



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TEMA:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN TAXÍMETRO CON
ALMACENAMIENTO DE VIAJES MEDIANTE GPS EN EL VEHÍCULO CHEVROLET
CORSA WIND 1.4”**

INFORME TÉCNICO

AUTOR:

MORALES BAYETERO CÉSAR FABRICIO

DIRECTOR:

ING. FREDY ROSERO MSC.

IBARRA, 2016

Diseño, construcción e implementación de un taxímetro con almacenamiento de viajes mediante GPS.

Autor-César Morales¹, Coautor Ing. Fredy Rosero Msc.²

^{1,2} Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, FICA, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, Ibarra, Ecuador
cesarf_mb92@hotmail.com, farosero@utn.edu.ec.

Resumen. *El presente trabajo es la descripción del diseño y construcción de un taxímetro con almacenamiento de viajes utilizando la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).*

El principal objetivo del proyecto es tener una herramienta tecnológica que permita el estudio de la movilidad urbana en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, mediante la recolección y análisis de los datos obtenidos del taxímetro. La información permitirá a la autoridad de Tránsito local, reestructurar las rutas y frecuencias del sistema de transporte público de la ciudad.

La construcción del dispositivo se realiza a través de la utilización del sistema embebido Arduino y el análisis de los datos se los realiza a través del Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW.

Palabras Clave

Movilidad, Taxímetro, GPS, Arduino.

Abstract. *This paper is the description of the design and construction of a taximeter with storage travel using the technology of Global Positioning System (GPS).*

The main objective of this Project is the study of urban mobility in the Ibarra city, Imbabura province, through the collection and analysis of data obtained by using the taximeter.

The construction of the device is performed through the use of free hardware platform Arduino and analysis of the data is performed through a program created with the LabVIEW System Design Software.

Keywords

Mobility, Taximeter, GPS, Arduino.

1. Introducción

En torno a la realidad del cantón San Miguel de Ibarra, se puede evidenciar que la principal problemática del GAD de Ibarra en la gestión del transporte público local, es la falta de información sobre los viajes de las personas dentro de la ciudad y zonas de origen y destino. En la actualidad la autoridad no se posee ningún sistema que proporcione dicha información, lo que representa una falencia dentro del sistema institucional, limitando el desarrollo y ejecución de proyectos que solucionen los problemas de movilidad mediante la reestructuración del sistema de transporte público local.

El presente proyecto se lleva a cabo en la Universidad Técnica del Norte, tomando en cuenta como área de estudio la ciudad de Ibarra, de la cual se obtienen los datos proporcionados por el dispositivo y de los cuales se realiza el respectivo análisis.

Los objetivos del proyecto son el diseño y construcción del taxímetro, así como también la adquisición de datos a través de su funcionamiento para su posterior análisis, para obtener información acerca de la movilidad urbana en la ciudad de Ibarra que permitan mejorar los problemas relacionados al sistema de transporte público.

2. Materiales y Métodos

Los métodos utilizados para la realización del proyecto son:

Programación. Se programa la plataforma de hardware libre de Arduino y su GPS para que tener un correcto funcionamiento tomando en cuenta la normativa vigente local de las tarifas del taxímetro.

Diseño. Se diseña y construye el taxímetro con GPS para implementarlo en el vehículo Chevrolet Corsa Wind 1.4 mediante la utilización de elementos electrónicos.

Mediciones. Se obtiene datos de prueba a manera de simulación del dispositivo empleado para verificar su utilidad.

Optimización. En base a las diferentes pruebas realizadas se optimiza el costo del taxímetro con el fin de garantizar que sea una solución competitiva a la necesidad existente.

Método analítico sintético. Se aplica este método con el cual se obtiene información de fuentes bibliográficas como son: libros, reglamentos, internet, manuales; los cuales sirven de guía para la elaboración del proyecto.

También se utiliza las siguientes técnicas que son muy importantes para satisfacer los objetivos planteados:

Adaptación. Adaptación del GPS en el taxímetro construido para que trabajen conjuntamente y así obtener los datos requeridos.

Análisis de datos. Obtención y análisis de los datos obtenidos por el sistema empleado para así certificar su funcionamiento y utilidad.

Pruebas de funcionamiento. Se realizará pruebas de funcionamiento del dispositivo creado para diagnosticar su funcionamiento y corregir fallas de ser necesario.

Los materiales utilizados en el diseño y construcción del dispositivo son: Arduino Mega 2560, módulo GPS NEO 6M-0-001, pantalla táctil 3.2", impresora térmica. El procedimiento para el diseño y construcción es el siguiente:

2.1 Arduino mega 2560 y GPS

Se realiza la adaptación del módulo GPS a la placa Arduino mega realizando las conexiones respectivas para lograr un trabajo en conjunto de estos dos elementos. Para tener un mejor control en el funcionamiento de estos componentes es necesario conocer las especificaciones y características de cada uno, las cuales se detallan a continuación:

El GPS es un módulo con interfaz SD cuyo nivel de tensión de funcionamiento es de 5V/3.3V, así mismo trabaja en temperaturas de -40°C ~ $+85^{\circ}\text{C}$ y puede rastrear hasta 20 satélites a la vez, logrando de esta manera obtener un gran nivel de precisión.



Figura 1. Shield GPS Arduino.

El Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en el Atmega2560 que cuenta con 54 pines digitales de entrada o salida (15 se pueden utilizar como salida PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie), un oscilador de cristal de 16MHz, un conector de alimentación, una conexión USB y un botón de reinicio.



Figura 2. Arduino Mega 2560.

Para conseguir un buen funcionamiento se debe conectar los puertos serie de los dos elementos, es decir, se debe conectar el puerto RX del GPS con el puerto TX del Arduino mega y el TX del GPS con el RX del Arduino tal como se indica en la siguiente figura:



Figura 3. Conexiones módulo GPS con Arduino.

Una vez realizadas las respectivas conexiones es necesario agregar al programa de Arduino una librería llamada TinyGPS la cual nos ayudará a obtener los datos recibidos por el GPS tales como: latitud, longitud, velocidad, fecha, hora. Para obtener estos datos y verificar el correcto

El taxímetro está diseñado con el objetivo de adquirir datos durante su funcionamiento, de manera que con su respectivo análisis a través del software creado se obtenga información sobre la movilidad de las personas en la ciudad y de esta manera realizar mejoras en el sistema de transporte local.

El funcionamiento general del dispositivo se indica en el flujograma de la figura 7.

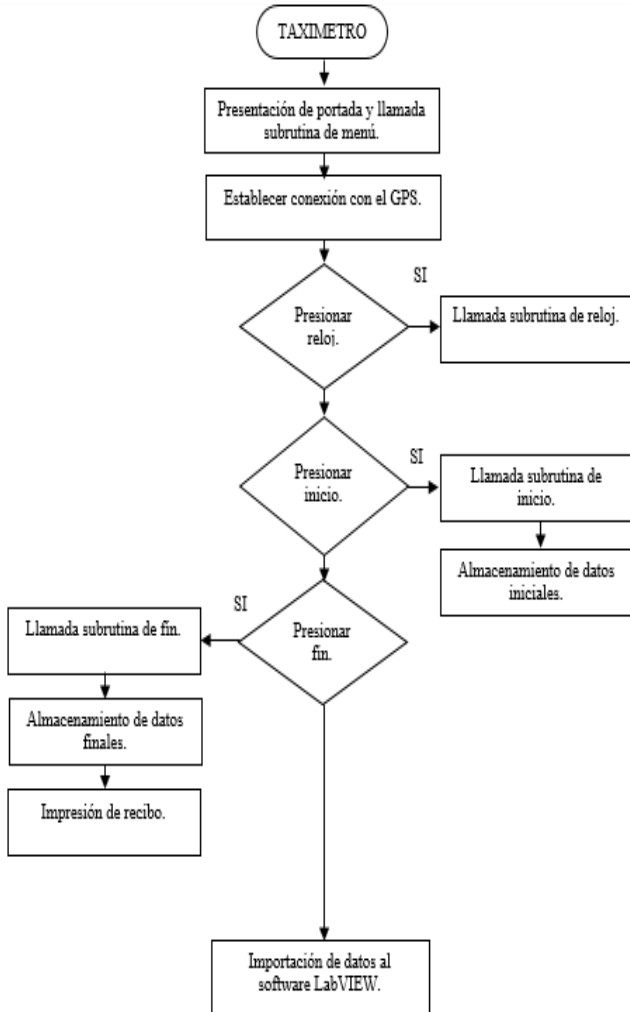


Figura 7. Flujograma del funcionamiento del dispositivo.

Para poner en funcionamiento al taxímetro se disponen de cuatro botones en la pantalla táctil TFT 3.2” que tienen las funciones de reloj, inicio, fin y home. Al presionar cada uno de los botones se presentan diferentes ventanas con información para el usuario y el conductor. Estos se observan en la figura 8.



Figura 8. Botones de control táctil.

La función de cada uno de los botones táctiles se indica en la siguiente tabla.

Icono	Función
	Muestra la segunda pantalla, en la cual se visualiza la fecha y hora actual.
	Muestra la ventana con el funcionamiento del taxímetro, se observa el tipo de tarifa, lugar inicio, tiempo de espera y kilómetros recorridos.
	Muestra la ventana al dar fin al taxímetro y se observan datos como el lugar final, subtotal y total a cancelar de la carrera.
	A través de este botón se muestra la pantalla principal y todas las variables toman sus valores iniciales.

Tabla 2. Función de los iconos del menú.

Durante el funcionamiento del dispositivo se distinguen cuatro ventanas que indican las siguientes actividades:

- Portada.
- Reloj.
- Inicio del funcionamiento del taxímetro.
- Fin del funcionamiento del taxímetro.

Al presionar el icono de Reloj se muestra la segunda ventana, en la cual se observa un mensaje de bienvenida, la fecha y hora actual, que son datos obtenidos directamente del GPS. Además se indica en el menú el icono Home, el cual permite mostrar la ventana principal.



Figura 9. Ventana de reloj.

Al presionar el icono Inicio se muestra la ventana con los datos de funcionamiento del taxímetro. En ella se observa el tipo de tarifa, el lugar de inicio de la carrera, el valor de arranque inicial, el tiempo de espera y los kilómetros recorridos.



Figura 10. Ventana de inicio de taxímetro.

Al presionar el icono Fin se muestra la última ventana, en la cual se indica el lugar de llegada, el subtotal y el total de la carrera, para finalmente proceder a imprimir automáticamente el recibo.



Figura 11. Ventana de fin de taxímetro.

2.3 Impresora térmica

La impresora térmica funciona a través de una serie de agujas calientes que van recorriendo el papel termo sensible y que al estar en contacto se vuelve de color negro. Una gran ventaja de este tipo de impresora son los costos muy bajos por impresión ya que no consume más que el propio papel.



Figura 12. Impresora térmica.

El panel trasero consta de dos conectores de tres pines; uno para la alimentación y otro para la comunicación serial. Este elemento trabaja a través de la comunicación serial con el Arduino y necesita de una alimentación de 5V-9V que es suministrada por un cargador de 5V y 2A necesarios para su buen funcionamiento.

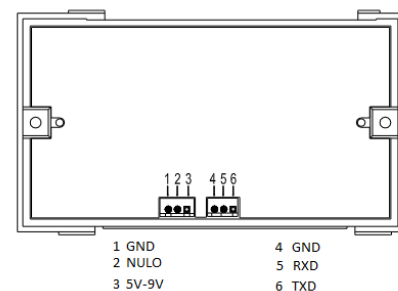


Figura 13. Pines de conexión de la impresora térmica.

Las conexiones que se realizan para que el funcionamiento sea en conjunto con la placa de Arduino mega son las siguientes:

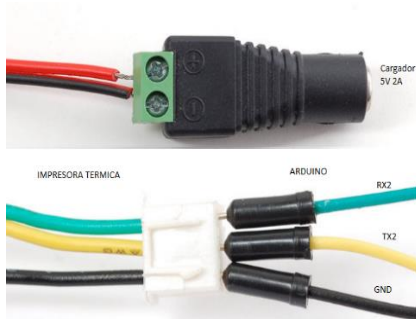


Figura 14. Conexión de la impresora térmica con Arduino mega y alimentación.

Esta se encarga de emitir un recibo al pasajero en el que se indica el valor a pagar por el servicio. Esta información es programada en Arduino a través del código siguiente:

```

CON_SECTORIZACION
printer.setTextSize('S');
printer.println("***COMPANIA***");
printer.setTextSize('M');
printer.println("BRISLAGTURIS S.A.");
printer.setTextSize('S');
printer.println("IBARRA-ECUADOR");
printer.println("RUC:-----");
printer.println("Aut. SRI:-----");
printer.println("-----");
printer.println("PROPIETARIO");
printer.println("CELULAR");
printer.println("Placa:--");
printer.justify('L');
printer.println();
printer.print(F("Fecha de emision:  "));
printer.print(gps.date.day());
printer.print(F("/"));
printer.print(gps.date.month());
printer.print(F("/"));
printer.print(gps.date.year());
printer.println();
printer.print(F("Hora:  "));
int hora=(gps.time.hour()-5);
printer.print(hora);
printer.print(F(":"));
printer.print(gps.time.minute());
printer.print(F(":"));
printer.print(gps.time.second());
    
```

Figura 15. Código de programación impresora.

El recibo impreso consta de la siguiente información: nombre de la compañía o cooperativa, RUC, SRI, nombre del propietario, número de teléfono, placa del vehículo, fecha y hora de emisión, lugar de inicio y llegada, tiempo de viaje, valor de arranque, distancia recorrida, tiempo de espera, subtotal y total a pagar.



Figura 16. Formato de impresión de recibo.

2.4 Sectorización ciudad de Ibarra

Con la utilización del Sistema de Posicionamiento Global y la comparación de los valores de latitud y longitud se realiza la sectorización de la ciudad de Ibarra en 28 zonas que son:

1	Azaya	11	Pugacho	21	La Campiña y Primavera
2	Huertos Familiares	12	Redondel de la Madre	22	10 de Agosto
3	Yahuarcocha	13	Centro, Mercado	23	Caranqui
4	Alpachaca	14	La Victoria	24	Ejido de Caranqui
5	Hospital del Seguro	15	La Florida	25	La Esperanza
6	Estadio	16	El Ejido	26	Priorato
7	El Olivo	17	Parque Céntrica Bulevar	27	Milagro
8	Jardín de Paz	18	Terminal Terrestre	28	San Antonio
9	Hospital Vicente San de Paul	19	Yacucalle		
10	La Merced	20	Los Ceibos		

Tabla 3. Sectorización ciudad de Ibarra.

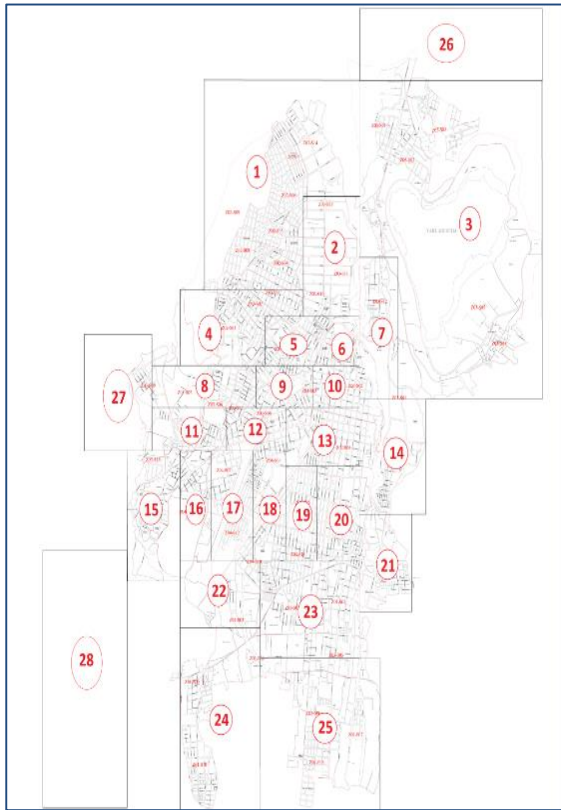


Figura 17. Mapa sectorizado.

2.5 Almacenamiento de datos

Para el almacenamiento de datos de los viajes realizados por el vehículo y que son registrados por el taxímetro se utiliza el módulo MicroSD que viene incluido en la pantalla táctil que ampliará enormemente la capacidad de memoria del Arduino. Este módulo trabaja con la interfaz SPI que es un protocolo de datos en serie síncrono que utilizan los microcontroladores para comunicarse con uno o más dispositivos periféricos utilizando sus líneas de comunicación: MOSI, MISO, CLK y CS.

Las conexiones que se realizan entre el shield de la pantalla táctil y Arduino para poner en funcionamiento el módulo MicroSD son las siguientes:

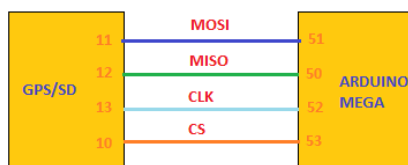


Figura 18. Conexión de módulo SD con Arduino mega.

Para almacenar los datos en un archivo en formato Excel se maneja la extensión csv y es necesario utilizar la librería llamada SD en el código de programación.

2.6 Análisis de datos

Para el análisis de los datos almacenados se realiza un programa en LabVIEW, el cual nos ayuda a realizar diferentes cálculos estadístico para conocer la movilidad de las personas en la ciudad de Ibarra. En la siguiente figura se muestran los datos que se importan desde el sistema embebido Arduino, mediante una microSD, hacia LabVIEW para su posterior procesamiento.

LabVIEW es un instrumento de programación gráfica que inicialmente fue orientado a las aplicaciones de control de elementos electrónicos de instrumentación virtual. Por tal razón todos los programas que son realizados en esta herramienta se guardan en tipos de ficheros VI, cuyo significado es instrumento virtual.

Utiliza un lenguaje y a la vez un entorno de programación gráfica en el que se pueden crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla. El programa creado realiza un conjunto de actividades para el análisis de datos, las cuales se observa en la siguiente figura.

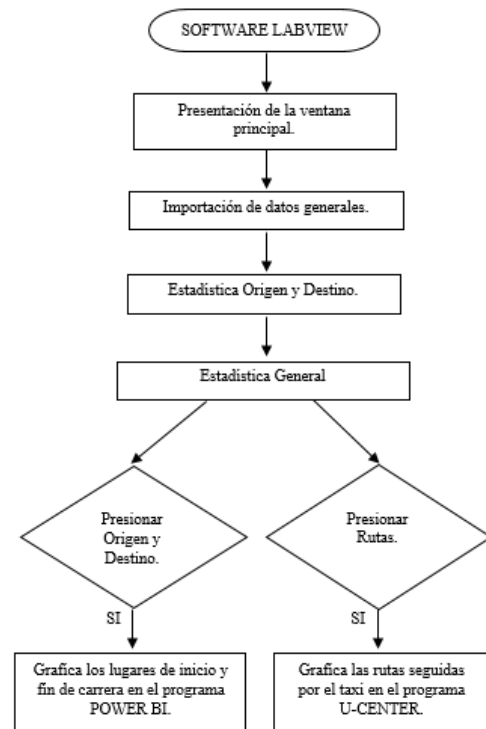


Figura 19. Diagrama de flujo del programa de análisis de datos.

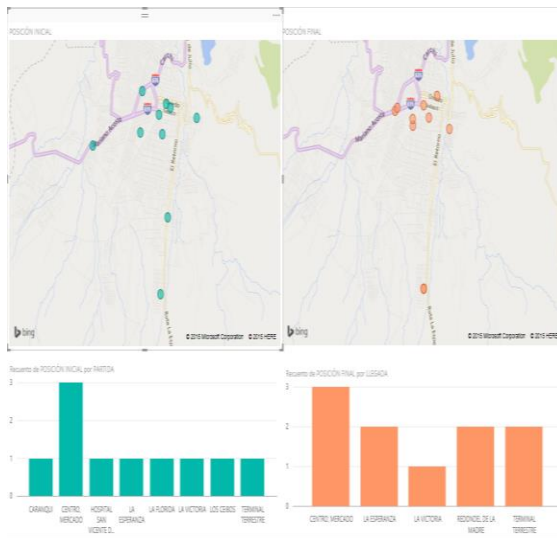


Figura 24. Ventana del programa Power BI.

Además, debajo de cada uno de los mapas se genera un gráfico de barras, a través del cual se identifica los lugares con mayor número de viajes al inicio y fin de las carreras realizadas.

Con la ejecución del programa U-center se grafica las rutas seguidas por el vehículo en cada una de las carreras realizadas, que se logra gracias al archivo de texto almacenado en la tarjeta de memoria, que al ser abierto por este programa se grafica todos los puntos almacenados a través del funcionamiento del taxímetro durante el desplazamiento del vehículo. Esto se indica en la figura 81.

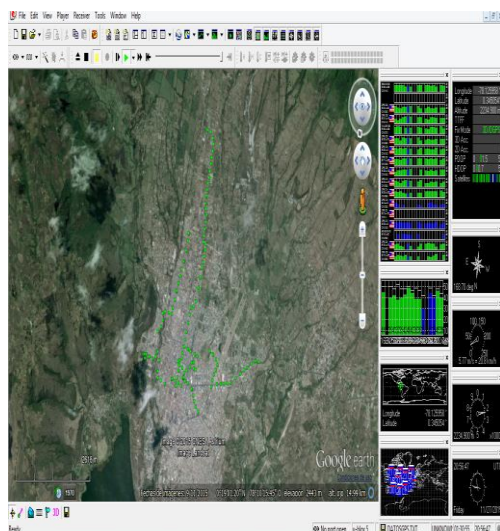


Figura 25. Ventana del programa U-center.

4. Conclusiones

El taxímetro diseñado en Arduino Mega realiza todas las funciones de un taxímetro convencional, permite facturar cada viaje e imprimir sus respectivos comprobantes, respetando las tarifas vigentes en el respectivo horario de funcionamiento de acuerdo a lo establecido por la autoridad competente.

Las opciones adicionales que brinda el prototipo desarrollado, son almacenaje de datos de kilometraje, distancia, tiempos de espera, ubicación de inicio y fin de carrera, para su posterior adquisición hacia una PC y procesamiento.

Con el uso del dispositivo, la información almacenada en el Arduino MEGA puede ser importada a través de una MicroSD hacia una PC fácilmente, cuyos resultados aportarán información valiosa para las instituciones encargadas de manipular y realizar proyectos en lo que se refiere al sistema de transporte en la ciudad

Con los datos almacenados se puede obtener un análisis general de todos los viajes realizados durante determinadas fechas para conocer la cantidad de kilómetros recorridos por el vehículo, como también los ingresos obtenidos en ese rango de funcionamiento, información que puede ser valiosa incluso para el propietario del vehículo.

El Sistema de Posicionamiento Global acoplado al taxímetro permite guardar una posición cada 150 metros durante el desplazamiento del vehículo, datos que al ser subidos al programa U-center grafican las rutas seguidas en los diferentes viajes realizados.

El dispositivo GPS trabaja con hasta 20 satélites a la vez, por lo que proporciona una precisión de hasta 5 metros, obteniendo de esta manera gran exactitud al momento de definir los lugares de inicio y llegada de carrera.

El costo final del prototipo de taxímetro es de \$250 dólares americanos, siendo un precio muy competitivo en el mercado, respecto al valor de otros taxímetros que actualmente se comercializan en el país.

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por brindarme en todo momento su apoyo incondicional, a mis maestros que durante este tiempo supieron impartirme sus conocimientos, al Ing. Fredy Rosero Msc. Director del Proyecto, quién fue la persona que me guio para realizar con éxito el trabajo de grado.

De igual forma a la Universidad Técnica del Norte por haberme facilitado todas las herramientas necesarias a lo largo de esta carrera.

Referencias Bibliográficas

- [1] M. S. Gordón Salvatierra, La movilidad sustentable en Quito: una visión desde los mas vulnerables, Quito: Ediciones AbyaYala, 2012.
- [2] M. Herce Vallejo, Sobre la MOVILIDAD en la ciudad, Barcelona: Reverté, 2009.
- [3] J. J. Arrué, «Sobre la movilidad urbana,» 2009. [En línea]. Available: http://www.ciudadnuestra.org/index.php?fp_cont=1505.
- [4] G. Benavides y S. Rodas, Protocolo de Asistencia Integral a Personas en Movilidad, Quito, Ecuador: Inédito, 2009.
- [5] L. Letham, GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global, Barcelona: Editorial Paidotribo, 2001.
- [6] P. Correia, Guía práctica del GPS, Barcelona: Marcombo, 2002.
- [7] J. Urrutia, Cartografía, Orientación y GPS, Etor-Ostoa S.L., 2006.
- [8] «Industrias Saludes,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.industriassaludes.es>.
- [9] «FM & W,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.fmwservicios.com>.
- [10] INEN, «Taxímetros, requisitos metrológicos y técnicos,» 2013. [En línea]. Available: www.inen.gob.ec.
- [11] G. A. Galeano Atehortúa, Programación de sistemas embebidos en C, teoría y prácticas aplicadas a cualquier microcontrolador, México: Alfaomega Grupo Editor, 2009.
- [12] R. Cayssials, Sistemas embebidos FPGA, España: Marcombo, S.A., 2014.
- [13] Ó. T. Artero, Arduino : curso práctico de formación, España: RC Libros, 2013.
- [14] F. E. Valdés Pérez y R. Pallàs Areny, Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC, España: Marcombo, 2007.
- [15] F. Perea, Arduino Essentials, Packt Publishing Ltd, 2015.
- [16] F. Reyes Cortés, J. Cid Monjaraz y E. Vargas Soto, Mecatrónica: control y automatización, México: Alfaomega Grupo Editor, 2013.
- [17] T. Bress, Effective LabVIEW Programming, NTS Press, 2013.
- [18] «Arduino,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc>.
- [19] «ITeAd Studio,» 25 Octubre 2011. [En línea]. Available: <http://www.iteadstudio.com>.
- [20] «Adafruit,» 18 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://learn.adafruit.com>.
- [21] «Bust a Tech,» 25 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.bustatech.com>.
- [25] A. N. d. Tránsito, «Agencia Nacional de Tránsito,» 25 Mayo 2015. [En línea].

Sobre los Autores...

César MORALES. Nació en la ciudad de Atuntaqui el 30 de junio de 1992. Realizó sus estudios primarios en la escuela Dos de Marzo. Sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Otavalo en la especialidad de Físico Matemático. Actualmente es egresado de la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Fredy ROSERO. Nació en la ciudad de Ibarra el 29 de Diciembre de 1984. Cursó sus estudios secundarios en el Colegio Fisco-misional “San Francisco” en la especialidad Físico Matemático; sus estudios de pregrado los realizó en la Escuela Politécnica del Ejército, obteniendo el título de Ingeniero Automotriz. En los estudios de postgrado obtuvo un Diplomado Superior en Autotróica en la Escuela Politécnica del Ejército, finalmente obtuvo una Maestría en Ingeniería del Transporte en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.