

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

Edson Joseph Guerrero Villarraga Correo: chechomania85@hotmail.com
Asesor: Ing. Amparo Cecilia Martínez Izquierdo
Noviembre de 2008

Resumen – El propósito de este trabajo es contribuir de alguna manera, en encontrar posibles soluciones para el problema de los miles de desechos activos que dejan las confrontaciones armadas entre ejército y terroristas en las zonas rurales del país. Debido a esta situación que vive la población se propone la construcción de mecanismos teleoperados que no pongan en riesgo la vida del humano en la búsqueda de estos artefactos y salvar así una vida civil o militar.

Palabras Claves – Transmisor, Receptor, Modulación ASK, Puente H, Capturador de video, Microcontrolador, Codificador, Decodificador, Prototipo, Móvil, Control de mando, teleoperación, Detector de metales, Visual Basic.Net, Radio Frecuencia, Servomotor, Comandos de desplazamiento, puerto paralelo.

I. INTRODUCCIÓN

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 se encuentran camufladas a lo largo del 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.

Para lograr solucionar este problema, se ha invertido una gran cantidad de dinero en equipos y formación de

personas especializadas para detectar y destruir estos artefactos, pero se sigue exponiendo de alguna manera vidas humanas, por lo que es muy eficaz implementar sistemas teleoperados que puedan ser aplicados en estos entornos peligrosos y de peligro para el hombre.

II. OBJETIVOS

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

A. *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.

III. CONTENIDO

A. *Resumen*

En el presente artículo se comentara los pasos y componentes que se utilizaron en la construcción de un prototipo de robot controlado por computadora para detectar objetos de metal en lugares de alto riesgo para la integridad física del hombre.

Además el prototipo desarrollado no solo se enfoca a la detección de objetos bélicos construido con metal, puede ser implementado con algunas modificaciones para explorar zonas inaccesibles para el hombre, como riego de sustancias químicas en cultivos o en zonas radioactivas.

B. Introducción

Al igual que muchos prototipos que se han desarrollado en organismos de defensa o en universidades, el objetivo fundamental es atacar el problema del estallido y accionar de los miles de objetos bélicos que están camuflados en las zonas de conflicto del territorio colombiano y con ello disminuir notoriamente la cantidad de niños o adultos lesionados por estos artefactos.

Robots como el robot móvil teleoperado (RMTO 1), creado en la Universidad Nacional; DETEK y URSULA, robots de exploración de ambientes exteriores, desarrollado en la Universidad Javeriana; R.E.T.O, construido en la Universidad Militar “nueva granada”, robot esta compuesto de ruedas provistas de tracción independiente y articulaciones que permiten modificar la altura de las ruedas para evadir algunos tipos de obstáculos. Se constituyen en claros ejemplos de mecanismos que han tratado de ser aplicados, pero como es lógico cuentan con una desventaja, que en nuestro territorio no pueden ser operados con toda libertad, porque existen muchos tipos de terrenos en los cuales un robot de estas características no puede navegar.

C. Marco teórico

El proyecto esta constituido por un centro de teleoperación, donde se controla, genera y monitorea los desplazamientos del carro en el terreno de búsqueda, tiene un modulo de comunicación inalámbrica, el cual hace de interfaz entre el PC y el móvil, para transmitir los comandos y recibir la señal de video a una frecuencia de 434 MHZ y 1 GHZ respectivamente.

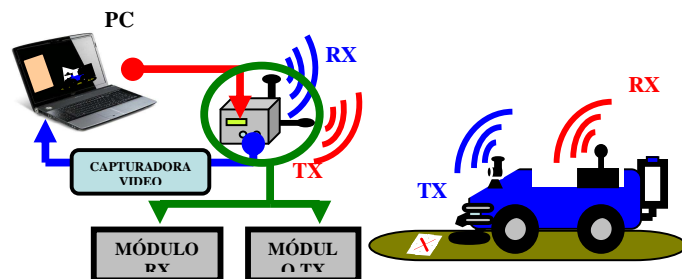


Figura 1. Diagrama del prototipo de robot, teleoperado por PC para detectar objetos bélicos fabricados con metal.

Mientras que el móvil se compone de los elementos mecánicos y electrónicos para desplazarse por superficies planas o rugosas. Donde el centro de control es un microcontrolador que emite la acción a realizar según las necesidades del teleoperador.

Características técnicas del móvil

- Microcontrolador: PIC16F877A.
- Tracción trasera.
- Sistema mecánico de dirección del móvil.
- Sistema electrónico de detección de metales.
- Mecanismo de marcado de la zona sospechosa
- Modulo de potencia.
- Cámara inalámbrica de RF.
- Modulo de recepción de comandos RLP434

Características técnicas centro de teleoperación

- Microcontrolador: PIC16F877A
- PC con Windows 95, 98, 2000, XP, Vista.
- Control de mando
- Entorno de teleoperacion
- Modulo de comunicación inalámbrica
 - Capturadora de video.
 - Transmisor de comandos TLP434A Laipac.
 - Modulo receptor de la señal de video, transmitida por la cámara.

Diseño del control de mando con Visual Basic.Net

Como el entorno de teleoperación debía conformarse por una interfaz grafica desde la cual el usuario tuviera las opciones de las tareas y desplazamientos a realizar, se eligió el software Visual Basic.net por las siguientes prestaciones:

- Su entorno de programación se compone por una parte de código puro y otra asociada a los objetos que conforman la forma de trabajo.
- Los componentes adecuados en la forma pueden ser sometidos a cambios en sus atributos, como forma, color, tamaño, fuente y programación.
- Se dispone de una amplia gama de eventos que son producidos una vez la forma es ejecutada y el usuario realiza alguna acción sobre un objeto específico.
- Permite realizar códigos o claves de acceso para habilitar la forma.
- Facilita el trabajo con los puertos de comunicación con que cuenta el PC, controlándolos para leer o enviar datos hacia dispositivos externos.



Figura 2. Diseño del control de mando de desplazamiento.

Transmisión y recepción de comandos

La transmisión y recepción de comandos mostrados en la tabla 1, se realizó por medio de los módulos TLP434A y RLP434. Son sencillos de utilizar, pequeños y permiten realizar controles remotos de Radio Frecuencia (RF) a 433.92 MHZ. Emplean modulación tipo ASK y 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. Porque se minimizaba al máximo las transmisiones erróneas

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

Tabla 1. Codificación binaria para cada comando de desplazamiento.

Se decidió por utilizar la técnica de modulación Amplitud shift Keying (ASK) para estos datos binarios, por su sencillez.

La modulación ASK 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 grafica de la figura 3.

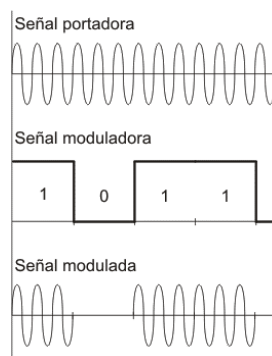


Figura 3. Ejemplo de la modulación binaria del comando parar.

Su formula esta dada por:

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

Transmisión de la señal de video al PC

Con el fin de observar remotamente la trayectoria y terreno de desplazamiento del prototipo. Se instaló una cámara inalámbrica en la parte superior del capó del carro.

Esta cámara posee 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.
- 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.

Como el paquete de transmisión y recepción de imágenes, es el encargado de enviar y capturar información hacia el modulo de comunicación, para que este a su vez pueda visualizar el recorrido en el centro de teleoperación, se hace necesario que el PC cuente con una capturadora de video externa o interna para interconectar el modulo de recepción de video de la cámara espía con el computador, para así proyectar por pantalla la trayectoria del móvil.

Estructura mecánica

El prototipo desarrollado es considerado en el ámbito de la robótica como un móvil teleoperado, el cual se opto por construirse como un carro normal de cuatro ruedas

por que son estos los que mas prestaciones ofrecen a la hora de diseño y transporte de carga.

El tipo de estructura fijado fue el coche, de manera tal que un motor instalado en la carrocería suministraría la potencia a las ruedas traseras para ponerlo en marcha. Mientras que otro motor de menor potencia daría dirección a las ruedas delanteras, así como también soportan la parte frontal del conjunto.

El sistema de locomoción fijado tendría que responder con un movimiento predeterminado de los dos motores instalados a cada tarea y comando recibido. 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.

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 PIC16F877A para generar señales de control, que activarían un modulo de potencia conformado por un circuito electrónico que tendría el juego de MOSFETS IRF530 que soporta hasta 100V y 14 Amperios y su complementario IRF9530 que soporta hasta 100V y 12 Amperios.

A parte de los sistemas de locomoción y potencia con que cuenta el móvil, el prototipo fue equipado con los siguientes componentes:

- Cámara espía de video instalada en el chasis del móvil.
- Motor DC de tracción trasera.
- Motor DC de direccionamiento.
- 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.

- Luz de exploración frontal para realizar búsquedas en lugares oscuros.

Sistema Electrónico de detección de metales

En la elección del aparato a utilizar en la búsqueda 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.
- Aparatos de dos cabezas.
- Magnetómetro.
- Aparatos de pulsos.

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 consta:

- Detecta todo tipo de metales.
- Muy sencillo de usar y 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.

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.

D. Descripción del problema

Como el problema que se pretende contribuir a solucionar se presenta en zonas rurales, peligrosas del territorio nacional. La exploración en estos lugares

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 componentes metálicos. Se hace necesario contar también con la ayuda de mecanismos inteligentes o robóticos que ante un ataque subversivo, la explosión de una mina o granada sin que se haya percatado de su existencia, sean estos sistemas los que estén expuestos a sufrir un daño y no una persona.

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 el cumplimiento de este ideal, se decidió por teleoperar un móvil desde un PC, con el cual se determinarían los movimientos a realizar por el prototipo a distancia y con el apoyo de una cámara espía instalada en el capo del carro, observar la trayectoria a recorrer por las imágenes recibidas inalámbricamente.

Además cuenta con un sistema electrónico de detección de objetos construidos con metal, para realizar búsquedas superficiales de presuntos artefactos bélicos y así una vez localizado, marcar dicha zona con un líquido vistoso con la ayuda de una bomba de agua.

E. Estrategia global de solución

En la construcción de un prototipo teleoperado por computadora, capaz de desplazarse por superficies planas, semi-planas o rugosas. Para localizar e identificar objetos bélicos construidos con metal con la ayuda de las imágenes transmitidas inalámbricamente por una pequeña cámara hacia el centro de teleoperación. Se tuvo que implementar una metodología constituida por varias etapas, las cuales fueron cumplidas una a una, ya que el desarrollo de la siguiente dependía del total funcionamiento de la anterior.

Las etapas establecidas fueron:

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.

F. Estrategia de solución de cada subproblema

Establecidas cada una de las etapas que se debían desarrollar para cumplir con algún objetivo específico. Se planificó una serie de pasos que tenían como función minimizar en lo posible los problemas que podrían surgir, los pasos fueron:

- 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.

De tal manera que investigando los posibles componentes a utilizar y su funcionamiento, se podría buscar la manera más idónea para llevar a cabo cada actividad.

G. Resultados

Como resultado del previo estudio de los componentes y recursos disponibles para ser utilizados en la construcción de este móvil teleoperado, se obtuvo un carro controlado por computadora, aplicable a la detección de objetos construidos con metal en terrenos planos, pastosos o rugosos. Con un buen rango de operación en ambientes exteriores, tanto para la transmisión de los comandos de desplazamientos como para la transmisión de la señal de video.

De tal modo que el prototipo construido fue el mostrado en la figura 4.



Figura 4. Prototipo teleoperado por PC, para detectar objetos de metal.

H. Conclusiones

Como es un robot detector de metales muy elemental, para ser operado en las circunstancias y terreno para que sea necesario su trabajo, se hace obligatorio realizar importantes modificaciones.

El diseño y posterior construcción de un prototipo que pueda adaptarse a la exigencia del territorio colombiano, depende de la buena elección y estudio del tipo de estructura del móvil, locomoción, clases de suelo, potencia y la velocidad requerida para cumplir una búsqueda de cualquier material.

En el Panorama colombiano, es de gran importancia continuar con investigaciones que puedan aportar en el desarrollo de nuevas tecnologías en la ingeniería actual, puesto que son muchas las aplicaciones en las que se arriesga la vida de un operario para realizar tareas de alto riesgo.

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.

La construcción de este prototipo no solo esta enfoca a realizar búsqueda de elementos bélicos, si no también puede contribuir a explorar sitios de difícil acceso para el tamaño del hombre, como en minas o también como mecanismo de riego de sustancias químicas en cultivos.

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.

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.

I. Trabajo futuro:

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.

Para terminar seria excelente que como el desarrollo de estos robots involucra la electrónica, las comunicaciones y la visión por computador. Se le brinde inteligencia artificial (IA), para que este en la capacidad de tomar sus propias decisiones, como esquivar obstáculos o elegir su propio camino a recorrer.

IV AGRADECIMIENTOS

La culminación de este trabajo se debe al apoyo económico de mis padres, José Guerrero y Luz Villarraga. A la motivación contagiada por mis hermanos Andrés Y Laura. También al asesoramiento y tiempo dedicado por la Ing. Amparo Martínez y a Arturo Vega, persona que me facilito muchos componentes para elaborar este proyecto.

Además a todos aquellos amigos con los que compartí actividades académicas y buenos momentos en la FUSM.

V REFERENCIAS

- [1] [FUQU2000] FUQUIN, Xiong. Digital Modulation Techniques. Artech House, 2000.
- [2] [HAYK1994] HAYKIN, Simon. Digital Communication. John Wiley & Sons, 1994.
- [3] [DISE2007] Diseño e implementación de sillas de ruedas controlada por comandos de voz. José Arturo Vega Lozada, FUSM 2007.
- [4] HAYK1994] ANDREW S. TANENBAUM. Redes de computadoras. Pearson Educación.

Referencias de Internet

VIBIBLIOGRAFÍA

- [5] [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).
- [6] [OLMO1998] Funcionamiento del Puente H.
<http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/ascensor/ascensor.htm> (Navegada Agosto de 2008).
- [7] [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).
- [8] [UMNG2005] Sistemas Roboticos Teleoperados.
http://www.umng.edu.co/www/resources/r15_05.pdf (Navegada Septiembre de 2008).
- [9] [ELEC2000] Diccionario Electrónico.
<http://www.electronica2000.com/buscador/buscahtml.cgi> (Navegada Abril de 2008).
- [10] [PICM2007] Funcionamiento del relé.
http://picmania.garciacuervo.com/electronica_basica.php/ (Navegada Agosto de 2008).
- [11] [FTP.2007] DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE EXPLORACIÓN TODOTERRENO.
<http://ftp.eia.edu.co/institucional/investigacion/memorias/documentos/robot%20movil.pdf>
(Navegada Octubre de 2007).
- [12] [LANE2006] Esquema de configuracion del puerto paralelo.
<http://www.laneros.com/showthread.php?t=74739> (Navegada Agosto de 2007).
- [13] [MICRO2003] Microcontroladores en robótica móvil.
<http://bibliotecnica.upc.edu/.../arxiu/67/web/annexes/presentacions/MICROCONTROLADORES%20EN%20ROBTICA%20MVIL.ppt>.
(Navegada julio de 2007).
- [14] [DEEP2008] Sistemas de detección de metales.
http://www.deepers.com/spanish/la_detección_de_metales_profundos.htm (Navegada septiembre de 2008).



Edson Joseph Guerrero Villarraga: Nació en Bogotá el 3 de marzo 1985. Hizo sus estudios de bachillerato en el Colegio Instituto Infantil y Juvenil de Fontibon. Obtuvo su grado en 2001. Realizo estudios de Ingeniería de electrónica y telecomunicaciones, en la Fundación Universitaria San Martín.