas de radio. [ELEC2007]

API DE WINDOWS: (application Programming Interface) es un conjunto de funciones residentes en bibliotecas, que permiten que una aplicación corra bajo el sistema operativo Windows. [ELEC2007]

ASK: (amplitude-shift keying) es una modulación por desplazamiento de amplitud, para representar datos digitales. [ELEC2007]

CODIFICADOR: es un dispositivo lógico que recibe información por su entrada y la traduce a un código. [ELEC2007]

COMANDOS: instrucción que se le envía a un sistema para que éste realice una determinada tarea. [ELEC2007]

CRISTAL: es un oscilador para una determinada frecuencia. [ELEC2007]

EJE: es un elemento de máquina, que se emplea como soporte de piezas giratorias pero no transmite ningún esfuerzo de torsión. [ELEC2007]

ENGRANAJES: ruedas dentadas que se utilizan para multiplicar o demultiplicar la fuerza o velocidad de giro de una rueda u objeto en particular. [ELEC2007]

LOCOMOCIÓN: este término se refiere a la forma del desplazamiento sobre cualquier superficie sólida. [ELEC2007]

MICROCONTROLADOR: circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de un ordenador: CPU, Memoria y Unidades de E/S. [ELEC2007]

MODULACIÓN: la modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje. [ELEC2007]

MÓDULO: es una unidad compacta con unas funciones definidas de fábrica. [ELEC2007]

POTENCIA: la velocidad con la que se consume o suministra energía de un sistema. [ELEC2007]

PROTOTIPO: es una máquina en pruebas, diseñada para una demostración de cualquier tipo. [ELEC2007]

PUENTE H: es una interfaz que se considera como un sistema de conmutación controlado por dos señales digitales de baja potencia. [ELEC2007]

PUERTO PARALELO: es una interface entre un ordenador y un periférico cuya principal característica es que los bits de datos se envían juntos. [ELEC2007]

RADIO FRECUENCIA (RF): este término se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena. [ELEC2007]

RECEPTOR: encargado de recibir la información que previamente se le ha enviado. [ELEC2007]

ROBOT: dispositivo mecánico que puede programarse para desempeñar gran variedad de tareas automáticamente. [ELEC2007]

SEÑAL DIGITAL: se dice que una señal es digital cuando las magnitudes de la misma se representan mediante valores discretos en lugar de valores continuas. [ELEC2007]

SERVOMOTOR: es un motor eléctrico de precisión en el que se pueden controlar su velocidad y posición. [ELEC2007]

TELEOPERADO: sistema que permite controlar los movimientos de un robot y supervisar las tareas a realizar. [ELEC2007]

TRANSMISOR: encargado de enviar información para establecer una comunicación. [ELEC2007]

12. BIBLIOGRAFÍA

12.1 Referencias Bibliográficas

[FUQU2000] FUQUIN, Xiong. Digital Modulation Techniques. Artech House, 2000.

[HAYK1994] HAYKIN, Simon. Digital Communication. John Wiley & Sons, 1994.

[DISE2007] Diseño e implementación de sillas de ruedas controlada por comandos de voz. José Arturo Vega Lozada, FUSM 2007.

HAYK1994] ANDREW S. TANENBAUM. Redes de computadoras. Pearson Educación.

12.2 Referencias de Internet

[BOLI2006] Módulos ASK TLPS-434 y RLP-434.
<http://www.bolivar.udo.edu.ve/microinternet/articulos/Control%20Remoto%20RF%20455Mhz/Control%20Remoto%20RF%20433Mhz.htm>
(Navegada Agosto de 2007).

[OLMO1998] Funcionamiento del Puente H.
<http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/ascensor/ascensor.htm>
(Navegada Agosto de 2008).

[TRIT2002] Sistema de Exploración de Ambientes Exteriores para la detección de objetos metálicos "Detek".
<http://triton.javeriana.edu.co/carrera/tgrado/2002-1/Detek.pdf>
(Navegada Septiembre de 2008).

[ALUM2007] Driver Puente H.
<http://alumnos.elo.utfsm.cl/~cleon/info/CELER/COelectronica.pdf>
(Navegada Septiembre de 2007).

[UMNG2005] Sistemas Roboticos Teleoperados.
http://www.umng.edu.co/www/resources/r15_05.pdf
(Navegada Septiembre de 2008).

[ELEC2000] Diccionario Electrónico.
<http://www.electronica2000.com/buscador/buscahtml.cgi>
(Navegada Abril de 2008).

[PICM2007] Funcionamiento del relé.
http://picmania.garcia-cuervo.com/electronica_basica.php/
(Navegada Agosto de 2008).

[LANE2006] Esquema de configuracion puertoparalelo.
<http://www.laneros.com/showthread.php?t=74739>
(Navegada Agosto de 2007).

[ELEC2007] Diccionario de electrónica.
http://www.electronica2000.com/dic_elec/principal.htm
(Navegada Agosto de 2007).

[TEXT2005] ASK – Desplazamiento de amplitud.
<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask>
(Navegada abril de 2008).

[MICRO2003] MICROCONTROLADORES EN ROBÓTICA MÓVIL.
<http://bibliotecna.upc.edu/.../arxiu/67/web/annexes/presentacions/MICROCONTROLADORES%20EN%20ROBTICA%20MVIL.ppt>
(Navegada Julio de 2007).

[DEEP2008] Sistemas de detección de metales.
http://www.deepers.com/spanish/la_detección_de_metales_profundos.htm
(Navegada septiembre de 2008).

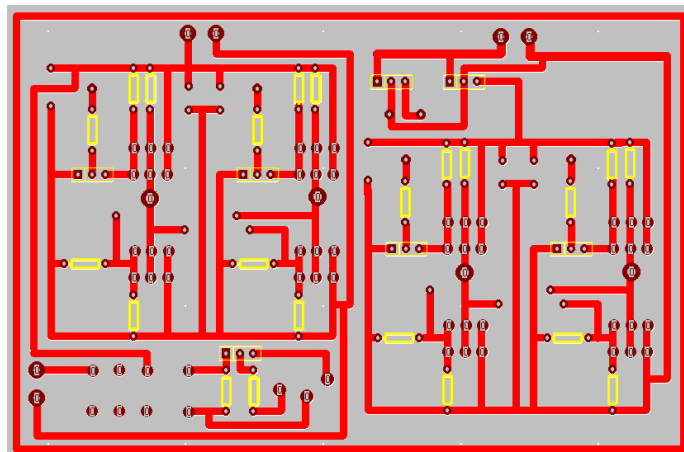
[ALLD2000] HOLTEK, Datasheet Codificador HT12E.
<http://www.alldatasheet.com>
(Navegada Octubre de 2008).

[ALLD1999] HOLTEK, Datasheet Decodificador HT12D.
<http://www.alldatasheet.com>
(Navegada Octubre de 2008).

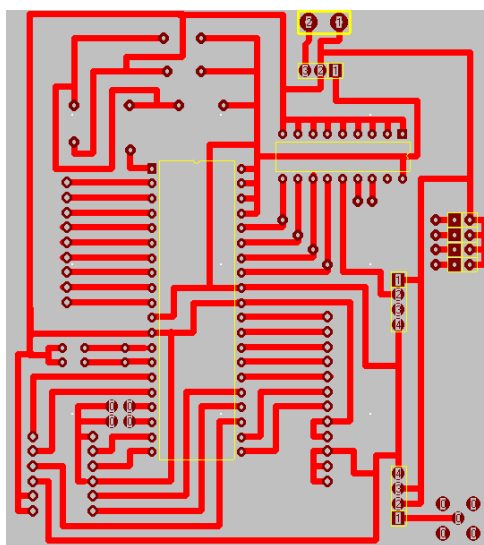
13. ANEXOS

CIRCUITOS IMPRESOS DE POLARIZACIÓN, RECEPCIÓN DE COMANDOS Y CONTROL DE MOTORES.

Circuito Impreso Puentes H, para activar motor propulsión trasera y motor direccionamiento.



Impreso polarización PIC16f877a y circuito receptor de comandos de desplazamiento.



**PROTOTIPO DE ROBOT TELEOPERADO POR COMPUTADORA, PARA
DETECTAR OBJETOS DE METAL EN CAMPOS DE GUERRA**

