

## Desarrollo de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global

### Development of a mobile robot controlled via internet and located by global positioning

MUÑOZ-MATA, José Lorenzo<sup>†\*</sup>, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, CERVANTES-DE LA ROSA, Juan Pedro y OCOTITLA-MUÑOZ, Alma Delia

*Universidad Tecnológica de Puebla*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *José Lorenzo, Muñoz-Mata* / ORC ID: 0000-0001-7813-5579, CVU CONACYT ID: 177117

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Juan Carlos, Rojas-Garnica* / ORC ID: 0000-0002-2261-587X, CVU CONACYT ID: 66417

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Juan Pedro, Cervantes-De La Rosa* / ORC ID: 0000-0001-6634-2018

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Alma Delia, Ocotitla-Muñoz* / ORC ID: 0000-0002-3266-3226

Recibido: Marzo 28, 2018; Aceptado: Junio 07, 2018

#### Resumen

Actualmente la tecnología ha realizado avances significativos dentro del desarrollo de robótica móvil, tanto en sistemas autónomos como en sistemas controlados en forma remota. En el presente trabajo se muestra el desarrollo e implementación de un robot móvil manipulado a través de wifi y monitoreado geográficamente a través de un módulo de posición global. Para realizar el procesamiento de señales se utiliza un microcontrolador, el cual recibe la información para la manipulación y ubicación del robot utilizando un módulo de comunicación wifi y un módulo GPS respectivamente. Se establece una comunicación bidireccional vía inalámbrica hacia una computadora con acceso a internet utilizado una interfaz de instrumentación virtual, donde se envían los datos para manipulación el robot y las coordenadas de ubicación son recibidas y desplegadas en un mapa de ubicación. La ventaja del desarrollo de este dispositivo es la posibilidad de realizar exploraciones en áreas de difícil acceso y alto riesgo al ser humano. Además, puede ser utilizado como una plataforma en el área de investigación y en la industria, agregando sensores para obtener información en la detección de diferentes variables, tales como; gas, temperatura, presión, humedad, etc.

**Robots móviles, GPS, Wifi, Microcontrolador**

#### Abstract

Currently the technology has performed significant advances in the development of mobile robotics, as much as autonomous systems as remotely controlled. In the present work is shown the development and implementation of a mobile robot manipulated through wifi and geographically monitored through a global positioning module. To performed the signal processing a microcontroller is used, which receives the information for the manipulation and location of the robot using a wifi communication module and a GPS module respectively. A bidirectional communication is established via wireless to a computer with internet access using a virtual instrumentation interface, where data are sent to manipulate the robot and the location coordinates are received and displayed on a location map. The advantage of the development of this device is the possibility to perform explorations in difficult access and high-risk areas to the human being. In addition, such device could be used as a platform in the research area and in the industry by adding sensors to obtain information in the detection of different variables, such as; gas, temperature, pressure, humidity, etc.

**Mobile robots, GPS, Wifi, Microcontroller**

**Citación:** MUÑOZ-MATA, José Lorenzo, ROJAS-GARNICA, Juan Carlos, CERVANTES-DE LA ROSA, Juan Pedro y OCOTITLA-MUÑOZ, Alma Delia. Desarrollo de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global. Revista de Tecnologías Computacionales. 2018, 2-6: 22-28.

\* Correspondencia del Autor (Correo Electrónico: jose.munoz@utpuebla.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En la actualidad se han logrado avances sustanciales dentro del diseño y desarrollo de sistemas robóticos. Para el desarrollo de estos, se involucra la integración de diferentes áreas dentro de las cuales se encuentran: programación, control, mecánica e inteligencia artificial, con las cuales se han podido desarrollar dispositivos con mayor complejidad para diferentes aplicaciones.

De acuerdo al Instituto de Robótica de América, se define a un robot como “Un manipulador programable y multifuncional diseñado para mover partes, materiales, herramientas o dispositivos específicos mediante movimientos programados para realizar diferentes tareas”. El desarrollo de robots ha sido utilizado principalmente en la industria siendo integrados a otras máquinas para realizar diferentes procesos tales como: soldadura, pintura, ensamble, así como para el traslado de piezas para eficientar los procesos de producción. Por otro lado, se han realizado diseños con propósitos médicos, militares, investigación científica, así como para propósitos educativos.

Además, se han desarrollado dispositivos llamados robots móviles con el propósito de realizar tareas de investigación ingresando a áreas de difícil acceso, donde implica un alto riesgo para la integridad del ser humano, dentro de los cuales se encuentran las actividades bajo el agua (submarinos), incursiones espaciales o áreas donde se pueda encontrar algún gas contaminante. Se han diseñado dos tipos de robots móviles, los manuales o teleoperados y los autónomos (Jones, Flynn and Bruce 2004). Los robots autónomos son programados para realizar una misión o recorrido normalmente sencillos. Los robots teleoperados permite el control a distancia monitoreado por un humano, lo que permite un mejor control sobre los posibles obstáculos que podría tener el móvil.

Dentro de los métodos de manipulación teleoperada de robots móviles se encuentran los operados alámbrica e inalámbricamente. De estos últimos destacan la utilización de comunicaciones como radiofrecuencia, bluetooth y comunicación mediante wifi (Galván, Carrasco y Brena 2013).

La ventaja de utilizar este tipo de comunicación es la ventaja de poder manipular al robot desde cualquier módem de conexión a internet, dadas las prestaciones del protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, por sus siglas en inglés) con el cual es posible triangular la comunicación para el monitoreo de robots.

Además, para conocer la ubicación geográfica del móvil es posible utilizar al Sistema de Posicionamiento Global GPS (Global Position System) (Ibrahim e Ibrahim 2010), el cual es una herramienta que, aún en áreas de difícil acceso para el ser humano, ayuda a localizar a los móviles.

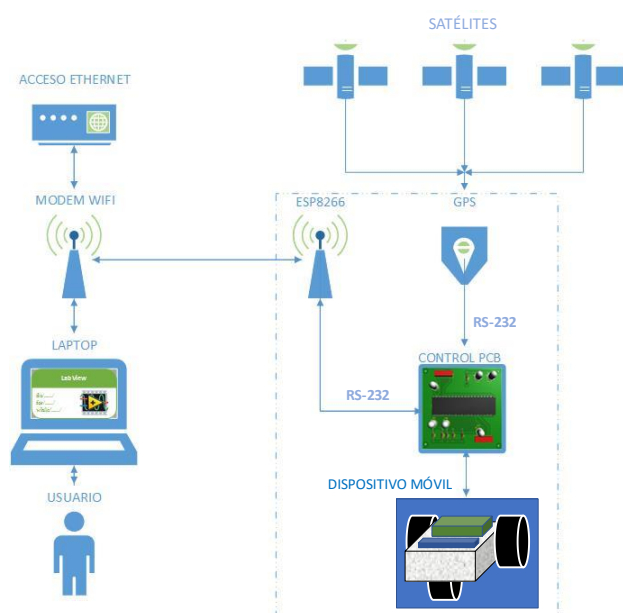
Este trabajo muestra el desarrollo e implementación de un robot móvil controlado vía internet y ubicado mediante posicionamiento global, el cual utiliza un microcontrolador como interfaz entre un módulo de comunicación wifi y un módulo de comunicación GPS, así como el control de los motores de dirección del móvil.

Además, se realiza una comunicación bidireccional con una computadora utilizando una interfaz de instrumentación virtual. Con el desarrollo de este dispositivo está la posibilidad de utilizarlo como plataforma para adicionar otro tipo de sensores para poder monitorear otras variables elevando el potencial útil de dicho dispositivo.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la primera sección se muestra una introducción de los robots móviles y sus diferentes aplicaciones. En la segunda sección se describe el desarrollo experimental, donde se muestra el desarrollo y funcionamiento de los diferentes componentes electrónicos del robot, así como el desarrollo del software implementado. En la tercera sección se describen los resultados obtenidos en la integración de todo el sistema para las pruebas correspondientes. En la cuarta sección se muestran los agradecimientos. En la quinta sección se describen las conclusiones que se tienen respecto a los resultados obtenidos. Finalmente, se agregan las referencias de las cuales se obtuvo información para el desarrollo de este trabajo.

## Desarrollo Experimental

En el arreglo experimental implementado, para realizar el robot móvil, la comunicación wifi se basó en el módulo ESP8266 (Espressif Systems) para una conexión TCP/IP con un ancho de banda de hasta 2.4 GHz (Espressif Systems 2013). También, se utilizó el módulo GPS GY-GPS6MV2 (U-BLOX 2011) con una resolución alrededor de hasta 2 m. Se utilizó el microcontrolador 18F4550 (Microchip 2006) donde se desarrolló el firmware con el algoritmo de procesamiento de señales. La interfaz de software fue desarrollada utilizando LabVIEW. El diagrama a bloques del sistema implementado se muestra en la Figura 1.



**Figura 1** Diagrama a bloques del sistema implementado  
Fuente: *Elaboración propia*

Inicialmente, para controlar el dispositivo es necesario acceso a internet. La transferencia y manejo de información almacenada en el microcontrolador es enviada a través del protocolo de comunicación wifi. Posteriormente, el módulo ESP8266 se encarga de enviar y recibir los datos a través de wifi (TCP/IP), los cuales son proporcionados por el Microcontrolador vía RS-232. El Módulo GPS solicita los datos de localización satelital y los envía hacia el Microcontrolador también a través del protocolo de comunicación RS-232. Los motores utilizados de la marca Namiki, son los encargados de proporcionar el movimiento indicado a través del usuario por el canal wifi y por último la tarjeta de circuito impreso PCB (Printed Circuit Board por sus siglas en inglés) está programada para controlar e interactuar con los periféricos antes descritos.

Dichos motores son colocados dentro en la estructura del robot, para la cual se usaron placas perforadas de plástico, para hacer el móvil más ligero y mejorar las condiciones de movimiento. Finalmente, la interfaz de usuario se encuentra contenida en la laptop o dispositivo con acceso a una red de internet, en nuestro caso es por medio del programa de instrumentación virtual LabView.

## 1 Comunicación wifi

En el módulo de comunicación wifi es necesario realizar una configuración inicial tomando en cuenta ciertos parámetros, los cuales son esenciales para la configuración del dispositivo y poder establecer la comunicación wifi. Dichas instrucciones son los llamados comandos AT(REF) (Espressif Systems 2013), los cuales son de alta importancia ya que son necesarios para determinar el modo de comunicación para enlazar con la computadora y así enviar y recibir información. Además, se envía el comando para unirse a un punto de acceso, generar una dirección IP, así como el número de puerto del envío y recibo de datos.

## 2 Comunicación GPS

El módulo que se describe para el proyecto es ideal para ser manipulado por medio de un microcontrolador. Dicho dispositivo incluye una antena cerámica para ser conectada directamente en la PCB del módulo. Con este sistema podemos leer constantemente el módulo GPS y representar leer los datos de forma serial.

Hay que tener en cuenta que la comunicación con el módulo se realiza vía RS-232 a 9600 bps. Los datos adquiridos deben coincidir con el protocolo NMEA (National Marine electronics Association), el cual es un protocolo estándar para la recepción de datos GPS (SiRF Technologies 2007).

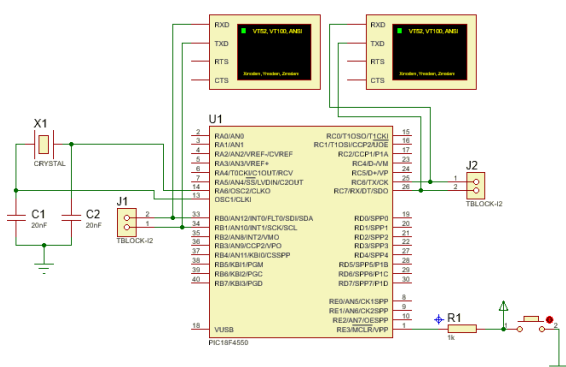
Después de decodificar cada uno de los datos recibidos de forma serial, se pueden procesar los datos ya sea a través de un microcontrolador o pueden ser enviados a un programa para ser analizados y procesados. En este caso, se envía a la computadora y la información es obtenida usando LabView. Por ejemplo, los siguientes datos 19.058431,-98.151091 corresponden a una Ubicación por Latitud y Longitud.

Para poder generar aplicaciones en constante lectura de la ubicación por GPS a través de Google Maps, existen dos opciones para hacerlo, la primera es registrarse en la plataforma como usuario pero tendrá un límite de 25000 actualizaciones totales, detalle que nos conviene para generar una aplicación con constantes actualizaciones de ubicación; sin embargo, la segunda forma es más conveniente para este proyecto, la cual consiste en generar una cuenta en google y unirse al grupo de desarrolladores de la plataforma, con esto lograremos unas 25000 actualizaciones cada 24 horas y acceso ilimitado a todas las aplicaciones de desarrollo en la nube de Google.

### 3 Desarrollo de firmware

Para realizar la integración se realizó el firmware del microcontrolador utilizando el compilador CSC (Lajara y Pelegrí 2011), para ser usado como interfaz entre módulos a través de comunicación serial como se ha mencionado anteriormente.

Además, para controlar los motores y dar la dirección adecuada al móvil de acuerdo a los comandos recibidos por la interfaz de usuario de usuario desarrollada en LabVIEW. En la Figura 2 se muestra el circuito para simular la comunicación serial con los módulos de comunicación.



**Figura 2** Simulación con microcontrolador 18F4550 con dos puertos de comunicación serial

Fuente: *Elaboración propia*

### 4 Desarrollo de software

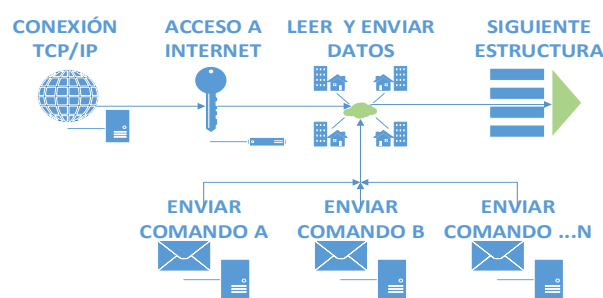
Después de describir el circuito de control del dispositivo móvil, se describe en adelante toda la lógica visual basada en el programa LabView (Trejo 2009).

El control está basado en una comunicación TCP/IP, debe estar configurado en LabView la configuración VISA (Virtual Instrument Software Architecture por sus siglas en inglés) para establecer la comunicación serial.

#### 4.1 Lectura y escritura TCP/IP

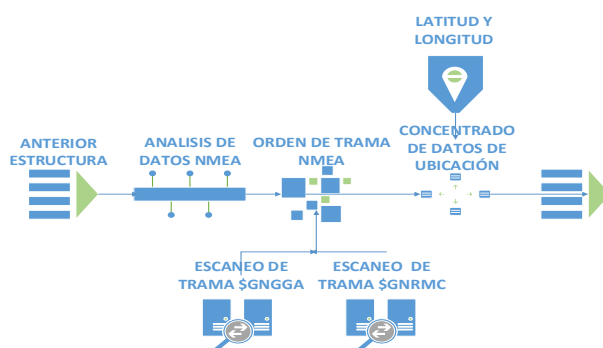
En primer lugar, se inicializa con la configuración típica de lectura y escritura de una comunicación TCP/IP, (Inicializar el puerto wifi con la dirección IP por lo general es 192.168.XXX.XXX y el puerto que usualmente es 80). Posteriormente, dentro del ciclo en la escritura del programa enviamos 6 comandos distintos para las siguientes acciones: AD=Adelante, AT=Atrás, IZ=Izquierda, DE=Derecha, AL=Alto, GPS=Comunicación GPS.

Se le da un de un segundo en cada ciclo para leer los valores de respuesta enviados por el módulo wifi y al final se cierra la comunicación TCP/IP y se procesa si hay algún error para mostrarlo. La Figura 3 muestra un diagrama de la lógica implementada para el envío de los comandos, cabe mencionar que para poder visualizar y hacer la conexión es a través de internet o con una conexión a la misma, sin esto no puede visualizarse el mapa ni conectarse el sistema móvil.



**Figura 3** Lectura y escritura TCP/IP por LabVIEW

Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 4** Análisis de datos Trama NMEA GPS LabVIEW

Fuente: *Elaboración propia*

## 4.2 Trama NMEA GPS

Se le llama Trama porque es una serie de caracteres enviados serialmente, dicha Trama tiene una decodificación realizada de los datos recibidos.

La Figura 4 muestra esa decodificación del código NMEA que provienen del anterior ciclo por los datos recibidos, posteriormente separamos las variables dando un retraso al ciclo de 100 ms y mostramos dicha cadena recibida dentro de una gráfica.

## 4.3 Visualización de coordenadas

Al ingresar como desarrollador de Google se puede acceder Google Maps. Para ello hay que obtener una contraseña en el panel de control del mismo Google. Después de conocer la configuración para enviar peticiones en Google Maps, procesamos los caracteres detallados en el segundo ciclo por medio de una cadena de caracteres y en la Figura 5 el diagrama de la lógica utilizada para este propósito, los puntos principales son:

- Dirección URL
- Latitud y longitud
- Zoom
- Alto y Ancho de la Imagen
- Tipo de Mapa
- Marcador de la ubicación con la etiqueta A
- Latitud y Longitud de la etiqueta
- Contraseña desarrollador de Google (Apis).

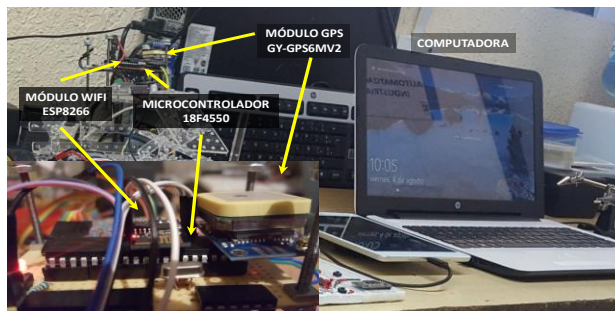


**Figura 5** Representación en bloques de obtención de coordenadas GPS LabVIEW

Fuente: *Elaboración propia*

## Resultados Experimentales

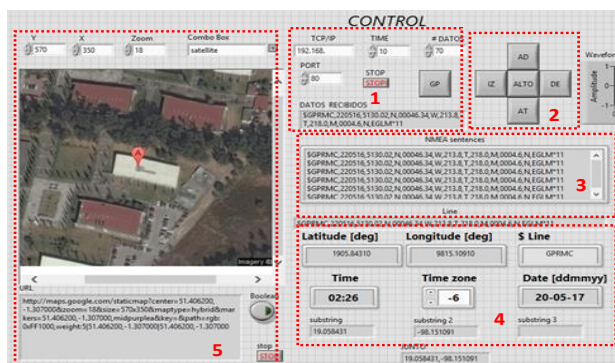
El arreglo experimental utilizado para la implementación del sistema se muestra en la figura 6.



**Figura 6** Arreglo Experimental del sistema implementado

Fuente: *Elaboración propia*

Una vez que se realizaron las pruebas correspondientes para cada uno de los módulos de comunicación y su integración con el microcontrolador, se realizó la configuración del panel de botones y visualizadores de datos organizados para el control del dispositivo móvil. En la Figura 7, se muestra el panel visual del software desarrollado, donde la descripción de distribución de controles se enlista a continuación. 1. Comunicación TCP/IP, dirección y puerto. 2. Controles de dirección del móvil. 3. Adquisición de datos NMEA. 4. Decodificación de datos. Longitud, latitud, zona horaria, hora y fecha. 5. Visualización de posición, dirección URL, zoom, tipo de mapa y marcador.

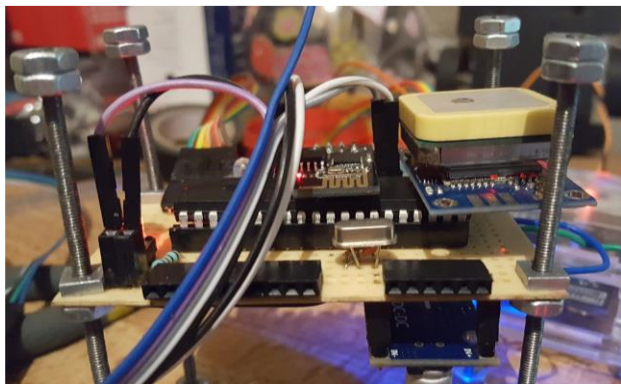


**Figura 7** Interfaz de usuario desarrollada en LabVIEW.

Fuente: *Elaboración propia*

Posteriormente se realizó la tarjeta de circuito impreso para realizar las pruebas correspondientes tanto de comunicación entre módulos con el microcontrolador, como de su integración con la comunicación wifi hacia el módem y de ahí a la computadora. En la Figura 8 se muestra la tarjeta de control implementada.





**Figura 8** Tarjeta de control  
Fuente: *Elaboración propia*

Al terminar dichas pruebas, se realizó la integración del robot móvil para poder realizar las pruebas finales con la integración de todo el sistema, para comprobar el correcto funcionamiento en la estabilidad en la comunicación de los módulos, como el de la estructura del robot. En la Figura 9, se puede observar el robot móvil terminado.



**Figura 9** Robot móvil y su integración con la electrónica  
Fuente: *Elaboración propia*

Cabe mencionar que la batería utilizada para alimentar la electrónica del robot es una batería de tres celdas de litio de 1000 mAh, la cual es suficiente para nuestro propósito.

Finalmente se procedió a realizar las pruebas de todo el sistema integrado. Es importante mencionar que tanto el sistema de comunicación como la estructura del robot funcionaron de manera satisfactoria, ya que la electrónica desarrollada muestra una estabilidad de comunicación del microcontrolador con los módulos respectivos.

Además, la comunicación wifi con la computadora mantiene un enlace estable, lo que hace que la comunicación con el robot pueda realizarse en tiempo real, lo cual es adecuado para mantener control constante sobre la dirección del robot.

Se puede decir que el sistema desarrollado puede servir como una plataforma para ser utilizada agregando otro tipo de sensores para incrementar el potencial de funcionamiento del robot móvil y ser utilizado tanto en el área de investigación, como en la industria donde se podrán monitorear diversas variables como presencia de gas, temperatura, presión, humedad, etc.

### Agradecimientos

Se agradece las facilidades prestadas para la realización del presente proyecto a la Universidad Tecnológica de Puebla.

### Conclusiones

Se ha desarrollado un robot móvil manipulado vía wifi y monitoreado por GPS. Se desarrolló un software capaz de leer y escribir datos usando el protocolo TCP/IP para manipular la dirección del móvil. Además, se puede observar la ubicación del móvil generando una dirección URL a través de Google Maps. El sistema implementado se utilizará como plataforma para agregar sensores de gas para utilizar el robot móvil en aplicaciones industriales, para incursionar en ambientes donde se ponga en riesgo la integridad física del ser humano. Como trabajo futuro se está trabajando en la inclusión de los sensores de gas anteriormente señalados para poder realizar un robot que pueda detectar fugas. Además, se planea que el robot pueda ser autónomo para poder realizar la detección de los sitios de fuga y así trazar las trayectorias de dispersión, monitoreado por GPS.

### Referencias

- Ahmet Ibrahim, Dogan Ibrahim. (2010). Real-time GPS based outdoor wifi localization system with map display. *Advances in Engineering Software*, 4, 1080-1086.
- Carlos E. Galván-Tejada, José C. Carrasco-Jiménez, Ramon F. Brena. (2013). Bluetooth-wifi based combined positioning algorithm, implementation and experimental evaluation. *Procedia Technology*, 7, 37-45 .
- Joseph Jones, Anita M. Flynn, Bruce A. (2004). *Mobile Robots: Inspiration to Implementation*. united states od america: McGraw-Hill.

Espressif Systems. (2013, 1 enero). Espressif Smart Connectivity Platform: esp8266 datasheet [Hoja de datos de Fabricante]. Recuperado 12 febrero, 2018, de [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf).

García Trejo, E. (2009). *Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC (2ª ed.)*. Ciudad de México, México: Alfaomega.

Lajara Vizcaíno, J., & Pelegrí Sebastián, J. (2011). *LabVIEW Entorno gráfico de programación (2ª ed.)*. Ciudad de México, México: Alfaomega.

Microchip. (2006, 1 enero). PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet [Datasheet]. Recuperado 10 octubre, 2017, de <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>

Reyes Cortes, F. (2011). *ROBÓTICA - Control de Robots Manipuladores (Ed. rev.)*. Ciudad de México, México: Alfaomega.

SiRF Technologies. (2007, 1 diciembre). NMEA Reference Manual [Manual]. Recuperado 10 diciembre, 2017, de <https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual-Rev2.1-Dec07.pdf>

U-BLOX. (2011, 1 abril). u-blox 6 Receiver Description, Including Protocol Specification [Manual]. Recuperado 1 diciembre, 2017, de <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/GPS/760.pdf>