



UNIVERSIDAD DE BELGRANO

Las tesis de Belgrano

Facultad de Ingeniería
Carrera Ingeniería Electrónica
Orientación Telecomunicaciones

Tarifación automática para medios de transporte

N° 482

Emanuel Affatati

Tutor: Ing. Eduardo Martínez

Departamento de Investigaciones
2012

Universidad de Belgrano
Zabala 1837 (C1426DQ6)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina
Tel.: 011-4788-5400 int. 2533
e-mail: invest@ub.edu.ar
url: <http://www.ub.edu.ar/investigaciones>

Índice de Contenidos:

Índice de Contenidos:.....	3
Introducción:.....	5
Objetivo:.....	7
Capítulo 1: Análisis del sistema actual de tarificación.....	7
1.1 Tarifas estipuladas por resolución 13/2009.....	8
1.1.1 Líneas de colectivos que circulan en Capital Federal.....	8
1.1.2 Líneas de colectivos que circulan en Gran Buenos Aires.....	9
1.1.3 Líneas con numeración mayor a 500.....	9
1.2 Protocolo NMEA.....	9
1.2.1 Típicas sentencias NMEA.....	9
1.3 Paralelos, Meridianos, Latitud y Longitud.....	11
1.3.1 Paralelos y Meridianos:.....	11
1.3.2 Paralelos:.....	11
1.3.3 Meridianos:.....	12
1.3.4 Latitud:.....	12
1.3.5 Longitud:.....	13
1.4 Elección del hardware.....	14
1.4.1 Elección del Módulo GPS:.....	14
Capítulo 2: Diseño del sistema de tarificación.....	15
2.1 Diagrama en bloques del equipo.....	15
2.2 Autómata de Estado Finito.....	16
2.2.1 Representación como diagramas de estados.....	16
2.2.2 Autómata finito determinista (AFD).....	16
2.2.3 Autómata finito no determinista (AFND).....	16
2.2.4 Máquina de Moore.....	16
2.2.5 Máquina de Mealy.....	17
2.2.6 Autómata Principal del Dispositivo.....	17
2.2.7 Manejo de datos recibidos del GPS.....	17
2.3 Cola de interrupciones.....	18
2.4 Algoritmo de tarificación.....	19
2.5 Recaudos a tomar en cuenta para aplicar el sistema automático de tarificación:.....	23
2.6 Ventajas del Sistema de tarificación automático:.....	23
2.7 Proyección del sistema de tarificación a la realidad:.....	24
Capítulo 3: Pruebas del Sistema de tarificación.....	24
3.1 Recorrido para testeo del dispositivo.....	25
Conclusiones.....	26
Índice de ilustraciones:.....	27
Anexos.....	27
Software Utilizado.....	27
Bibliografía.....	27
Webgrafía.....	28

Introducción:

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha visto la necesidad de transportarse, ya sea para encontrar alimentos, escapar de posibles amenazas, como medio de comunicación, o sólo por mera curiosidad de conocer nuevos lugares.

Los primeros medios de transporte eran animales domesticados, mayormente caballos. Estos sólo podían transportar entre una y dos personas dependiendo del peso de las mismas. A partir de la invención de la rueda, se comenzaron a usar medios de transporte con una mayor capacidad de pasajeros, como los trineos, carretas y caravanas. Con la aparición de los medios de transporte de gran capacidad, surgió la problemática de realizar el cobro del servicio a los clientes.

En la República Argentina, cada medio de locomoción masiva, ya sea subterráneo, colectivo o taxi, se rige mediante una tarifa diferente.

Para el caso de los subterráneos, en la capital federal existen más de cinco líneas. Todas estas líneas se encuentran conectadas entre sí, permitiendo una tarifa única para circular por cualquiera de ellas, mientras uno se encuentre dentro del complejo de subterráneos.

El caso de los trenes, es diferente al del subterráneo. Por empezar, los trenes no se encuentran conectados entre sí, por lo tanto se debe pagar el boleto nuevamente cada vez que uno toma un tren distinto. Además, la tarifa varía dependiendo de la cantidad de estaciones avanzadas.

Sin lugar a dudas, el sistema más complejo de tarificación siempre ha sido el colectivo, que es el tema a tratar en esta tesina. La razón por la cual realizo esta afirmación, es que sólo en la capital federal, existen más de 60 líneas diferentes, propiedad de 40 empresas distintas. No es difícil imaginarse que llegar al acuerdo de la tarifa a cobrar y del método de cobranza a aplicar, no es una materia simple.

En la actualidad, las tarifas están reguladas por la resolución 13/2009, que dicho en pocas palabras, estipula que el valor del viaje depende de la cantidad de kilómetros que el pasajero avanza desde que sube, hasta su descenso de la unidad de transporte.

Con respecto al método de cobranza, éste ha vivido una serie de modificaciones con el paso de los años. En un principio, las líneas de colectivos contaban con una persona que se encargaba exclusivamente de cumplir esta tarea. El mismo se encontraba en el vehículo junto al chofer, y le cobraba el boleto a cada pasajero que subía a la unidad. De esta manera, el conductor sólo debía preocuparse de manejar el ómnibus.

Luego, con la idea de reducir costos, se delegó la tarea de cobrar y dar vuelto al conductor. Con el aumento de la población y como consecuencia del incremento de la gente que viajaba en colectivos, la demora en el cobro del boleto comenzó a tornarse tediosa, hasta volverse inaceptable para los pasajeros.

Tiempo después, se liberó al conductor del manejo del dinero, pero se le mantuvo la tarea de realizar la tarificación del viaje. El pago del viaje comenzó a ser realizado por el usuario a través de una máquina que acepta sólo monedas. La secuencia de cobro se puede describir como a continuación. Cada vez que sube un pasajero al medio de transporte, el usuario tiene que informar su destino al conductor. El conductor designa el monto del viaje de acuerdo a las tarifas estipuladas en la resolución 13/2009. El usuario ingresa mediante monedas el saldo designado por el conductor. Finalmente, la máquina le otorga un ticket al usuario con el monto del boleto.



Ilustración 1: Panel de mando para máquina de cobro por monedas



Ilustración 2: Máquina de Monedas

La última novedad en la tarificación, es la incorporación de la tarjeta SUBE (Sistema Único de Boleto Electrónico). De esta manera, se está tratando de dejar de lado la antigua manera de abonar el monto del viaje mediante monedas, aunque todavía se mantiene este sistema como alternativa de pago en todas las líneas. La otra ventaja que trae la tarjeta SUBE, es que también puede ser usada en subterráneos. Como punto en contra, el cobro del viaje, con los cálculos que acarrea el mismo, sigue siendo tarea del conductor.



Ilustración 3: Panel de Mando para máquina de cobro por monedas y tarjeta SUBE



Ilustración 4: Lectora de tarjeta SUBE

Objetivo:

El objetivo principal de esta tesina es el diseño de un sistema de tarificación, en el cual la participación del ser humano sea la mínima e indispensable.

En los sistemas actuales de tarificación, el conductor del medio de transporte se encarga de la tarea primaria que es manejar el vehículo, y además del cálculo del valor del viaje, y la ejecución del cobro del viaje.

No es difícil darse cuenta, que las tres tareas no pueden completarse con calidad si son realizadas simultáneamente.

Me gustaría agregar que, en un país con uno de los índices más altos de accidentes de tránsito, la principal preocupación que debería tener una persona cuando está manejando, es el tránsito.

Capítulo 1: Análisis del sistema actual de tarificación.

Siempre que se va a realizar una mejora a un sistema ya existente y consolidado, lo primero que debe hacerse es estudiar el comportamiento del sistema actual. El segundo paso es analizar si las mejoras sugeridas realmente resultan favorables para el funcionamiento del sistema. Por último, si el caso es afirmativo, se implementa la modificación sobre el sistema. En el caso contrario, no se implementa la mejora sugerida.

En esta tesina, analizaré el sistema de tarificación de los colectivos. El funcionamiento actual de este sistema, se puede explicar de la siguiente manera.

El pasajero sube a la unidad de transporte, y le comunica el medio de pago al conductor, si va a ser mediante monedas, o mediante el nuevo sistema SUBE (tarjeta electrónica).

A continuación, el usuario debe especificar el destino de su viaje al conductor.

El mismo debe conocer las calles del destino mencionado por el pasajero, y calcular los kilómetros que el medio de transporte avanza desde su posición actual, hasta el destino del usuario.

Sabiendo el número de kilómetros, debe verificar a que tarifa corresponde de acuerdo a la **Resolución 13/2009**, y presionar en un panel de comandos el botón correspondiente para cobrar esa tarifa.

Por momentos, todas estas acciones son realizadas en forma simultánea por el chofer, sumadas a la tarea primaria de conducir. Es claro que no pueden ser desarrolladas mediante precisión, si son realizadas al mismo tiempo.

La deficiencia en las tareas de conducción la podemos ver reflejada en la siguiente estadística obtenida del sitio: <http://www.luchemos.org.ar>

Nuestra preocupación

Argentina ostenta uno de los índices más altos de mortalidad producida por accidentes de tránsito:

Veintidós personas mueren por día, unos 8.000 muertos por año, y más de 120.000 heridos anuales de distinto grado, además de cuantiosas pérdidas materiales, que se estiman en unos 10.000 millones de dólares anuales.

Esta cifra es significativamente elevada si se la compara con los índices de otros países, en relación a su población y número de vehículos circulantes (En Argentina unos 7 millones de vehículos).

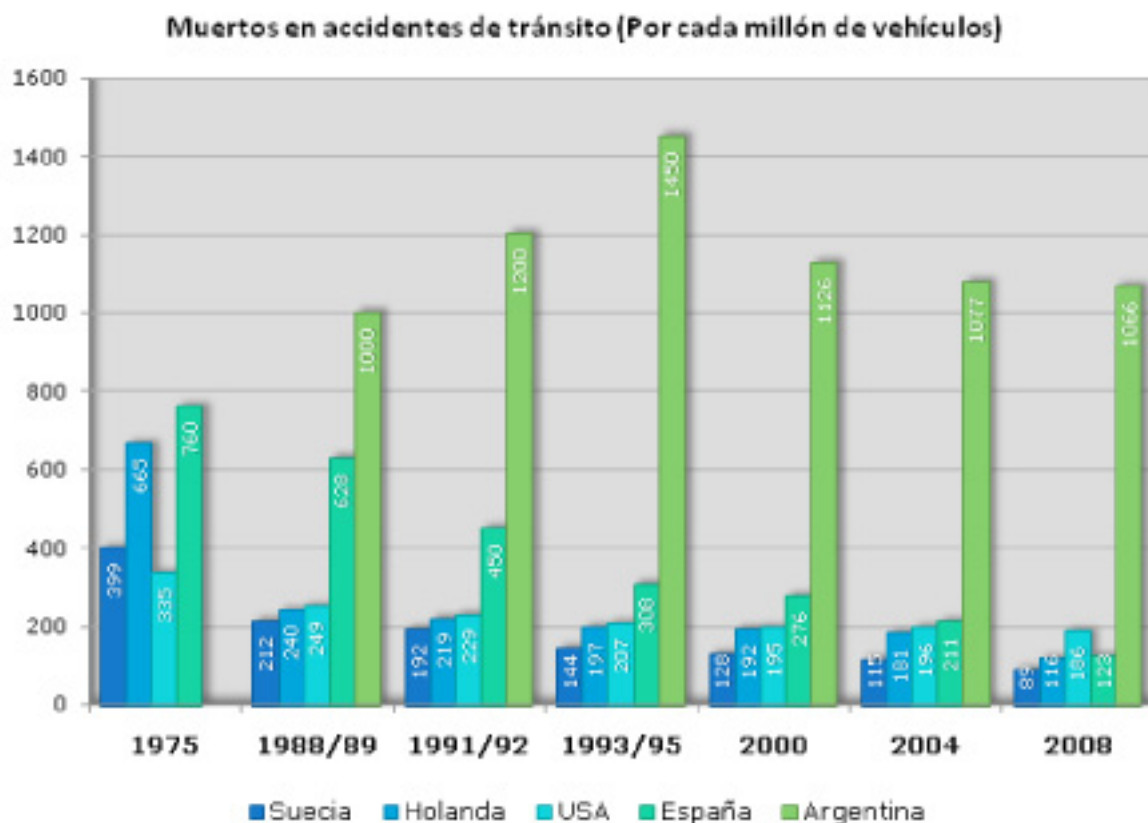


Ilustración 5: Índices de muertos en accidentes de tránsito

En las siguientes subsecciones de esta tesina, citaré varios fundamentos teóricos necesarios para realizar la lectura de esta tesina.

1.1 Tarifas estipuladas por resolución 13/2009

Los precios de los medios de transporte son regulados por la Comisión Nacional del Transporte (CNRT) del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS. La ley actual que estipula los precios de los colectivos es la Resolución 13/2009.

A continuación, realizo un resumen de las tarifas actuales de colectivos.

En este punto de la tesina, me gustaría hacer una aclaración. Existe una vieja costumbre, que dice que los viajes de los colectivos son cobrados por sección. Esto corresponde a una vieja ley. La nueva ley, define las tarifas de acuerdo a los kilómetros recorridos desde que uno subió a la unidad de transporte hasta su descenso del mismo.

1.1.1 Líneas de colectivos que circulan en Capital Federal (Líneas 1 a 2)

DISTANCIA	Precio de BOLETOS
No mas de 3km.	Boleto Mínimo dentro de Capital Federal: \$1,10
Entre 3km. y 6km.	Boleto dentro de Capital Federal: \$1,20
De 6 a 12 km. de recorrido aproximadamente hasta el final del recorrido si el viaje Finaliza en Capital Federal.	Boleto dentro de Capital Federal: \$1,25

Entre 12 y 27km. de recorrido aproximadamente.	Si se toma el colectivo en Capital Federal y se termina el viaje en el Gran Buenos Aires o viceversa: \$1,75
Para viajes de más de 27km.	Si se toma el colectivo en Capital Federal y se termina el viaje en el Gran Buenos Aires o viceversa: \$2,00

1.1.2 Líneas de colectivos que circulan en Gran Buenos Aires (Líneas 200 a 500)

DISTANCIA	Precio de BOLETOS
Abarca la primera sección del recorrido, aproximadamente no más de 3km.	Boleto Mínimo en Provincia: \$1,10
Abarca la segunda sección del recorrido, aproximadamente entre 3km. y 6km.	Dentro de provincia: \$1,50
Abarca más de 3 secciones de viaje, de 6 a 12 km. de recorrido.	Dentro de provincia: \$1,75
Abarca desde la cuarta sección del viaje en adelante, aproximadamente viajes de más de 12km.	Dentro de provincia: \$2,00

1.1.3 Líneas con numeración mayor a 500

Las Líneas que tienen numeración 500 en adelante las tarifas correspondientes son asignadas por cada municipio en donde la línea presta servicio

1.2 Protocolo NMEA

El protocolo NMEA 0183, o simplemente NMEA, es una especificación eléctrica y de datos que fue definido y es controlado por la National Marine Electronic Association (NMEA).

El fin del protocolo es la comunicación entre dispositivos marinos electrónicos, tales como GPS, compases, pilotos automáticos, etcétera; con el fin de saber la posición del objeto sobre la superficie terrestre.

El protocolo fue pensado para trabajar enviando líneas de datos, llamadas sentencias, que sean totalmente independientes unas de otras.

Los datos de este protocolo son caracteres ASCII.

Cada sentencia del protocolo NMEA, comienza con el carácter '\$', y termina con los caracteres CR (carriage return) y el carácter LF (line feed).

El protocolo estipula que la longitud máxima que puede tomar una sentencia NMEA es de 80 caracteres.

Los diferentes campos que forman la trama NMEA, se encuentran separados por el carácter ',' (coma).

1.2.1 Típicas sentencias NMEA

Existen sentencias estándar para cada categoría de equipo, y existe además la capacidad de poder definir sentencias propias.

Cada tipo de sentencia tiene un prefijo de 2 caracteres para identificar el dispositivo que va a usarlas. Para los receptores GPS, el prefijo es GP, seguido por 3 caracteres que definen los contenidos de esa sentencia.

A continuación explico los campos de dos de las más conocidas tramas del protocolo NMEA.

GP GGA – Data esencial de la calidad de la muestra que provee locación 3D y datos exactos

La trama se ve similar a la siguiente:

\$GP GGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,

NMEA value	Explanation
GGA	Datos de la muestra del Sistema de posicionamiento global
123519	Muestra tomada a las 12:35:19 UTC
4807.038,N	Latitud 48 grados 07.038' N
01131.000,E	Longitud 11 grados 31.000' E
1	Calidad de la muestra: 0 = invalida 1 = Muestra GPS (SPS) 2 = Muestra DGPS 3 = Muestra PPS 4 = Cinématico en tiempo real 5 = Float RTK 6 = estimada (dead reckoning) 7 = Modo de entrada manual 8 = Modo de simulación
08	Número de satélites detectados
0.9	Dilución Horizontal de la Posición
545.4,M	Altitud de la Antena Sobre/Bajo Nivel del Mar Intermedio (geoide), M = metros
46.9,M	Separación Geoidal (Dif. entre elipsoide terrestre WGS-84 y nivel del mar intermedio), M = metros
*47	Suma de Verificación, siempre comienza con *

GPRMC – NMEA tiene su propia versión de datos esenciales de posición, velocidad y tiempo.

La trama se ve similar a la siguiente:

\$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A

NMEA value	Explanation
RMC	Mínimos datos recomendados
123519	Muestra tomada a las 12:35:19 UTC
A	Estado: A=activo ; V=vacío.
4807.038,N	Latitud 48 grados 07.038' N

01131.000,E	Longitud 11 deg 31.000' E
022.4	Velocidad sobre la tierra en nudos
084.4	Ángulo de seguimiento en grados
230394	Fecha – 23 de Marzo de 1994
003.1,W	Variación Magnética
*6A	Suma de Verificación, siempre comienza con *

A partir de la versión 2.3 del protocolo NMEA, existe un nuevo campo al final de la sentencia RMC, justo antes del campo Suma de Verificación.

Para más información del protocolo NMEA, referirse al apéndice técnico.

1.3 Paralelos, Meridianos, Latitud y Longitud

Para determinar cualquier punto en un plano, se suele utilizar un sistema de coordenadas, el cual mediante un par ordenado, permite indicar unívocamente la posición de un punto en el plano.

En el caso de ubicación de un punto en la superficie del planeta tierra, se suele utilizar un sistema de coordenadas geométricas, el cual mediante dos ángulos llamados LONGITUD y LATITUD, permite ubicar cualquier punto sobre la superficie terrestre.

Ya que el planeta Tierra tiene forma de esfera, al igual que los círculos y los ángulos, permite ser medida en grados.

La ventaja que tiene utilizar expresiones angulares en vez de coordenadas, es que el ángulo formado por dos rectas, es independiente de la longitud de estas rectas, como lo muestra la figura siguiente:



Ilustración 6: Mismo ángulo con diferentes longitudes de líneas

De esta manera, sólo con dos ángulos llamados LATITUD y LONGITUD es posible definir un punto en la superficie del planeta Tierra, sin necesidad de utilizar una tercera coordenada para indicar la altura del punto respecto al centro de la Tierra.

1.3.1 Paralelos y Meridianos:

Los Paralelos y Meridianos son líneas imaginarias que dividen al planeta Tierra con la finalidad de localizar cualquier punto de la superficie terrestre.

1.3.2 Paralelos:

Se denomina paralelo al círculo formado por la intersección de la esfera terrestre con un plano imaginario perpendicular al eje de rotación de la Tierra.

El Ecuador es el círculo máximo imaginario perpendicular al eje de rotación de la Tierra.

Este círculo, equidistante de los polos, divide la Tierra en dos hemisferios: hemisferio Norte, semiesfera que abarca desde el ecuador hasta el polo Norte, y hemisferio Sur, la otra semiesfera que comprende desde el ecuador hasta el polo Sur.

Por cualquier punto de la superficie terrestre se puede trazar un paralelo.

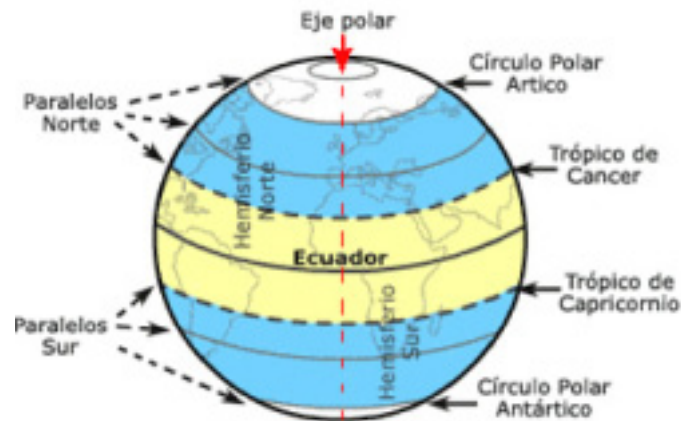


Ilustración 7: Paralelos del planeta Tierra

1.3.3 Meridianos:

Se denomina meridiano al círculo formado por la intersección de la esfera terrestre con un plano imaginario paralelo al eje de rotación de la Tierra.

El meridiano de Greenwich, también conocido como meridiano cero, meridiano base o primer meridiano, es el meridiano a partir del cual se miden las longitudes.

Recibe su nombre por pasar por la localidad inglesa de Greenwich, en concreto, por su antiguo observatorio astronómico.

Por cualquier punto de la superficie terrestre se puede trazar un meridiano.



Ilustración 8: Meridianos del planeta Tierra

A diferencia de los meridianos, los paralelos no son circunferencias máximas pues, salvo el ecuador, no contienen el centro de la Tierra.

1.3.4 Latitud:

Si trazamos una recta que vaya desde el punto **P** hasta el centro de la esfera **O**, el ángulo **a** que forma esa recta con el plano ecuatorial expresa la latitud de dicho punto.

Los puntos situados al norte del ecuador tienen latitud Norte (N), y tienen signo positivo, y los situados al Sur tienen latitud Sur (S), y tienen valor negativo.

En el ejemplo de esta figura, la longitud es Norte (N), puesto que el paralelo del punto **P** está al Norte del paralelo Ecuador.

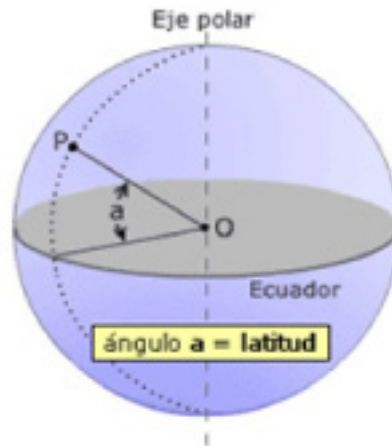


Ilustración 9: Ángulo de Latitud

Nota de los grados de Latitud:

Los grados de latitud están espaciados regularmente, pero el ligero achatamiento de la Tierra en los polos causa que un grado de latitud varíe de 110.57 Km. (68.80 millas) en el ecuador hasta 111.70 Km. (69.41 millas) en los polos.

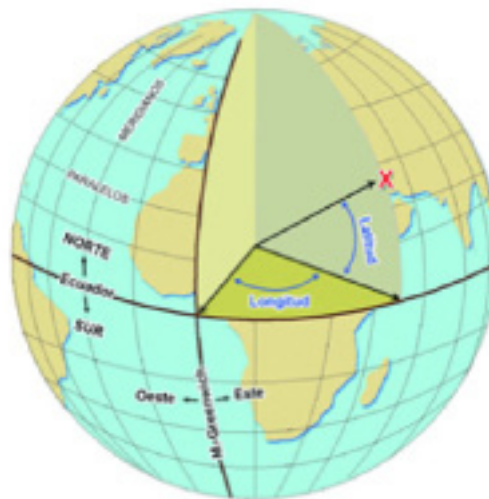


Ilustración 10: Punto del planeta

1.3.5 Longitud:

El ángulo **b** mide la distancia angular del meridiano del lugar **P** con el meridiano 0° (meridiano de Greenwich) sobre algún paralelo de la Tierra, con origen en el eje polar.

Es lo mismo medir este ángulo sobre el círculo del ecuador que sobre el círculo del paralelo que pasa por el punto **P**.

Los puntos situados al oeste del meridiano de Greenwich tienen longitud Oeste (W), y tienen signo positivo, y los situados al Este tienen longitud Este (E), y tienen valor negativo.

En el ejemplo de esta figura, la longitud es Oeste (W) puesto que el meridiano del punto **P** está al Oeste del meridiano de Greenwich.

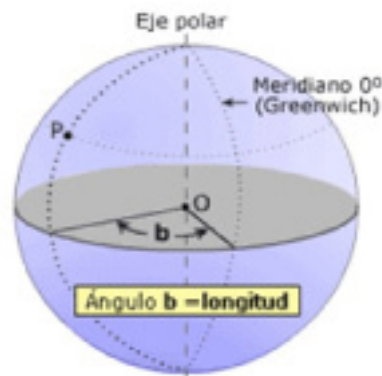


Ilustración 11: Ángulo de Longitud

1.4 Elección del hardware

1.4.1 Elección del Módulo GPS:

Como se ha explicado en la sección 1.1, la tarifa del viaje cambia cuando se cruza la General Paz, y se pasa para el lado de Provincia de Buenos Aires. Por lo tanto, resulta conveniente tener un GPS que verifique el momento en que se cruza la General Paz.

Ya que las paradas que se utilizan en el algoritmo de tarifación (sección 2.4), van a estar situadas cada 300 metros, se necesita un GPS que tenga una resolución de al menos de esta distancia.

Para el modelo de GPS ET-332 de la marca Global Sat, a continuación muestro los datos que son enviados en las tramas por el mismo, y con estos, calculo la resolución que maneja el dispositivo.

GGA-Global Positioning System Fixed Data

Table B-2 contains the values for the following example:

\$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,0.0,0000*18

Table B-2 GGA Data Format

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	161229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		See Table B-3
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude ¹	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation ¹		meters	
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR><LF>			End of message termination

¹SiRF Technology Inc. does not support geoid corrections. Values are WGS84 ellipsoid heights.

Ilustración 12: Definición del GPS ET-332

Comprobación de que la resolución del GPS es válida para el sistema de tarifación automático:
 Definición del GPS: 0.0001'

Minutos a Radianes: $360^{\circ} \times \frac{60'}{1^{\circ}} = 21600'$

$21600' \Rightarrow 2\pi \text{ rad}$

Grados a minutos:

$0.0001' \Rightarrow X = \frac{0.0001' \times 2\pi \text{ rad}}{21600'} = 2.9089e - 008 \text{ rad}$

Radio de la tierra = 6.378 km

*Sector Circulo = (Angulo en radianes) * R = 0.0000000298 rad * 6378 km*

Sector Circulo = 1.8553e - 004 km = 0.00018 km = 0.19 m

Ya que las paradas van a estar situadas cada 300 metros, y visto que el GPS ET-332 de la marca Global Sat tiene una resolución de 0,19 metros, tomé como decisión utilizar este GPS en la fabricación del dispositivo.

Capítulo 2: Diseño del sistema de tarifación

2.1 Diagrama en bloques del equipo

El dispositivo propuesto en esta tesina para encargarse de las tareas de tarifación, consta fundamentalmente de cinco componentes principales, listados a continuación.

Un módulo GPS, el cual mediante triangulaciones con satélites, devuelve en forma de tramas de caracteres ASCII la posición actual del ómnibus.

La interfaz con la tarjeta SUBE, que es la que posee el saldo con el que el pasajero cuenta para realizar viajes, y de donde el sistema de tarifación descuenta el monto del viaje realizado.

Un sistema de molinetes, para permitir el ingreso y egreso de los pasajeros al ómnibus dependiendo del saldo de su tarjeta.

La interfaz con las tecnologías heredadas, como es el sistema de pago mediante monedas. La posibilidad de agregar este bloque, se debe a que el sistema planteado en esta tesina plantea una modificación del sistema de tarifación actual, totalmente adaptable a las tecnologías utilizadas actualmente.

Por último, existe un microcontrolador que actúa como el cerebro central del sistema, encargándose de procesar las señales provenientes del sistema SUBE, para luego comandar al sistema de molinetes según corresponda, y finalmente en el descenso del pasajero, producir el efectivo descuento en la tarjeta del usuario de la tarifa del viaje realizado. Además, se encarga de procesar las tramas provenientes del módulo GPS, para actualizar la posición actual del ómnibus. Para más información del procedimiento de cobro, referirse a la sección 2.7.

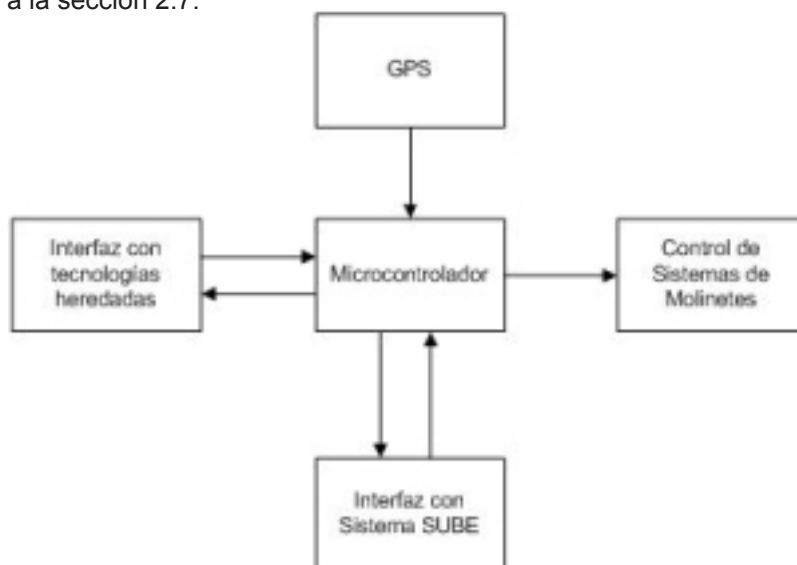


Ilustración 13: Diagrama en bloques del Equipo

2.2 Autómata de Estado Finito

Un autómata finito (AF) o máquina de estado finito es un modelo matemático que generalmente se utiliza para realizar cálculos en forma automática de acuerdo a una cadena de entrada, para producir una salida.

La operación del FSM comienza desde uno de los estados, llamado estado inicial, luego se desplaza de un estado a otro en función de la cadena de entrada de acuerdo a lo definido en la función de transición, y puede terminar en cualquiera de los estados disponibles. Sin embargo, sólo un conjunto de estados marca un flujo exitoso de operación.

Formalmente, un autómata finito (determinista) es una 5-tupla $(Q, \Sigma, q_0, \delta, F)$ donde:

Q es un conjunto finito de estados;

Σ es un alfabeto finito;

$q_0 \in Q$ es el estado inicial;

$\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$ es una función de transición;

$F \subseteq S$ es un conjunto de estados finales o de aceptación.

2.2.1 Representación como diagramas de estados

Los autómatas de estado finito pueden ser representados mediante grafos, llamados diagramas de estados finitos. Las directivas que se deben seguir para construir estos gráficos son las siguientes:

Los estados se representan como círculos, etiquetados con su nombre en el interior.

Una transición desde un estado a otro, dependiente de un símbolo de entrada del alfabeto, se representa mediante una arista dirigida que une a estos vértices, y que está etiquetada con dicho símbolo.

El estado inicial se caracteriza por tener una arista que llega a él, proveniente de ningún otro estado.

El o los estados finales se representan mediante círculos que están encerrados a su vez por otra circunferencia.

2.2.2 Autómata finito determinista (AFD)

Un autómata finito determinista es un autómata finito que además es un sistema determinista; es decir, para cada estado $q \in Q$ en que se encuentre el autómata, y con cualquier símbolo $a \in \Sigma$ del alfabeto leído, existe siempre solamente una transición posible $\delta(q,a)$.

En un AFD no pueden darse ninguno de estos dos casos:

Que existan dos transiciones del tipo $\delta(q,a)=q_1$ y $\delta(q,a)=q_2$, siendo $q_1 \neq q_2$;

Que existan transiciones del tipo $\delta(q,\epsilon)$, salvo que q sea un estado final, sin transiciones hacia otros estados.

2.2.3 Autómata finito no determinista (AFND)

Un autómata finito no determinista es aquel que, a diferencia de los autómatas finitos deterministas, posee al menos un estado $q \in Q$ tal que para un símbolo $a \in \Sigma$ del alfabeto, existe más de una transición $\delta(q,a)$ posible.

Haciendo la analogía con los AFDs, en un AFND puede darse cualquiera de estos dos casos:

Que existan transiciones del tipo $\delta(q,a)=q_1$ y $\delta(q,a)=q_2$, siendo $q_1 \neq q_2$;

Que existan transiciones del tipo $\delta(q,\epsilon)$, siendo q un estado no-final, o bien un estado final pero con transiciones hacia otros estados.

Cuando se cumple el segundo caso, se dice que el autómata es un autómata finito no determinista con transiciones vacías o transiciones ϵ (abreviado AFND- ϵ). Estas transiciones permiten al autómata cambiar de estado sin procesar ningún símbolo de entrada.

2.2.4 Máquina de Moore

Una Máquina de Moore es un autómata de estados finitos donde las salidas están determinadas por el estado actual únicamente (y no depende directamente de la entrada). El diagrama de estados para una máquina Moore incluirá una señal de salida para cada estado.

2.2.5 Máquina de Mealy

Una Máquina de Mealy es un tipo de máquina de estado finito que genera una salida, basándose en su estado actual y una entrada. Esto significa que el diagrama de estados incluirá ambas señales, la de entrada y la de salida, para cada línea de transición. En contraste, la salida de una máquina de Moore de estados finitos depende solo del estado actual de la máquina, dado que las transiciones no tienen entrada asociada. Sin embargo, para cada Máquina de Mealy hay una máquina de Moore equivalente cuyos estados son la unión de los estados de la máquina de Mealy y el Producto cartesiano de los estados de la máquina de Mealy y el alfabeto de entrada.

A continuación muestro las dos máquinas de Mealy que utilicé para este desarrollo:

2.2.6 Automata Principal del Dispositivo

El autómata mostrado a continuación, explica el funcionamiento del GPS, ante las diferentes entradas que puede recibir.

El autómata comienza en el estado OFFSTATE. Si se recibe cualquier entrada que no sea la generada por el botón de POWER, el autómata se mantiene en el estado de OFFSTATE. Si la entrada recibida por el autómata es la del botón de POWER, el autómata pasa al estado de STANDBY, y ejecuta la función init, donde se inicializan las distintas FIFOs, y puertos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de tarifación.

En el estado de STANDBY, si se presiona el botón de ADD_TRIP, el autómata queda en el mismo estado, y se adhiere un viaje a la cola de pasajeros. A partir de este momento, se empiezan a contabilizar los kilómetros avanzados por el pasajero. Si se presiona el botón ERASE_TRIP, se borra el viaje de la cola de viajes. Si se presiona el botón de POWER, se vuelve al estado de OFFSTATE, y se ejecuta la función close, que apaga las interrupciones.

Cada cierto periodo de tiempo, se agrega la interrupción de PLAY, que es la que se encarga de actualizar la posición actual del colectivo, y calcular los kilómetros que se avanzaron desde el punto en que el pasajero subió al colectivo, hasta la posición actual.

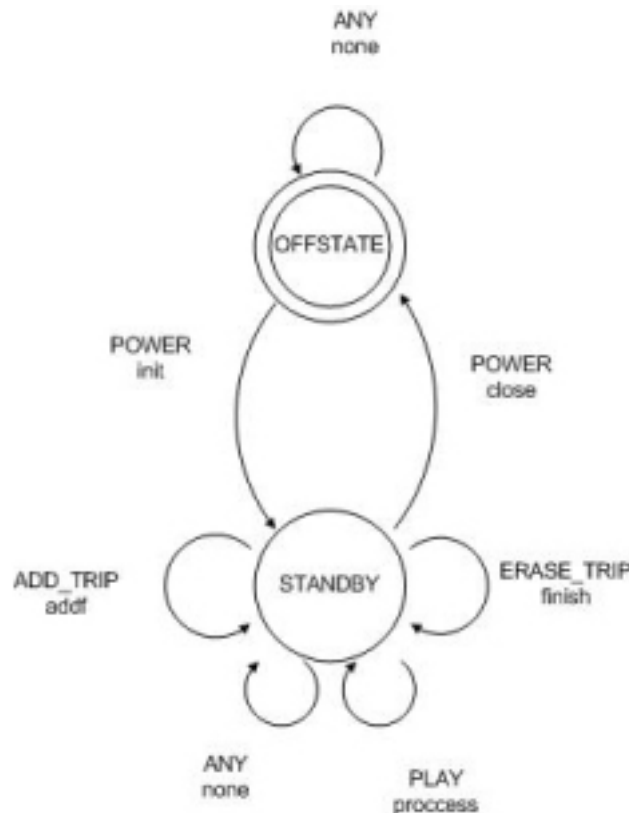


Ilustración 14: Diagrama principal del software

2.2.7 Manejo de datos recibidos del GPS

El Autómata de estado finito que se muestra a continuación, se encarga de controlar el recibimiento de los caracteres desde el módulo GPS.

El funcionamiento del mismo, se puede explicar así: el autómata comienza en el estado OFF. Si se presiona el botón de POWER, el autómata evoluciona hacia el estado WAIT_ST. Cabe destacar que encontrándose en el estado OFF, con cualquier otra entrada que no sea la correspondiente a la del botón de POWER, el autómata permanecerá en el mismo estado.

En el estado WAIT_ST, por cada carácter que se reciba que no sea igual al carácter del \$ (carácter de comienzo de trama), el autómata se mantendrá en este estado, y no ejecutará ninguna acción. En caso de que el carácter sea igual al de \$, el autómata se moverá al estado READY, y se ejecutará la función save_char.

Luego, por cada carácter que llegue que no sea igual al carácter de CR (carriage return, carácter de fin de trama), el autómata se mantendrá en el estado READY, y se ejecutará la función save_char. Si el carácter que llega es el CR, el autómata vuelve al estado WAIT_ST a esperar una nueva trama, y se ejecuta la actualización de la posición del dispositivo. Si el autómata se encuentra en el estado READY, y ocurre un error en la trama, el autómata vuelve al estado WAIT_ST a esperar por un nuevo carácter de \$.

Si se presiona el botón de POWER desde cualquier estado que no sea el de OFF, el autómata vuelve al estado inicial.

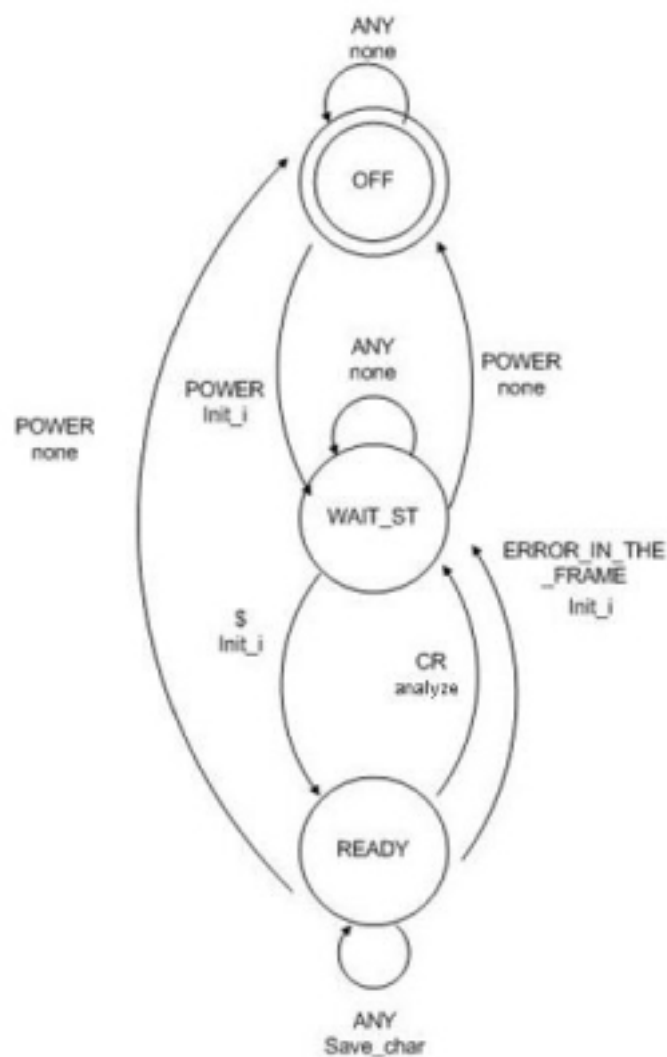


Ilustración 15: Diagrama de los datos recibidos del GPS

2.3 Cola de interrupciones

En el diseño de un sistema electrónico, lo primero que debe hacerse para delimitar las acciones que el dispositivo puede realizar, es definir el autómata que va a dirigir el funcionamiento del dispositivo.

En este autómata se definen todos los posibles estados que puede tomar el dispositivo, y las salidas que se generan para cada transición de un estado a otro dependiendo de las entradas que llegan.

La razón de definir el autómata, es que el dispositivo no se encuentre en ningún momento en algún estado anómalo. Esto quiere decir, que el dispositivo se encuentre en un estado donde no sepa cómo comportarse.

En mi caso, las entradas pueden llegar desde diferentes fuentes. Una de ellas es la interfaz HMI (human machine interface). Estas pueden ser cualquiera de los 3 botones, ya sea POWER, ADD o ERASE.

También pueden llegar desde el módulo GPS, en forma de caracteres ASCII, que forman las sentencias NMEA.

Por su naturaleza, estas entradas pueden ser leídas mediante dos métodos: el método de polling o encuesta, y el método de interrupciones.

Para el caso de esta tesina, he elegido utilizar el método de interrupciones para detectar las entradas que me llegan al autómata, ya que se gana mucho tiempo de procesamiento.

El problema que se genera con el método de interrupciones, es que siempre que llega una interrupción, y que el microcontrolador va a ejecutar la ISR correspondiente, se enmascaran las demás interrupciones. Esto quiere decir que, una vez que llega una interrupción y se ejecuta la correspondiente ISR, si en ese mismo momento llega otra interrupción, esta no será leída por el microcontrolador. Para solucionar este problema, diseñé un sistema de cola de interrupciones.

Lo primero que hice, fue asignar un valor numérico a cada interrupción. Por ejemplo, interrupción del botón de PLAY = 1, interrupción del botón de POWER = 2, y así con cada una de las posibles interrupciones.

Luego, en cada ISR que está asignada a cada interrupción, sólo llamo a una función void put_on_queue(int c), que pone el código de interrupción dentro de una cola.

Una cola es una estructura de datos en la que sus elementos son homogéneos y mantienen un orden; en una cola se insertan elementos en un extremo y se extraen por el otro. La cola implementada sigue un orden FIFO (First-In First-out), el primer elemento en entrar en la cola será el primero que será atendido.

Ya que el tiempo de procesamiento, de meter una entrada en la cola es muy bajo, se puede decir casi con un 100% de seguridad, que ninguna interrupción es perdida.

Más tarde, en el LOOP principal de procesamiento del dispositivo, se extraen los datos de la cola correspondiente, y se ejecutan las tareas correspondientes sin enmascarar ninguna interrupción.

2.4 Algoritmo de tarifación

Lo primero que hay que tener en cuenta para construir un algoritmo de tarifación, es la variable que se utiliza para realizar el cobro del viaje. Dependiendo del tipo de medio de transporte estudiado, ésta puede cambiar.

En el caso de los taxis, el viaje se cobra mediante un algoritmo que tiene en cuenta tanto el tiempo transcurrido, como la distancia recorrida.

En el caso del colectivo, que es la situación analizada en esta tesina, la tarifa a cobrar a un pasajero depende de los kilómetros avanzados por la unidad de transporte, el tiempo que éste está sobre el vehículo. Por lo tanto, se debe utilizar un algoritmo de tarifación que tenga en cuenta la distancia recorrida.

Conociendo la variable utilizada para la tarifación, me encuentro en condiciones de comenzar la construcción del algoritmo.

Puntos a tener en cuenta para la construcción del algoritmo de tarifación:

- **Cada tarjeta debe poseer un código único:**

Este código único de cada tarjeta, se utiliza para identificar a cada pasajero dentro del colectivo.

- **Se divide el recorrido en paradas:**

Se divide el recorrido del colectivo en tramos de aproximadamente 300 metros, que son identificados mediante puntos en el mapa (coordenadas longitud y latitud) a los cuales llamo paradas.

- **Ventajas de la división en paradas:**

La idea de dividirlo en paradas, es que si el colectivo cambia su trayectoria habitual debido a un accidente, o una emergencia que se haya causado, el cobro de la tarifa va a volver a establecerse cuando el colectivo se tope con una parada estipulada de su recorrido.

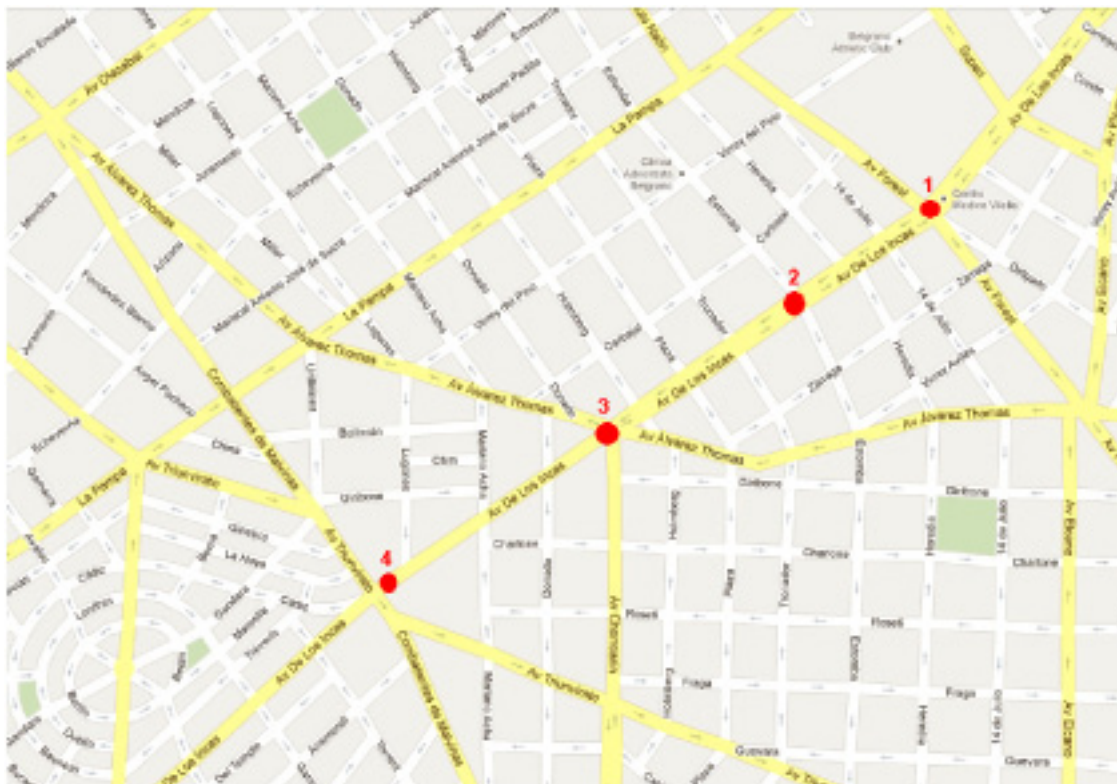


Ilustración 16: Recorrido del colectivo dividido en paradas

Identificación de las paradas:

Cada parada está identificada por un cuadrilátero de 300 metros de ancho y 300 metros de alto, centrado en las coordenadas Longitud y Latitud que definen la parada.

Siempre que se esté en el perímetro que define una parada, se va a identificar la ubicación del colectivo con las coordenadas longitud y latitud que definen esa parada.

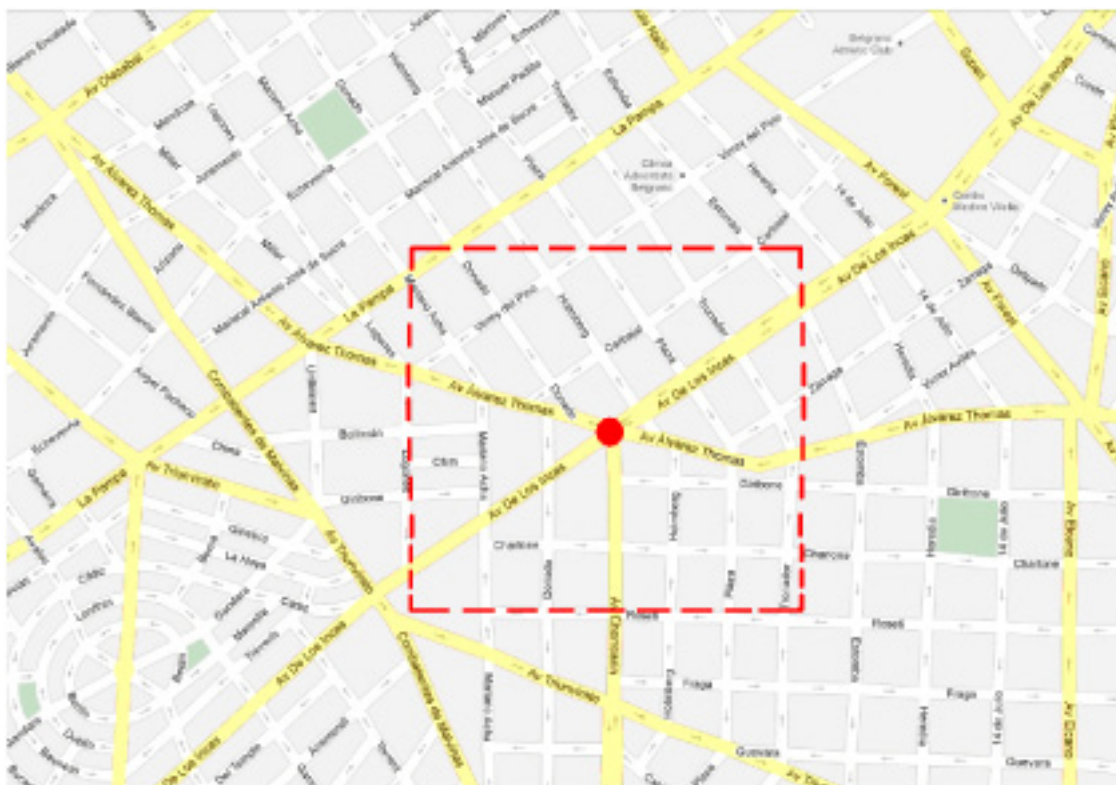


Ilustración 17: Perímetro en el que se identifica una parada

Cálculo de la distancia avanzada:

Para el cálculo de la distancia avanzada, implementé un sistema de suma de tramos, ya que si el cálculo lo hiciera con la suma de los extremos, el resultado muchas veces sería nulo, a pesar de que el colectivo hubiera avanzado una cierta cantidad de kilómetros.

Los tramos de caminos están separados aproximadamente por distancias de 300 metros. Cada vez que se está en el área perteneciente a una parada, se realiza la resta entre la posición de la parada actual y la de la anterior. De esta manera, se evitan posibles problemas de mal tarificación por sumar distancias que no pertenecen al recorrido habitual del colectivo. Esto puede suceder en el caso de que el colectivo saliera del recorrido actual debido a que haya habido un accidente, una reparación en la calle, o cualquier altercado no programado.

Esta diferencia se pasa a kilómetros, y se suma a la distancia recorrida actual. La distancia recorrida actual hay que compararla con la distancia correspondiente a tres y seis kilómetros convertidas a décimas de minutos, para obtener el valor de la tarifa actual del viaje. Cabe destacar que la comparación se hace en décimas de minutos, debido que a los datos provenientes del GPS, es conveniente trabajarlos en esta unidad. Para entender bien la razón de esta elección, ver el ejemplo en pseudocódigo que aparece en esta sección.

Si la distancia recorrida actual no supera los tres kilómetros, la tarifa del viaje es de \$1.10. Si distancia recorrida supera los tres kilómetros, pero no supera los seis kilómetros, la tarifa del viaje es de \$1.20. Si el viaje supera los 6 kilómetros, la tarifa es de \$1.25.

A continuación transformo las distancias de tres kilómetros y de seis kilómetros a minutos, para poder comparar con las distancias en minutos en las que están definidas las paradas.

Para 3 km:**Sector en kilómetros a radianes:**

Radio de la tierra = 6.378 km

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * r$$

$$\text{Sector círculo} = (\text{Angulo en radianes}) * r \text{ (radio de la Tierra)}$$

$$\text{Angulo en radianes} = \frac{\text{Sector círculo}}{\text{radio de la Tierra}} = \frac{3\text{km}}{6378\text{km}} = 0,0004703 \text{ rad}$$

Radianes a Grados o Minutos:

$$\text{Grados a minutos: } 360^\circ * \frac{60'}{1^\circ} = 21600'$$

$$2\pi \text{ rad} \Rightarrow 21600'$$

$$0,0004703 \text{ rad} \Rightarrow X = 1,6175'$$

Para 6 km:**Sector en kilómetros a radianes:**

Radio de la tierra = 6.378 km

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * r$$

$$\text{Sector círculo} = (\text{Angulo en radianes}) * r \text{ (radio de la Tierra)}$$

$$\text{Angulo en radianes} = \frac{\text{Sector círculo}}{\text{radio de la Tierra}} = \frac{6\text{km}}{6378\text{km}} = 0,0009407 \text{ rad}$$

$$\text{Radianes a Grados o Minutos: } 360^\circ * \frac{60'}{1^\circ} = 21600'$$

Grados a minutos:

$$2\pi \text{ rad} \Rightarrow 21600'$$

$$0,0009407 \text{ rad} \Rightarrow X = 3,2355'$$

Ejemplo completo en pseudocódigo del algoritmo:

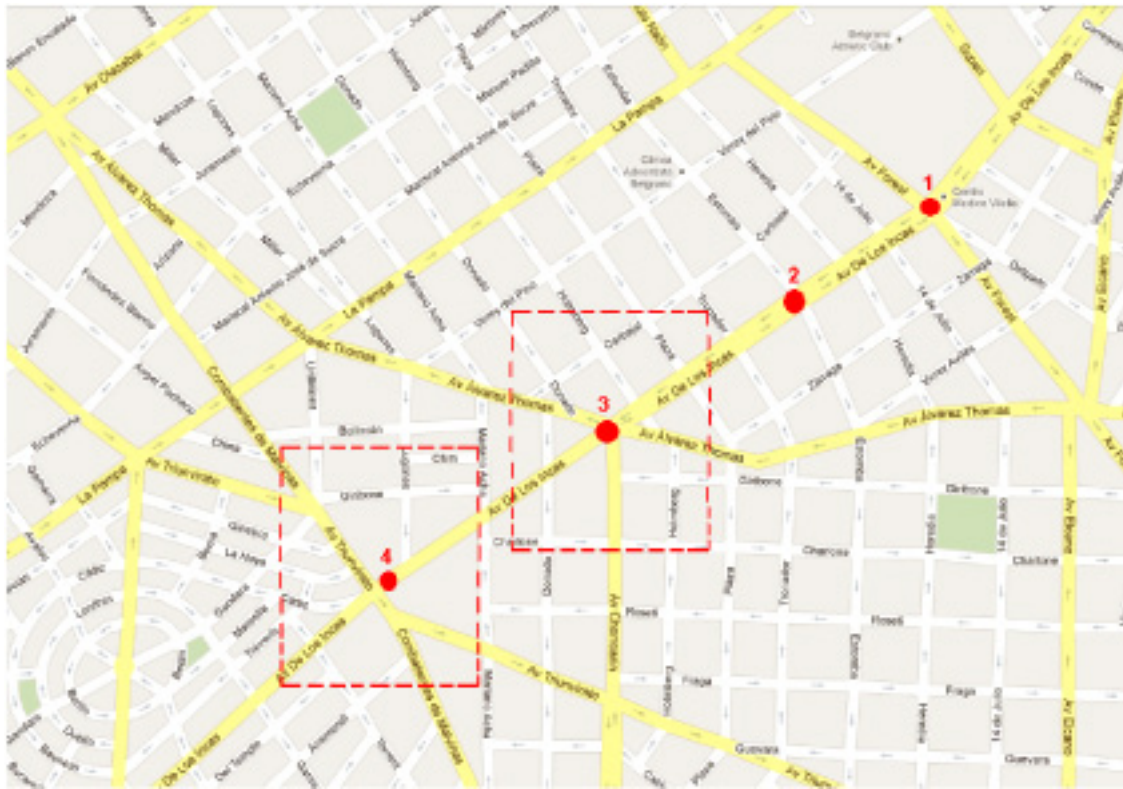


Ilustración 18: Cálculo de kilómetros avanzados entre dos paradas

Calles	Longitud	Latitud
Incas y Álvarez Thomas	-34.57862336063021	-58.46945822238922
Incas y triunvirato	-34.58122038891225	-58.47425401210785

Todos los datos de Longitud y latitud de una parada son convertidos a décimas de minutos, y guardados en la memoria FLASH del microcontrolador.

La unidad elegida se debe a que los datos desde el módulo GPS llegan en forma de DDMM.MMMM (D=degree; M=minute), y por una cuestión de prácticas de buen diseño, todas las unidades se pasan la mínima unidad, para no trabajar con variables de punto flotante.

Para este caso particular, convierto los datos de latitud y longitud de las dos paradas anteriormente mostradas, de grados a décimas de minutos.

Long1: $-34.57862336063021 * 60 * 10^4 = -2.0747e+007$
 Lat1: $-58.46945822238922 * 60 * 10^4 = -3.5082e+007$
 Long2: $-34.58122038891225 * 60 * 10^4 = -2.0749e+007$
 Lat2: $-58.47425401210785 * 60 * 10^4 = -3.5085e+007$

Supongamos que un pasajero sube a un colectivo, el microcontrolador reserva una estructura en RAM con los siguientes campos:

```
typedef struct {
    long code;           // Código de la tarjeta leída por el lector
    long longitude;     // Longitud actual
    long latitude;      // Latitud actual
    short price;        // Precio guardado
    short total;        // Distancia recorrida
} travel;
```

Esta estructura está inicializada con los valores de LONGITUD y LATITUD correspondientes a la posición actual de la unidad de transporte.

Para este caso:

Travel t;

```
T.code = 1           // Supongamos que estamos trabajando con la tarjeta con código 1
T.longitude = -2.0747e+007;           // Longitud de Incas y Alvarez Thomas
T.latitude = -3.5082e+007;           // Latitud de Incas y Alvarez Thomas
T.price = 110;           // Precio guardado
T.total = 0;           // Distancia recorrida
```

Cada vez que llega una nueva coordenada de LONGITUD; LATITUD, se obtiene la distancia en kilómetros avanzada, mediante el siguiente algoritmo:

```
| Lat1 | - | Lat2 | = 2.0747e+007 - 2.0749e+007 = -2000
| Long1 | - | Long2 | = 3.5082e+007 - 3.5085e+007 = -3000
| Lat1-2 | + | Long1-2 | = 2000 + 3000 = 5000
T.total = T.total + 5000;
```

Una vez obtenida la distancia, se realiza la siguiente comparación, para actualizar el precio actual del boleto:

```
IF 5000 < 16175.           //           16175 = 3 km
T.price = 110;
ELSE IF < 32355.           //           32355 = 6 km
T.price = 120;
ELSE                       //           Si la distancia supera los 6 km
T.price = 125;
ENDIF.
```

Este cálculo, se va realizando siempre que se llega a una nueva parada, y se actualizan todas las tarifas de los distintos pasajeros que se encuentran en el autobús.

Al bajarse una persona del autobús, se realiza el descuento del saldo en la tarjeta del pasajero, en el momento que éste la pasa por el lector de salida, y a la vez se borra la estructura que estaba reservada en memoria para él. Esta estructura es reconocida mediante el código que identifica unívocamente a cada tarjeta, y por lo tanto, a cada pasajero.

2.5 Recaudos a tomar en cuenta para aplicar el sistema automático de tarifación:

Si se quisiera aplicar el sistema de tarifación, se debería tener en cuenta las pérdidas de señal que puede haber en los centros urbanos debido a los múltiples rebotes de la señal, las pérdidas debido a los altos edificios, o pérdidas debido a condiciones climáticas.

El sistema que se utiliza para calcular los kilómetros avanzados cuando no se tiene señal de satélite es conocido con el nombre de "Dead Reckoning". El sistema de Dead Reckoning se compone de una brújula electrónica y un encoder. El encoder envía pulsos eléctricos cada vez que la rueda avanza, ya que el eje del encoder se encuentra conectado al eje de la rueda. La relación entre un giro completo de la rueda, y un giro completo del encoder debe ser conocida, sino no se podrían medir los kilómetros avanzados.

La brújula sirve para poder saber la dirección exacta de los kilómetros avanzados, y poder transformarlos en un par de coordenadas de longitud y latitud, para saber en qué tramo del recorrido se encuentra en ese momento.

2.6 Ventajas del Sistema de tarifación automático:

Con la incorporación de un GPS al sistema de tarifación, podemos implementar de manera muy simple algunos servicios que serían de mucha utilidad para la empresa propietaria de la línea de colectivo.

Como se mencionó al principio de esta tesina, Argentina cuenta con una de las más altas tasas en accidentes de tránsito. Una buena medida a tomar para tratar de reducir esta tasa, podría ser la incorporación de un sistema de verificación de velocidad, en el que cada vez que se exceda el límite permitido en ese trayecto, se genere un registro (log) que quede guardado en la memoria FLASH del microcontrolador. Luego, una vez que el colectivo llega a la estación de ómnibus, se puede conectar el microcontrolador a cualquier PC con el sistema operativo LINUX, WINDOWS o MAC OS, y leer los registros (logs) que se generan en el caso de un exceso de velocidad. La información correspondiente a la velocidad del colectivo, es tomada de los datos provenientes del módulo GPS.

Además de la aplicación recién explicada, de la misma manera podemos implementar los servicios listados a continuación:

Histórico del recorrido

Con esto se puede saber si el autobús se salió de su recorrido, o si cometió algún accidente, ya que cuenta con datos de posición y horario.

Además, sirve para realizar estadísticas de tránsito, para un futuro cambio de recorrido.

Sistema de verificación si se abrió la puerta en todas las paradas

Sistema de Grabación de la hora en la que comienza a realizar el trayecto

2.7 Proyección del sistema de tarificación a la realidad:

A continuación relato la manera de implementar el sistema de tarificación planteado en esta tesina.

Condiciones previas:

Para implementar este sistema, cada pasajero deberá contar con una tarjeta de proximidad, la cual tendrá un código de identificación único guardado en una memoria flash interna, en la que también estará grabado el saldo disponible para realizar los viajes.

Para adquirir una tarjeta, deberá abonarse por única vez \$2.50, que es la máxima tarifa estipulada por la resolución 13/2009. El dinero abonado no será acreditado como saldo en la tarjeta, sino que servirá para asegurarle a la empresa prestadora del servicio que no tendrá pérdidas en caso de que la tarjeta del pasajero cuente con un saldo positivo, pero sin llegar a ser el suficiente para saldar el valor total del viaje que realizó. Esto se debe a que el dispositivo realiza el cobro del viaje justo antes que la persona descienda del colectivo.

En el párrafo que sigue se explica con más detalle, cómo es que el dispositivo realiza el cobro del viaje al pasajero.

Simulación de un caso real:

Una persona sube al autobús y pasa su tarjeta por un lector de entrada. Éste se encarga de verificar el saldo disponible que existe en la tarjeta.

Si la tarjeta posee saldo positivo (\$0 o más), se descuenta del saldo de la tarjeta una suma equivalente a la tarifa máxima estipulada por la resolución 13/2009. A continuación, se habilita un molinete que permite el ascenso del usuario al autobús y se enciende un led verde que señala que la operación fue exitosa.

Si la tarjeta no posee saldo para realizar el viaje (la tarjeta posee saldo negativo), el molinete no se habilita, y se enciende un led rojo que señala que la operación no fue exitosa.

En el caso de que el pasajero haya podido ascender a la unidad de transporte, antes de descender deberá pasar su tarjeta por un lector de salida. En el caso de que la tarifa del viaje realizado sea menor a la descontada inicialmente, se reintegrará al saldo de la tarjeta la diferencia entre estos dos valores.

Una aclaración importante. En el caso de que la tarifa del viaje realizado sea mayor al monto disponible, se registra un saldo negativo en la memoria de la tarjeta, que será descontada de la próxima recarga que se realice.

Por ejemplo, si la tarjeta posee un saldo de \$1.10, y la persona realiza un viaje de \$1.50, la tarjeta guardaría un saldo negativo de -\$0.40. Si la próxima recarga es de \$5, el saldo total que quedaría en la tarjeta sería de \$4.60.

Capítulo 3: Pruebas del Sistema de tarificación

Para realizar el testeado del sistema de tarificación, fue necesario hacer ciertas modificaciones al diagrama de bloques presentado en la sección 2.1.

La tarjeta SUBE y los lectores de entrada y salida, fueron reemplazados por una serie de botones (Human Machine Interface) que simulan la lectura de la tarjeta SUBE en el ascenso, y el descenso del pasajero de la unidad de transporte.

El sistema de molinetes fue reemplazado por un LCD, el cual es más indicado para mostrar la evolución de la tarifa del viaje realizado, a medida que los kilómetros recorridos por el pasajero se incrementan a bordo de la unidad de transporte. Además, se utiliza para mostrar el nombre de la intersección de las calles que definen la parada.

Por último, no tuve en consideración la interfaz con las tecnologías heredadas, ya que no son de importancia para la demostración de que el dispositivo cumple con la funcionalidad esperada.

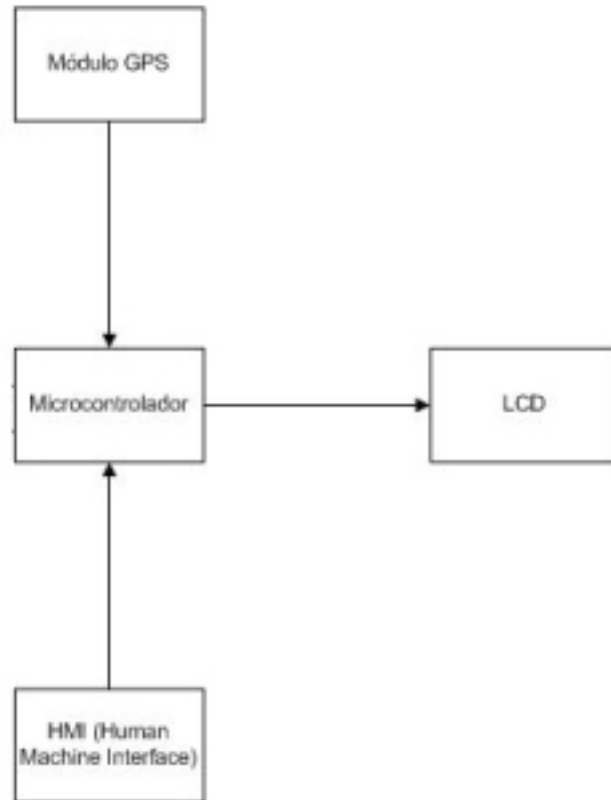


Ilustración 19: Diagrama en bloques del Equipo

3.1 Recorrido para testeo del dispositivo

Como el objetivo planteado por esta tesina fue diseñar un sistema de tarificación para colectivos, resulta lo más adecuado tomar un tramo del recorrido de una línea, y grabar el comportamiento del sistema de tarificación.

La línea de colectivo elegida para realizar este recorrido fue la línea 80.

El tramo elegido comienza en Avenida Cabildo y José Hernández, y llega hasta la Avenida Beiro y Constituyentes.

En este tramo se tarifó un viaje de un valor equivalente a \$1.25, ya que para alcanzar este monto, se debe haber primero superado las tarifas correspondientes a \$1.10 y \$1.20.

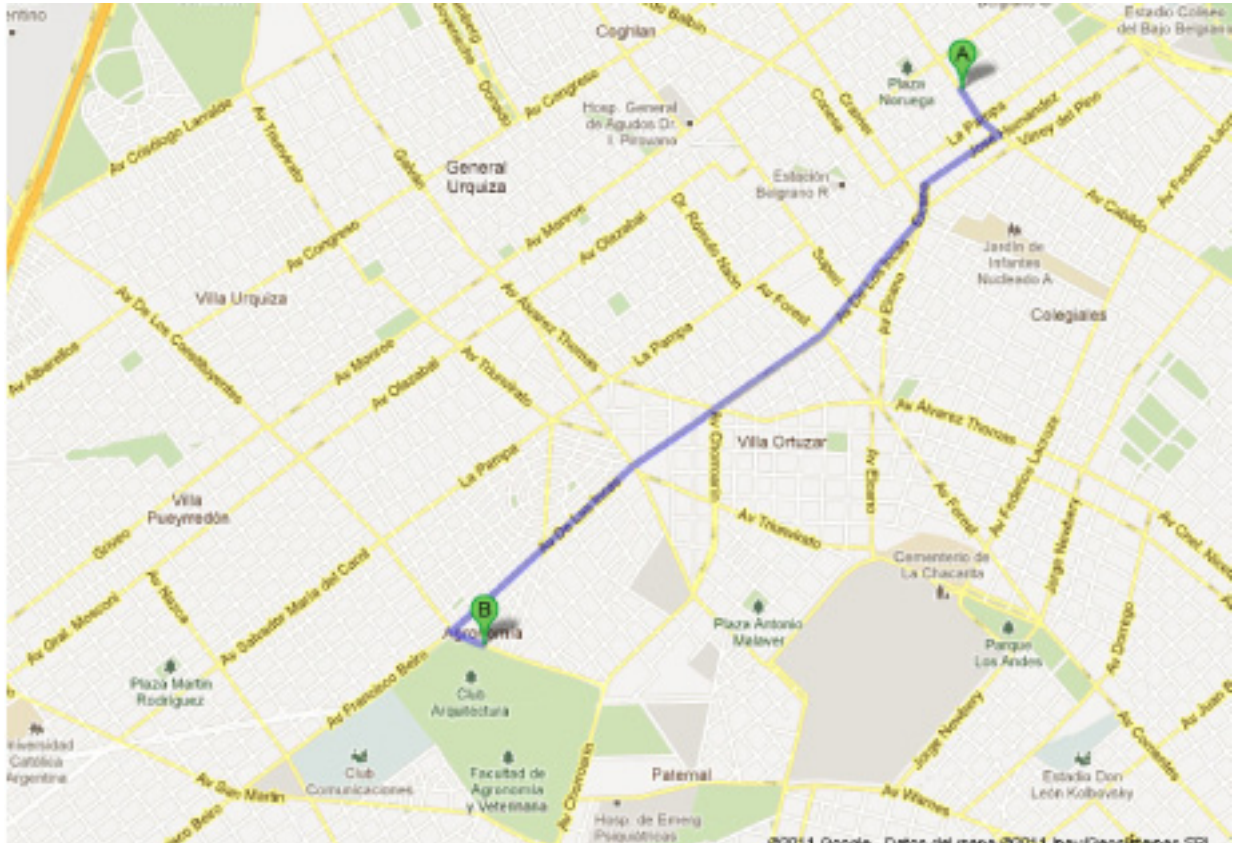


Ilustración 20: Recorrido realizado para testear el dispositivo

Conclusiones

Esta tesina plantea la creación de un dispositivo que permite al conductor del colectivo desprenderse por completo de la responsabilidad de cobrar el viaje a los usuarios, en busca de reducir distracciones que impactan negativamente en su tarea de manejar, con el fin principal de reducir la tasa de accidentes de tráfico.

Mediante este aparato, el usuario ya no debe preocuparse por comunicar su destino al conductor, ni de ser cobrado una tarifa errónea, ya que el sistema de tarificación se encarga por sí mismo de llevar a cabo todas estas funciones. Lo único que debe hacer el usuario es, al ascender a la unidad de transporte pasar su tarjeta por el lector de proximidad de entrada, y al descender por el de salida.

En cuanto a la empresa prestadora del servicio, ésta obtiene una herramienta muy útil para obtener estadísticas de los tiempos de los viajes, cuellos de botellas en el recorrido y control de exceso de la velocidad máxima del vehículo, entre muchas otras ventajas.

Como toda novedad planteada a un sistema tan arraigado a nuestros orígenes y costumbres, es posible imaginarse que las primeras implementaciones traerán un gran revuelo, y una gran cantidad de opiniones tanto a favor como en contra. Pero, con todas las previsiones tomadas al momento de la construcción, y el gran abanico de aplicaciones que se abren con este dispositivo, en un corto plazo de tiempo se podrán apreciar los beneficios que se obtendrían. Como principal indicador, propongo usar la tasa de accidentes de tránsito, como se ha mencionado en la primera sección de esta tesina.

Según una apreciación personal, este dispositivo representa un avance importantísimo en un mundo que cada día busca disminuir al mínimo los errores cometidos por los seres humanos en tareas repetitivas, para permitir su perfeccionamiento en otras labores en las cuales su participación es indispensable e irremplazable por un sistema automatizado.

Índice de ilustraciones:

Ilustración 1: Panel de mando para máquina de cobro por monedas	4
Ilustración 2: Máquina de Monedas.....	5
Ilustración 3: Panel de Mando para máquina de cobro por monedas y tarjeta SUBE	6
Ilustración 4: Lectora de tarjeta SUBE	6
Ilustración 5: Índices de muertos en accidentes de tránsito.....	9
Ilustración 6: Mismo ángulo con diferentes longitudes de líneas	15
Ilustración 7: Paralelos del planeta Tierra	16
Ilustración 8: Meridianos del planeta Tierra.....	17
Ilustración 9: Ángulo de Latitud	18
Ilustración 10: Punto del planeta Tierra definido por coordenadas de Longitud y latitud	18
Ilustración 11: Ángulo de Longitud	19
Ilustración 12: Definición del GPS ET-332	20
Ilustración 13: Diagrama en bloques del Equipo.....	23
Ilustración 14: Diagrama principal del software.....	27
Ilustración 15: Diagrama de los datos recibidos del GPS	28
Ilustración 16: Recorrido del colectivo dividido en paradas.....	32
Ilustración 17: Perímetro en el que se identifica una parada	33
Ilustración 18: Cálculo de kilómetros avanzados entre dos paradas	35
Ilustración 19: Diagrama en bloques del Equipo.....	43
Ilustración 20: Recorrido realizado para testear el dispositivo	44

Anexos

Esta tesina está acompañada de dos anexos.

Uno de ellos es un anexo técnico, donde explico con más detalle las tecnologías utilizadas en esta tesina.

El otro anexo posee el código de los programas desarrollados para la implementación del sistema de tarifación.

Software Utilizado

Ubuntu 11.04
 Windows XP SP3
 CCCC (C and C++ code counter)
 Gedit + gedit-plugins
 Microsoft Word 2007
 Microsoft Excel 2007
 Adobe Photoshop CS4
 PuTTY
 Vim & gVim
 Adobe Acrobat 7.0 Professional

Bibliografía

- The C Programming Language - Kernighan & Ritchie
- NMEA 0183, Version 4.00 specification
- ARM Microcontrollers (part 1) - 35 projects for beginners - Bert van Dam
- The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3 - Joseph Yiu
- Redes de Computadoras - Andrew Tanenbaum, 2003.
- Comunicaciones y redes de computadores - William Stallings
- Notes on Writing Portable Programs in C (Nov 1990, 8th Revision) - A. Dolenc_A.Lemmke Helsinki University of Technology,D. Keppely CS&E, University of Washington and G. V. Reilly
- Write portable code, A guide to developing software for multiple platforms- Brian HookGerhart,

- James - Home automation and wiring
- Una introducción a sistemas Cliente – Servidor, Ing. Eduardo A. Martínez – 2002
- Estructuras de datos. Especificación, diseño e implementación- Xavier Franch Gutierrez
- Estructura de datos y algoritmos- Alfred V. Aho E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman

Webgrafía

<http://www.nmea.org/>

<http://www.mbed.org/>

<http://ics.nxp.com/support/documents/microcontrollers/pdf/user.manual.lpc17xx.pdf>

<http://ics.nxp.com/products/lpc1000/datasheet/lpc1763.lpc1764.lpc1765.lpc1766.lpc1767.lpc1768.lpc1769.pdf>

<http://mbed.org/media/uploads/chris/mbed-005.1.pdf>

<http://wikipedia.org>

<http://www.datasheetcatalog.com/>

<http://www.alldatasheet.com/>

<http://www.cnrt.gov.ar/>

<http://www.xcolectivo.com.ar/colectivo/tarifas.html>

<http://mangasverdes.es/2007/06/09/como-obtener-la-longitud-y-latitud-en-google-maps/>