

Diseño y Construcción de un Prototipo de Robot Móvil Teleoperado para Inspección Visual

Fabio Andrés Plata Torres* / Raúl Fernando Serrano Rojas** /
Nayibe Chio Cho***

RESUMEN

Este artículo describe el diseño y la fabricación de un prototipo referenciado a un microbot teleoperado para inspección visual. Este nace de la necesidad de poder estar en lugares de difícil acceso y pensado especialmente para ser aplicado en sistemas de seguridad. Cuenta con una cámara inalámbrica ubicada en un mecanismo que le permite realizar los movimientos del cuello humano.

Palabras clave: inspección visual, teleoperado, micro robot, *neobook*, comunicación RF.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MOBILE ROBOT'S PROTOTYPE TELEOPERATED FOR VISUAL INSPECTION

ABSTRACT

This article describes the design and production of a prototype of a micro robot teleoperated for visual inspection. It is born of the necessity of being able to be in places of difficult access and thought especially to be applied in security systems. It has a wireless camera located in a mechanism with the movements of the human neck.

Key words: Visual inspection, Teleoperated, Micro robot, Neobook, Radio Frequency Communication.

* Ingeniero Mecatrónico, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Correo electrónico: fplata@unab.edu.co

** Ingeniero Mecatrónico, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Correo electrónico: rserrano3@unab.edu.co

*** Ingeniera Electrónica Universidad Pontificia Bolivariana – Bucaramanga. Postgrado en Técnicas de Gestión Empresarial. Universidad de Barcelona, UB, España, Especialista en Docencia Universitaria. Universidad Industrial de Santander, UIS, Especialista en Automatización Industrial Universidad Autónoma de Bucaramanga. Profesora de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB. Correo electrónico: nchio@unab.edu.co

Fecha de envío: 2 de marzo de 2007

Fecha de aceptación: 11 de abril de 2007

INTRODUCCIÓN

En la realización de inspecciones visuales se hace necesario contar con una herramienta que permita ampliar el campo visual, por eso desde la antigüedad se han desarrollado diversos mecanismos como lo son miras telescópicas, cámaras de aumento, binoculares, etc. El desarrollo tecnológico permite ahora la interacción de sistemas de video y sistemas móviles desarrollando un robot móvil que permita tener el desplazamiento de la cámara de video y tener este video en tiempo real lo cual exige la comunicación inalámbrica de la cámara y del robot móvil.

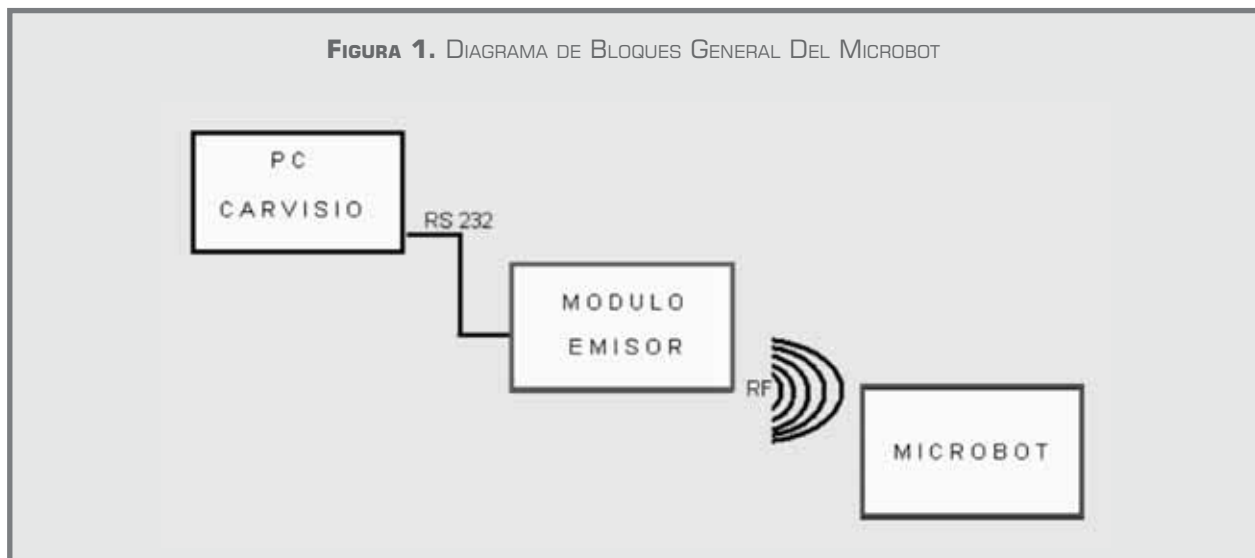
Para facilitar esto se hace necesario la realización de un sistema que integre todo esto en uno solo, fácil de operar y práctico; por esto se ve la necesidad de diseñar y construir un microbot que permita la ins-

pección visual en lugares de difícil acceso o tóxicos en donde el ser humano no pueda o no desee entrar.

METODOLOGÍA

Como se observa en el diagrama de bloques (Figura 1), en el desarrollo del diseño se comenzó por determinar principalmente el tipo de comunicaciones (Haykin, 1994), tanto el del computador con el emisor como el del emisor con el receptor. Posteriormente, se diseñaron los circuitos electrónicos del emisor y receptor, en conjunto con el desarrollo de los circuitos electrónicos se desarrolló el programa encargado de realizar la interfaz entre el usuario y el microbot.

Finalmente, se realizó el diseño mecánico del microbot, se obtuvieron los cálculos, se seleccionaron materiales y se llevó a la etapa de ensamble de todos los componentes.



PC – CARVISION V.1.0.

Se hacía necesario el diseño de un *software* que cumpliera con las necesidades básicas de recepción de audio y video por medio de una capturadora externa

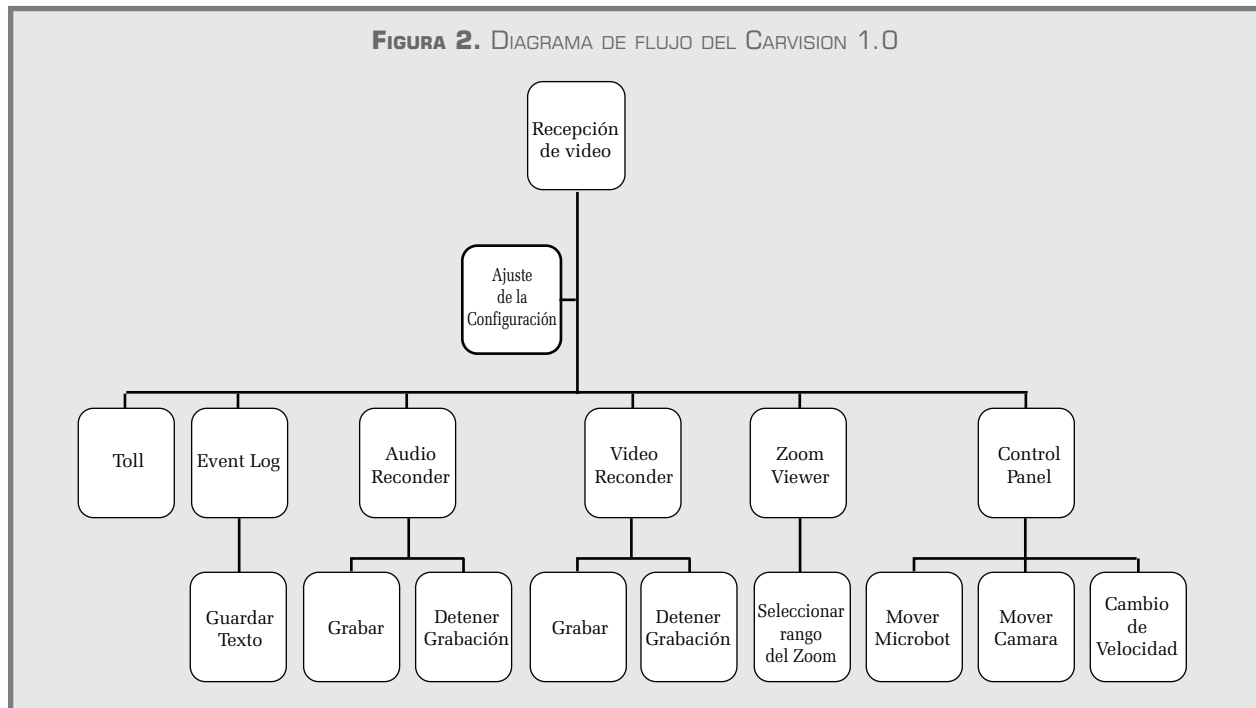
de video adecuada a un PC con características mínimas (Pentium 500 Mhz, 256 RAM, slot AGP, puerto serial); que permitiera el envío de datos mediante el puerto serial a un módulo recepción y emisión de datos al microbot.

El *software* se determinó en base a los siguientes parámetros de selección:

- Recepción de audio, video y envío de datos mediante el puerto serial.
- Interfaz gráfica agradable al usuario.
- Facilidad en la programación y desarrollo.
- Fácil adquisición (Licencias) e información acerca del mismo.

Se seleccionó el Neobook 5.3 (Neosoft) como *software* de programación para el desarrollo del Carvision 1.0.

El diagrama de flujo implementado para la realización del programa se muestra a continuación (Figura 2):

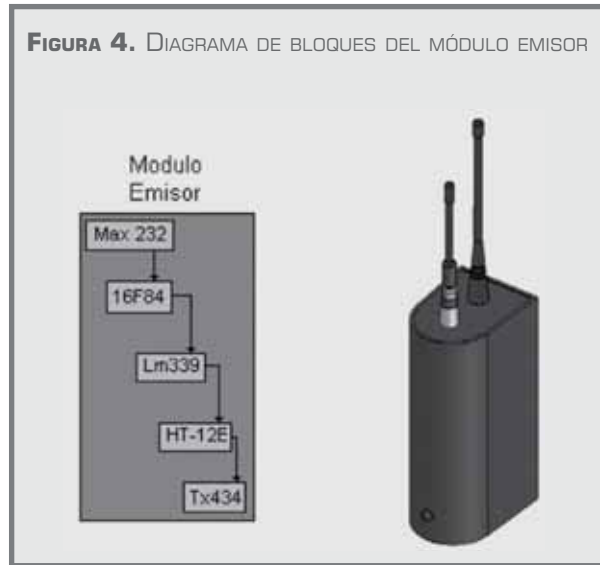


INTERFAZ USUARIO – MICROBOT

Para realizar esto se usó el programa computacional *Carvision v1.0* realizado en Neobook 5.0 (Neosoft) el cual es el encargado de hacer de interfaz entre el usuario y el microbot, cuenta con un entorno visual agradable y fácil de utilizar, por medio de este se puede además de controlar el microbot, capturar el video y el audio que envía la mini cámara inalámbrica dentro del microbot (Figura 3).

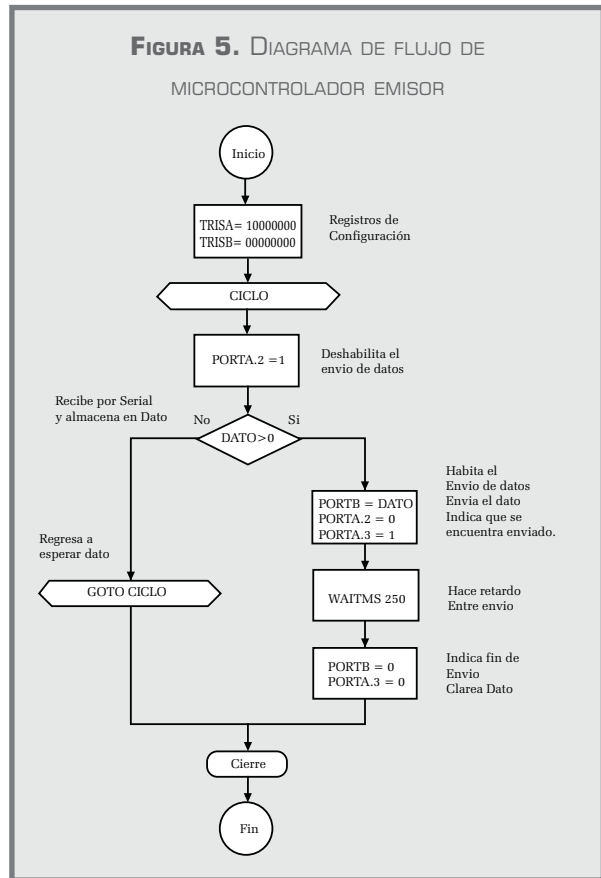


MÓDULO EMISOR



Del bloque anterior (PC – Carvision) se observa que los datos son enviados mediante el puerto serial del PC utilizando este tipo de comunicación “Serial”; lo que hace necesario desarrollar una módulo (Figura 4) que reciba estos datos y los emita al microbot, tomando en cuenta que niveles de la comunicación serial (-12V – 12 V) no son compatibles con los niveles TTL manejados por un microcontrolador, se hace necesario utilizar MAX 232 el cual es un convertor de estos niveles, ya teniendo niveles TTL es necesario utilizar un Microcontrolador (PIC16F84), que establezca una comunicación con el PC mediante el puerto serial. Luego los transmite a un codificados HT12E (www.alldatasheet.com) el cual codifica esta información para ser amplificada y enviada a través de un módulo de comunicación RF TLP434A (www.alldatasheet.com).

El diagrama de flujo implementado para la programación del circuito emisor está dado en la Figura 5:



CIRCUITO DE EMISIÓN DE FUNCIONES AL MICROBOT

Este circuito es el encargado de recibir la señal del PC acondicionarlas y enviarlas por RF, la señal serial proveniente del PC es acondicionada a niveles TTL los cuales son interpretados por el PIC 16F84 (www.microchip.com), este entrega este dato serial en binario al encoder HT12E (www.alldatasheet.com) el cual codifica este dato para impedir que sea variado en la transmisión, luego un LM 339 (www.alldatasheet.com) lo amplifica a señales de 12v con el fin de darle potencia para ser finalmente enviado por el emisor de RF TLP434A (www.alldatasheet.com).

Está constituido por una tarjeta electrónica la cual se encarga de recibir las funciones dadas por el usuario y enviadas a través del conjunto emisor e interpretarlas para su ejecución.

MECANISMO DE MOVILIDAD CÁMARA

La cámara cuenta con una base adherida a un engranaje el cual es movido por un motor DC a 5v; esta base soporta la cámara sobre un eje que le permite el movimiento de giro vertical; este eje está adherido a un medio engrane que es movido por un motor DC a 5v, esto le permite realizar los movimientos necesarios para la inspección visual (Figura 6).

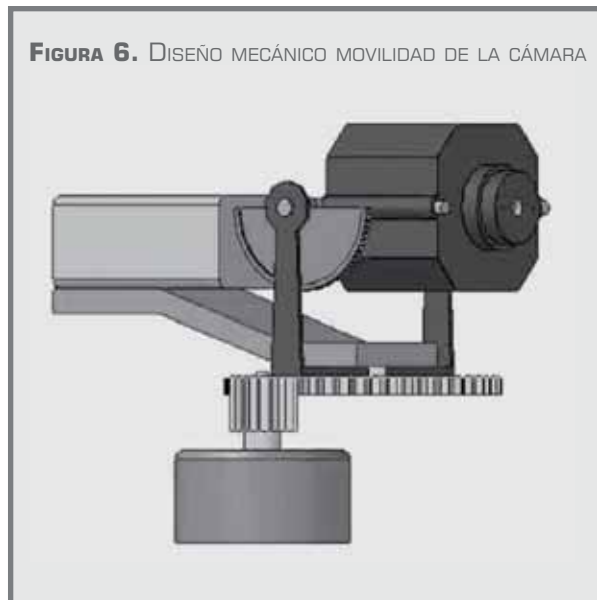


FIGURA 6. DISEÑO MECÁNICO MOVILIDAD DE LA CÁMARA

MICROBOT

Se hace necesaria la realización de un circuito electrónico (Figura 7) que permita la recepción de los datos enviados por la tarjeta emisora, realice la decodificación del dato, un microcontrolador que realice la interpretación de este y realice las funciones previamente programadas.

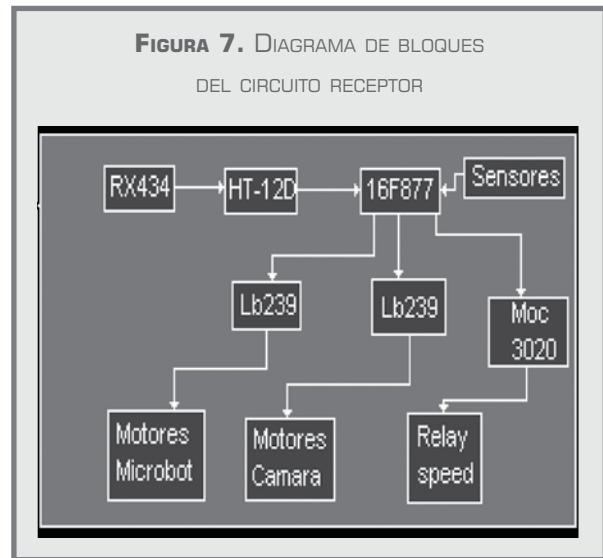


FIGURA 7. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CIRCUITO RECEPTOR

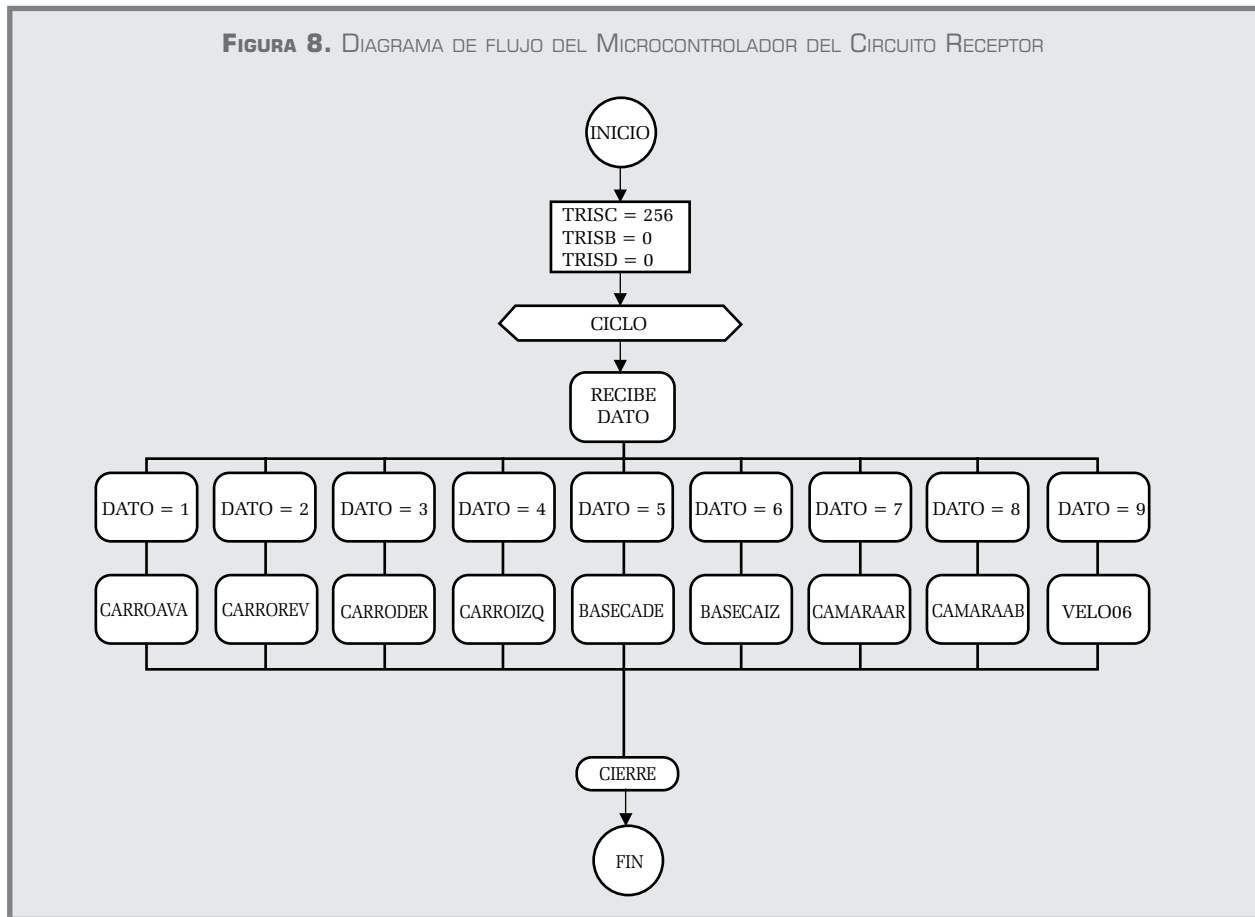
Este circuito está formado principalmente por un PIC 16F877 (www.microchip.com) el cual es el encargado de interpretar la orden enviada desde el conjunto emisor y ejecutarla, este proceso se realiza de la siguiente manera:

Primero la señal codificada es captada por el receptor de RF RLP 434^a (www.alldatasheet.com) y enviada al decodificador HT12E (www.alldatasheet.com) el cual decodifica esta señal y muestra el dato en forma binaria, este dato binario es introducido al PIC el cual ejecuta la función correspondiente y previamente programada para este valor.

En segundo lugar el PIC mueve los micro motores DC al sentido indicado para realizar el movimiento deseado por el usuario valiéndose de unos puentes H Lb 293 (www.alldatasheet.com) los cuales permiten realizar la inversión de giro a motores DC utilizando señales de control TTL, esto permite manejar la potencia necesaria para encender los micro motores sin afectar la corriente manejada por el PIC, se realiza un etapa de potencia.

El diagrama de flujo implementado para el circuito receptor es el siguiente (Figura 8):

FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL MICROCONTROLADOR DEL CIRCUITO RECEPTOR



SENSORES DEL MICROBOT

El microbot cuenta con dos sensores (Everett, 1995) que evitan que este choque o se caiga a un hueco en el cual no pueda salir por sí solo y un sensor automático de luz que enciende una pequeña lámpara halógena con el fin de iluminar cuando llega a lugares muy oscuros.

Para la implementación se utilizaron sensores del tipo infrarrojos pues se evitó utilizar sensores que pudieran causar alguna interferencia en el manejo de señales vía radiofrecuencia, se utilizó el sensor de proximidad por infrarrojos Sharp IS471F el cual modula la señal del infrarrojo haciéndolo inmune a interferencias por otros dispositivos infrarrojos o la luz del sol, este sensor cuando detecta la señal emitida por led infrarrojo pone en cero su pin de salida

indicado la proximidad a un objeto, esta distancia es variable a través de un potenciómetro que aumenta o disminuye la potencia del led emisor. Estas señales son enviadas al microcontrolador el cual interrumpe el avance hacia el frente evitando así choques bruscos o daños al microbot.

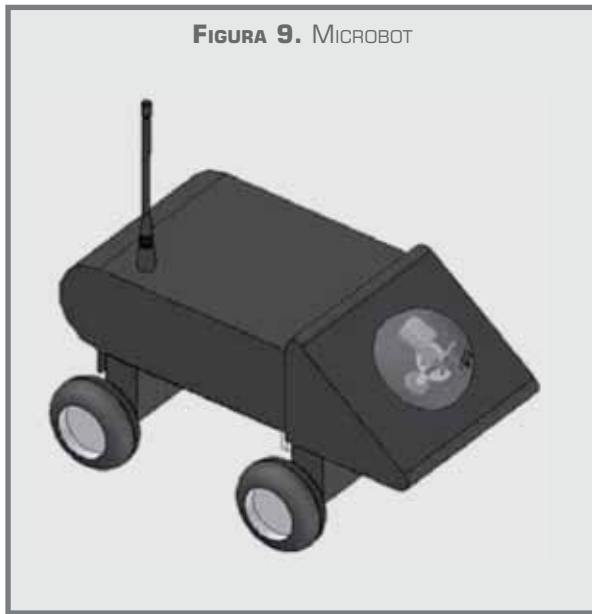
Para la parte de luz se utilizó un transistor 2N2222 que mediante una foto resistencia activa un relé el cual enciende y apaga la bombilla halógena de 10 W.

DISEÑO MECÁNICO

El microbot (Figura 9) mecánicamente está constituido por un chasis con un sistema independiente de movimiento en sus ejes delanteros y traseros permitiéndole así tener siempre tracción en las cuatro ruedas la cuales están directamente acopladas a cuatro

micro motores DC a 12v lo que le permite tener una tracción en las cuatro ruedas. Posee un eje principal en aluminio para eliminar exceso de peso en el microbot.

La carrocería del microbot está fabricada en acrílico permitiéndole gran resistencia y bajo peso, posee un mecanismo que le permite a la cámara inalámbrica, ubicada en el frente del microbot, realizar los movimientos del cuello humano.



Se diseñó un sistema entre el método de tracción y el Ackerman (OLLERO, 2001), donde se logró un método híbrido de tracción en las cuatro ruedas utilizando un motor en cada rueda y manejando el sistema de giro igual al método de tracción en los dos ejes.

Se realizó una simulación (www.itoosoft.com/motorolos/odontometria.html) donde se verificó que utilizando la tracción diferencial aplicándola a las cuatro ruedas se lograba la estabilidad necesaria para el funcionamiento del microbot, además de tener la fuerza necesaria para lograr un avance adecuado para el trabajo de inspección visual.

La selección del minimotor 1624 de la empresa Faulhaber se hizo debido a su bajo consumo, tamaño y gran torque en relación con su tamaño.

Se hizo un análisis (Barrientos, 1997; Giamarchi, 2001) físico de fuerzas y energía donde se comprobó matemáticamente el análisis en el plano horizontal y en el plano inclinado.

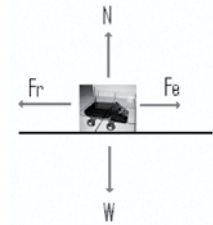
$$W = 3Kgf$$

$$V = 12v$$

$$r = 0.0375m$$

$$\mu = 0.9$$

$$\omega = 85rpm$$



Se llega a la conclusión que es necesario suministrar una corriente superior de 181 mA en cada uno de los cuatro motores para lograr el avance del microbot; luego la corriente total necesaria sería de para lograr el avance del microbot.

$$W = 3Kgf$$

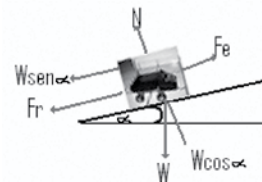
$$V = 12v$$

$$r = 0.0375m$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$\mu = 0.9$$

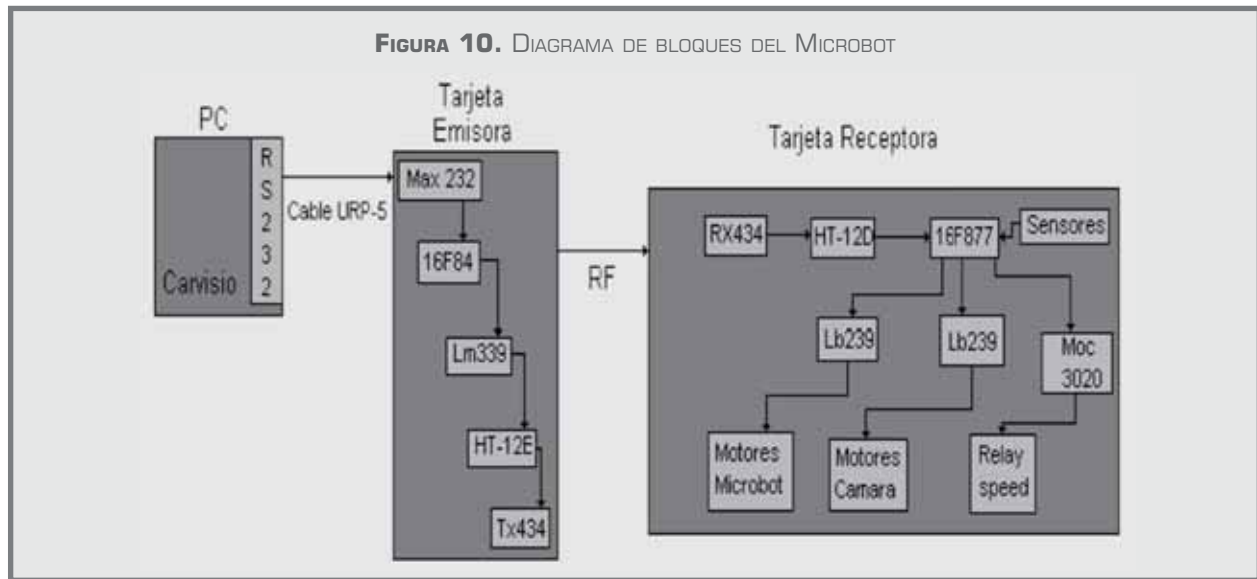
$$\omega = 85rpm$$



Se deduce que al aumentar el grado de inclinación del plano también aumenta la corriente necesaria para realizar el avance del microbot.

PROTOTIPO FINAL

El microbot en diagrama de bloques (Figura 10) finalmente estuvo formado por:



Las especificaciones técnicas del microbot son:

Dimensiones:

Alto: 30.4 cm.

Ancho: 15.8 cm.

Largo: 33 cm.

Peso: 3 Kg.

Rango de giro del microbot: el microbot tiene la facilidad de girar sobre su propio eje y puede girar 360 grados en ambas direcciones.

Velocidad:

$$\text{Velocidad máxima} = \frac{1}{3} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\text{Velocidad mínima} = \frac{1}{6} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Alcance: alcance máximo en lugares completamente abiertos = 60 m y su alcance máximo en lugares cerrados (2 paredes o más) = 20m.

Rango de giro de la cámara: la cámara puede girar 60° verticalmente y 180° horizontalmente.

Consumo de energía: en modo de reposo el microbot consume 200 mA y cuando avanza un promedio de

800 mA, esto depende del grado de inclinación del plano y la fricción que hay con el suelo.

Voltaje de alimentación del microbot: el microbot está alimentado con dos baterías de 6 v / 4A, están configuradas en serie para lograr 12V / 4A, un regulador a 5v distribuye voltaje a los integrados y motores que mueven la cámara de video.

Voltaje de alimentación de la cámara: la cámara está alimentada mediante una batería alcalina cuadrada de 9v, la cual provee energía a la cámara por 50 minutos.

Duración de las baterías: las baterías usadas en el microbot, proveen 700mA/h, esto implica que en promedio las baterías duraran 5 horas.

CONCLUSIONES

Este proyecto se desarrolló pensando en la integración de las diferentes ramas de la mecatrónica (Sistemas, Mecánica y Electrónica); se realizó un programa computacional mediante el cual se controla el microbot, se diseñaron sistemas de suspensión, análisis de fuerzas y esfuerzos, en la rama de la electrónica se implementó el manejo de microcontroladores y comunicación inalámbrica (Plata y Serrano, 2006).

Se revisaron los análisis y la relación entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica de motores DC. Se logró incursionar en la comunicación inalámbrica y en manejo de microbots mediante un PC. Se realizaron investigaciones en el desarrollo de programas que permitieran la interfaz entre el usuario y el microbot y, finalmente, se realizó un programa computacional en Neobook 5.0.1 que permitió la adquisición de video y el envío de datos vía RS232.

Se realizó una prueba de alcance entre el emisor y receptor, donde la primera prueba dio un alcance de 90 metros en espacio abierto, emitiéndose una señal periódica de 2Khz obtenida mediante un 555

configurado en modo de oscilador, y se programó un microcontrolador con el fin de indicar mediante un led cuando recibía esta señal, así a medida que el emisor se alejaba del receptor, el receptor emitía una luz cuando la señal captada era de 2 Khz y la segunda prueba se realizó en un edificio de siete pisos, el emisor se ubicó en el segundo piso y el receptor se ubicó en el último piso. De esta prueba se concluyó que una pared de soporte de 18 cm equivale a 15 mts en la señal de campo abierto así la distancia en lugares cerrados depende de cuantas paredes tenga que atravesar la señal, dando un alcance de 40 metros en lugares cerrados.

BIBLIOGRAFÍA

Alldatasheet. Disponible en www.alldatasheet.com, 2006

Barrientos, A. *Fundamentos de robótica*. Universidad Politécnica de Madrid: McGraw Hill, 1997.

Everett, Sensors for Mobile Robots. Theory and application. Naval Command, Control and Ocean Surveillance center San Diego, California. A K Peters, Ltd. 1995. 527 p.: il 1-56881-048-2

Giamarchi, F. *Robots móviles*. Madrid : Paraninfo, 2001.

Haykin, S. *Communications Systems*. New York: John Wiley & Sons, 1994.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas "Icontec", <http://www.icontec.org.com>

Itoosoft. Disponible en www.itoosoft.com/motorolos/odontometria.html

Microchip Disponible en www.microchip.com

Mischa Scheartz. *Information, Transmission, Modulation & Noise*. (4th Ed). London: Mc. Graw Hill.

Ollero, A. *Robótica: manipuladores y robots móviles*. Barcelona: Marcombo, 2001.

Oshonsoft. Disponible en www.oshonsoft.com/pixexamples.html

Serrano, R. y Plata, F. "Diseño y Construcción de un Prototipo de Robot Móvil Teleoperado para Inspección Visual". Trabajo de Grado. Facultad de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB, 2006.

Tocci, R. J. *Sistemas digitales: principios y aplicaciones*. (8 ed.). México: Pearson Educación XXVI, 2003.

Sigmaelectronica. Disponible en www.sigmaelectronica.com.co

X-robotics. Disponible en www.x-robotics.com