

# Aplicación de Visión Robótica con Matlab

Angelo Moisés Abad Eras<sup>1</sup>, Hugo Ernesto Acaro Gallegos<sup>2</sup>, Carlos Valdivieso<sup>3</sup>  
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)  
Escuela Superior Politécnica de Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863 Guayaquil, Ecuador  
mabad888@hotmail.com<sup>1</sup>, hugoacaro22@hotmail.com<sup>2</sup>, cvaldiv@espol.edu.ec<sup>3</sup>

## Resumen

*El presente trabajo describe un estudio y análisis para la implementación de Visión Robótica con MATLAB que visualice información por medio de una cámara IP inalámbrica de bajo costo controlada por un robot llamado "MINDSTORM ROBOT ESPÍA". Esta cámara es operada remotamente con un sistema de control diseñado en MATLAB R2009a. Dicho sistema también permite el acceso vía VNC (conexión a red virtual) para llevar un control sistemático y concurrente del entorno ya sea de manera local o remota por medio de Internet.*

*Se muestra una perspectiva general del sistema de visualización robótico. Se presentan las consideraciones generales que nos permitirán el desarrollo de un diseño óptimo. Además se realiza un breve estudio de la realidad actual en cuanto a los sistemas robóticos con visión y a los diferentes sistemas disponibles en el mercado para conocimiento de los usuarios. Se explica en detalle las diferentes herramientas de administración y desarrollo necesarias para la implementación de este sistema, así como también su posible utilidad en el desarrollo de aplicaciones para las industrias, comunicación y seguridad. Además se explica en detalle los distintos programas que permiten el correcto funcionamiento de nuestro sistema así como también las características del diseño y programación.*

*En general, este proyecto de graduación tiene como objetivo principal cubrir aspectos importantes para el desarrollo e implementación de sistemas de seguridad por medio de visión robótica en industrias y comercios en general y permitir brindar seguridad a bajo costo.*

**Palabras claves:** Matlab, Robótica, Lego Mindstorm Nxt, Bluetooth, Comunicación Inalámbrica, Interfaz Grafica e Implementación.

## Abstract

*This paper describes the study and analysis of the implementation of a Robotic Vision system with MATLAB that visualizes information through a low cost IP wireless camera controlled by a robot called "MINDSTORM ROBOT SPY". This camera is remotely operated by a control system designed in MATLAB R2009a. This system can also be accessed via VNC (virtual network connection) to have a systematic and concurrent control of the working environment either locally or remotely through the Internet.*

*A general perspective of the robotic system visualization was presented. General considerations that will allow us to develop an optimal design were also presented. A brief study of the actual situation of robotic vision systems and the different systems available in the market nowadays has been made to provide the users more tools for analysis. Different development and management tools necessary for the implementation of this system, as well as its potential usefulness in the development of applications for the industries, communications and security have been presented. And finally, different programs that allow the proper operation of our system as well as the design and programming have also been explained in detail.*

*In general, this graduation project's main objective is it to cover important aspects for the development and implementation of security vision systems in industries, commercial and residential areas to provide low cost security.*

**Keys words:** Matlab, Robotics, Lego Mindstorms Nxt, Bluetooth, Wireless Communication, Interface Graph and Implementation.

## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Este proyecto busca diseñar y construir un móvil con herramienta de LEGO MINDSTORM NXT que sea capaz de moverse y visualizar un área determinada mediante el uso de una cámara integrada al LEGO. Todo esto se desarrolla con ayuda de programación elaborada en MATLAB R2009A donde hemos creado una interfaz gráfica que permite la comunicación entre ambos dispositivos mediante el protocolo BLUETOOTH, la detección de los diferentes obstáculos u objetos que deseamos percibir con este equipo se hacen a través de una cámara inalámbrica instalada encima de su carrocería, dicha cámara envía la información al router inalámbrico conectado al computador y ésta a la vez se comunica por una INTRANET hacia el Centro de Control desde el cual se monitorean todo lo percibido por el ROBOT, mediante el uso de IP Públicas Fijas.

### 1.1 Antecedentes.

La definición de autómatas programables es aquel equipo electrónico, mecánico y computacional que realiza un programa de forma repetitiva pero que puede ser interrumpida para la realización de otras sin dejar de cumplir su programa principal.

Un autómata puede realizar actividades limitadas y repetitivas ya que son sistemas con movimiento limitado, su inteligencia no proviene de ellos mismos, generalmente proviene de otros sistemas externos. Actualmente los autómatas se encuentran en casi todas las industrias por su gran diversidad de aplicaciones, pero nosotros hemos visto el incentivo del medio en las comunicaciones para así dar un valor agregado a este sistema que estamos implementando.

Este proyecto no puede considerarse como un autómata aunque su inteligencia proviene de un sistema remoto y su movilidad es algo limitada, no puede programarse para realizar una actividad repetitiva porque el objetivo de MINDSTORM ROBOT ESPÍA es de recorrer distintos lugares en una misma localidad o donde su operador lo amerite.

Una definición más apropiada para MINDSTORM ROBOT ESPÍA diseñado en este proyecto es la de robot móvil, ya sea mediante ruedas o extremidades móviles controladas por un operador mediante protocolo Bluetooth lo que le permite reconocer, aprender y decidir ante las situaciones que se les presenten en dicha localidad. Todo el contacto con su ambiente externo y su interacción con el mismo se efectúa a través de la cámara inalámbrica que esta

montado en su carrocería. A continuación muestro la figura del robot. Fig. 1.1



Fig.1.1 Estructura del Robot

### 1.2 Objetivos.

Al final del proyecto se espera tener las siguientes características:

1. MINDSTORM ROBOT ESPÍA sea capaz de recibir y ejecutar las órdenes de un operador de forma eficiente.
2. Ser capaz de ir a lugares más pequeños dentro del establecimiento para determinar su situación y darla a conocer a su operador para que tome una decisión adecuada.
3. Tener un movimiento continuo y pueda cambiar de dirección sin perder las órdenes de su operador.
4. Detectar límites en una localidad donde se esta realizando el monitoreo.
5. Establecer una comunicación inalámbrica bidireccional con un operador de forma ininterrumpida para mandar y recibir información en cualquier momento.
6. Completo control de su movilidad y suficientemente preciso para no dejar de transmitir en su jornada de trabajo.

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

Este proyecto nace de las ideas implementadas en nuestro desenvolvimiento profesional de captar ideas innovadoras en las comunicaciones relacionando ramas distintas en un mismo objetivo, de las cámaras fijas tradicionales que se ven en el mercado, darle una mejor visión en realizarlas con movimiento con ayuda de un robot, en si consiste en un móvil que es capaz de moverse por todo un establecimiento y que envíe la información captada a una terminal remota de forma inalámbrica y reciba de esta las instrucciones para moverse a lugares distintos del establecimiento.

La aportación a este proyecto fue exclusivamente la parte de programación entre LEGO MINDSTORM NXT la misma que va hacer ordenada por comandos de programación por MATLAB las cuales incluyen los mecanismos que le dan movimiento al móvil, la parte que controla dichos mecanismos, la parte que transmite y recibe información de las cámara es un router inalámbrico que lo conectaremos hacia una computadora que tenga salida a INTERNET por medio de IP Públicas Fijas, por medio de estas podremos ingresar vía escritorio remoto desde cualquier punto del mundo y poder manipular a nuestro MINDSTORM ROBOT ESPÍA.

#### **1.4 ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

##### **1.4.1 Análisis.**

Este proyecto consiste en el análisis y obtención de capturas de videos en tiempo real con ayuda de robot móvil. Este robot presenta una configuración entre el LEGO MINDSTORM NXT y MATLAB, puede ser utilizado para fines de vigilancia, seguimientos de objetos, entre otros. En este móvil se monta una cámara inalámbrica la cual apunta a la posición donde el operador haga la manipulación a MINDSTORM ROBOT ESPÍA. Este robot presenta dos servomotores, el primero configurado para que le de la fuerza al móvil y el segundo su direccionamiento.

##### **1.4.2 Justificación.**

La influencia de la automatización y la robótica en la sociedad actual es cada vez más notable, tanto desde el punto de vista estrictamente social en lo que hace a hábitos e incremento del confort y calidad de vida, como a los aspectos económicos directa e indirectamente relacionados. Como consecuencia, la investigación y desarrollo en este campo es de vital importancia, y marca claramente la diferencia entre países desarrollados y países en desarrollo. En estos últimos se comercializa o en el mejor de los casos se fabrican algunos productos (básicamente debido a un costo de producción más bajo) pero normalmente no se dispone de conocimiento y capacidad para realizar innovación, ni para formar personal para este fin, hecho éste que marca la diferencia. En este marco, el formar profesionales con capacidad de innovación y capacidad de acción

en ámbitos de gran especialización en el contexto de las últimas tecnologías, resulta en una contribución directa y evidente a nuestra sociedad.

##### **1.5 Alcances y limitaciones.**

El proyecto busca implementar un sistema de monitoreo visual remoto a través de un sistema robótico con el fin de emplear equipos de reducido tamaño, fácil movilidad que permitan la visualización y reconocimiento de áreas de difícil acceso dentro de las cuales únicamente podríamos acceder a través de equipos teleoperados o en su defecto pre-programados para operar ante la presencia de cualquier tipo de obstáculo.

#### **2 FUNDAMENTACIÓN TEORICA**

MatLab es un software matemático muy poderoso, comercialmente disponible, desarrollado y distribuido por Mathworks, Inc. Es utilizado ampliamente en la academia y la industria debido a sus capacidades avanzadas, además posee una serie de herramientas que contienen funciones comúnmente usadas en ingeniería.

Todas estas herramientas facilitan el desarrollo de aplicaciones complejas de una forma más versátil. En este proyecto de graduación se hará una pequeña descripción del manejo, comportamiento del puerto COM del PC y el manejo de interfaces gráficas, mediante el uso de las herramientas proporcionadas por el software MatLab, para desarrollar aplicaciones de robótica móvil con ayuda de Protocolo Bluetooth.

La robótica es una disciplina, que tiene múltiples campos de acción. Inicialmente se diseñaron robots para uso industrial, pero con el paso del tiempo, se han ampliado sus campos de acción. Hoy en día, es común observar aplicaciones de robots en áreas como: la industrial, la investigación, la salud y el entretenimiento, entre muchas otras.



**Fig. 2.1 Fotografía de MINDSTORM ROBOT ESPÍA**

Dentro de la robótica móvil podemos destacar los prototipos desarrollados por la NASA, para sus experimentos en el espacio exterior, los cuales efectúan tareas en entornos hostiles para el ser humano, MINDSTORM ROBOT ESPÍA es un ejemplo de este tipo de aplicaciones, el cual hizo parte de la misión de explorar un establecimiento y enviar el video en tiempo real, el cual puede ser observado en la Fig.2.2.



**Fig. 2.2. Fotografía de MINDSTORM ROBOT ESPÍA con video en línea**

## 2.1 Componentes del Sistema.

### 2.1.1 Comunicación de datos.

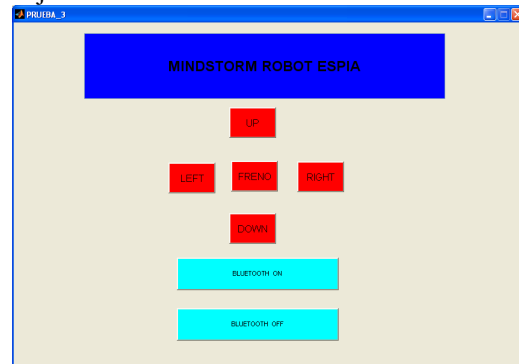
En los casos que se debe establecer una comunicación de datos por medio de una INTRANET, entre dos o más dispositivos, es necesario implementar un sistema que permita detectar errores en la comunicación. Estos errores son introducidos en la información, debido a perturbaciones en el medio de transmisión.

En aquellas situaciones que involucran comunicaciones entre computadoras, y aun dentro de un sistema de computación, existe la posibilidad de que se reciba información con errores, debido a ruidos en el canal de comunicaciones. En realidad, los símbolos binarios adoptan formas físicas, como tensiones y corrientes eléctricas. La forma física está sujeta al ruido que se introduce desde el ambiente, por ejemplo los fenómenos atmosféricos, rayos gamma y fluctuaciones de la alimentación, para nombrar solo algunas de las posibles causas. El ruido puede ocasionar errores, también conocidos como fallas, en las que un cero se convierte en uno, o un uno se convierte en un cero.

### 2.1.2 Interfaz Gráfica.

Se diseño una interfaz gráfica híbrida, como resultado de las pruebas realizadas al generar interfaces gráficas mediante código y mediante GUI de MatLab.

Como resultado final se obtuvo una interfaz gráfica capaz de generar y obtener información del puerto serial, con la opción de decodificar la información adquirida, la cual se almaceno en un sistema matricial, para su posterior manipulación y estudio. La imagen de la interfaz gráfica adjunto a continuación



**Fig. 2.3 Interfaz gráfica del programa**

### 2.1.3 Sistema de comunicación Inalámbrico.

Se implementó un sistema inalámbrico de comunicación tanto en la unidad móvil como en el periférico externo al PC, con la finalidad de conectarse vía radiofrecuencia (RF), al robot con el PC. Este tipo de comunicación se implementó con módulos especializados, los cuales están diseñados para codificar datos y transmitirlos ó

recibirlos y decodificarlos, según sea el caso. En la figura 2.4, podemos observar una representación del sistema de comunicación inalámbrico utilizado.

### 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El sistema mecánico se encarga de dar movimiento y dirección al móvil, dentro de esta parte se encuentran los servomotores, engranes, mecanismos y partes móviles del sistema, en Robótica todo esto se conoce como actuadores y son los que le permiten a los robots interactuar con su ambiente junto con los sensores.

Esta parte incluye también el armazón que sostiene todos los sistemas del móvil. La figura 3.1, muestra la vista posterior del sistema mecánico sin los sistemas de control y de transmisión. [1]



Fig. 3.1 Visión posterior del sistema mecánico

#### 3.1 Sistema de movimiento.

Para que el móvil sea capaz de moverse se usó un sistema de rodamiento que consiste básicamente de 4 ruedas en dos ejes independientes, los ejes están separados la parte posterior 14 cm y la parte delantera de 8.5 cm para poderle dar estabilidad al móvil. Se puede visualizar en la Fig. 3.2



Fig. 3.2 Estructura del sistema de rodamiento



Fig. 3.3 Figura del servomotor

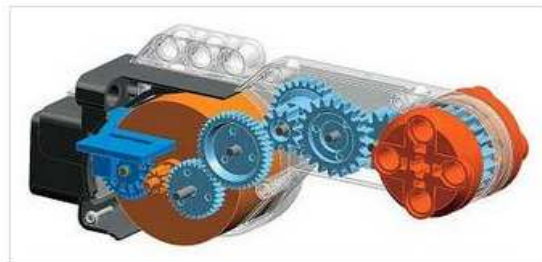


Fig. 3.4 Figura del sistema de engranajes internos del servomotor

Para controlar el funcionamiento y sentido del motor de movimiento se utilizó un servo motor (Fig. 3.3) cuyo interior está compuesto de un sistema de control llamado puente H (Fig. 3.4), este sistema nos permite controlar el sentido en el que girará el motor por medio de dos señales de control, que pueden ser señales digitales para mantener un solo voltaje o de pulso controlado (PWM).

#### 3.1.1 SISTEMA DE DIRECCIÓN

Para controlar el sentido de giro del motor se utilizó otro puente H igual al utilizado para el motor de movimiento. Como la función de este motor es de posición tampoco requiere una variación de velocidad, simplemente mandamos la señal digital de control correspondiente. En la figura 3.5 Se muestra el sistema de giro móvil que consta de un motor de DC acoplado al eje de giro. [2]

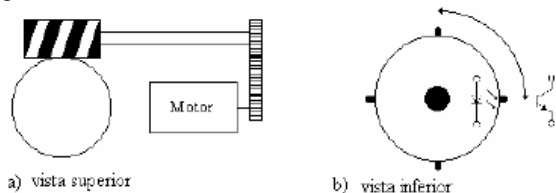


Fig. 3.5 Diagrama del servomotor

### 3.2 Implementación del Sistema.

Para desarrollar el movimiento empleamos el programa Robótica\_matlab que fue desarrollado en GUI que da la dirección hacia adelante, atrás izquierda y derecha, así como abrir la comunicación del protocolo Bluetooth por medio del botón Bluetooth On; una vez realizado el enlace bluetooth nosotros tenemos control sobre el robot. Así mismo al momento de cerrar la conexión bluetooth se debe aplastar el botón de Bluetooth Off para detener el programa. [3]

A continuación presentamos los comandos utilizados en el programa con su respectivo detalle del funcionamiento de cada uno de ellos.

#### COM\_OpenNXT

Abre una conexión USB o Bluetooth a un dispositivo de NXT y devuelve un identificador para el uso futuro.

#### COM\_CloseNXT

Se cierra y se elimina una NXT específica manejada, o borra todos los NXT existentes manejados.

#### COM\_SetDefaultNXT

Establece un valor predeterminado global NXT handle que será utilizado por otras funciones si no se especifica.

#### StopMotor

Paradas / frenos de motor especificado. (La sincronización se perderá después de esto)

#### SetMotor

Flujos de corriente del motor a utilizar para fijar los comandos de motor.

#### SetPower

Establece la potencia del motor de corriente activos.

#### SetAngleLimit

Establece el límite de ángulo (en grados) del puerto de corriente del motor.

#### SendMotorSettings

Envía previamente el dato especificado para la configuración de motor activo.

## 4 SIMULACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

### 4.1 INTRODUCCIÓN

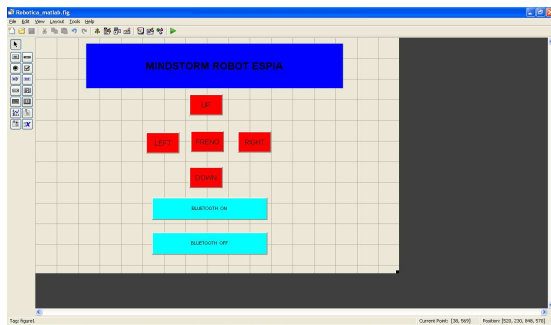
El programa fue diseñado en un entorno de desarrollo visual de MATLAB llamado GUI en cual permite la programación en un entorno amigable. Este programa desarrolla 2 archivos, el Robotica\_matlab.fig que es el entorno gráfico ejecutable y el Robótica\_matlab.m que contiene las líneas de códigos del programa. A continuación se indica el gráfico del archivo Robótica\_matlab.fig [4]



Fig. 4.1 Robot móvil en pruebas experimental

### 4.2 Simulación e Implementación

El programa fue diseñado en un entorno de desarrollo visual de MATLAB llamado GUI en cual permite la programación en un entorno amigable. Este programa desarrolla 2 archivos, Robótica\_matlab.fig que es el entorno gráfico ejecutable y Robotica\_matlab.m que contiene las líneas de códigos del programa. A continuación se indica el gráfico del archivo Robótica\_matlab.fig en la fig. 4.2



**Fig. 4.2** Gráfico del programa en entorno GUI

A continuación se muestra el programa ejecutable el cual maneja al robot con las flechas direccionales [5] que se especifican a continuación:

UP: El robot se desplaza hacia adelante.

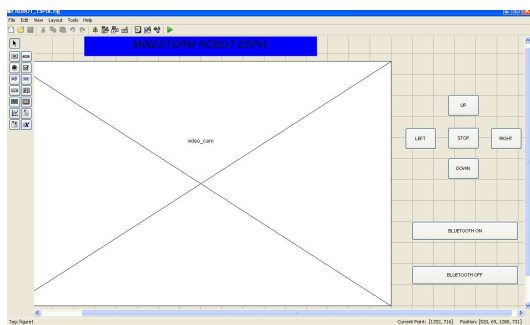
DOWN: El robot se desplaza hacia atrás.

LEFT: El robot se desplaza hacia la izquierda.

RIGHT: El robot se desplaza hacia la derecha.

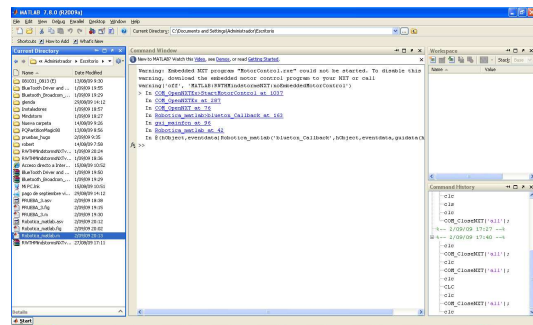
BLUETOOTH ON: Se encarga de iniciar el protocolo bluetooth.

BLUETOOTH OFF: Se encarga de finalizar el protocolo bluetooth.



**Fig. 4.3** Programa del Midstorm Robot Espía en entorno GUI.

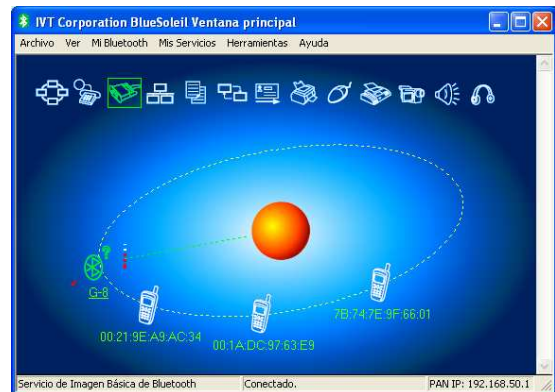
Una vez presionado el botón BLUETOOTH ON se inicia el protocolo en el cual MATLAB verifica que las funciones estén inicializándose, una vez realizado la comunicación se tiene control al robot. Fig. 4.3



**Fig. 4.4** Indica el inicio del programa en MATLAB

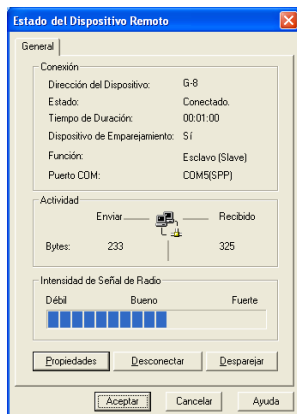
Una vez inicializado el programa el MATLAB indica las funciones que fueron utilizadas. Fig. 4.4

Se puede observar como inicia la conexión entre el protocolo Bluetooth y MatLab, el cual la Laptop le asigna los puertos que tiene disponible, en nuestro caso el puerto disponible es el puerto COM5.



**Fig.4.5** Indica el estado de la conexión Bluetooth.

Una vez realizada la conexión, en el dispositivo USB Bluetooth indica que se ha establecido la conexión. Fig. 4.5



**Fig. 4.6 Puerto COM se establece la conexión.**

El dispositivo indica el puerto COM en el que se establece la conexión y el estado del mismo. Fig. 4.6

### 4.3 Pruebas Experimentales.

Las pruebas fueron realizadas en un nodo de comunicación en el cual se simuló el monitoreo de local desde el laboratorio de la universidad con lo que se pudo observar un nivel de retardo en la imagen entre las cuales se pudo deducir cual es el consumo del ancho de banda para que la imagen pueda visualizarse con mayor fluidez. Fig. 4.7

## 5. CONCLUSIONES

- La instalación de un sistema Robótico como el presentado en este proyecto, constituye una característica interesante aplicable a nivel industrial. El control interno y externo del monitoreo remoto se maximiza con el uso de un móvil que permite tomar capturas requeridas por el operador.
- MATLAB en el sistema Robótico no es tan solo un herramienta de desarrollo, sino también es servidor del mismo, ya que no solo es la interfaz (Usuario – Sistema Robótico) es decir, es el medio a través del cual podemos manipular el monitoreo de varias opciones donde lo podamos emplear, accediendo remotamente desde cualquier PC con disponibilidad de Internet; a más de eso,

es el medio en el cual interactúan todos los dispositivos de hardware y software.

- Comenzamos con una idea innovadora para dar uso a LEGO MINDSTORM NXT, cuyos objetivos propuestos los hemos alcanzado; es decir, hemos podido desarrollar e implementar un buen sistema robótico, pero como en la mayoría de los casos siempre estaremos atados a ciertas limitaciones que fueron mencionadas en capítulos anteriores.
- Un sistema de monitoreo robótico por más sofisticado que sea se encontrará atado al factor humano por su programación; es decir, al sistema se lo utilizará como herramienta de monitoreo más no como un sistema de protección invulnerable.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. DE GARCIA DE JALON, J. RODRIGUEZ, J Y VIDAL, J, APRENDA MATLAB 7.0 Como si estuviera en primero, Universidad Politécnica de Madrid.
- [2]. MATTHIAS SCHOLZ, PAUL. Advanced NXT - The Da Vinci Inventions Book, Apress 2007.
- [3]. FLOYD KELLY, JAMES. Lego Mindstorms NXT G Programming Guide, Apress 2007.
- [4]. GASPERI M, HURBAIN P Y HURBAIN I. Extreme Nxt Extending the lego mindstorms nxt to the next level technology in action, Apress 2007.
- [5]. <http://www.youtube.com/watch?v=L2oDF3hmTk4>
- [6]. <http://www.youtube.com/diegokillemall>