

DISEÑO DE UN SISTEMA ROTATIVO TARIFADO PARA EL PARQUE CENTRAL DE LA CIUDAD DE LOJA

Angel Valdivieso, Ing.
Tania Pérez, Msc.

SISTEMAS DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO

Los sistemas de estacionamiento rotativo tarifado crean un mecanismo que apunta a generar la rotación de vehículos estacionados; permite establecer los horarios de estacionamiento y determinan zonas específicas para estos efectos. Se logra de esta manera la democratización del uso del espacio, logrando la mayor cantidad de actos de estacionamiento posibles en un lapso determinado, optimizando los espacios disponibles para estacionar. En el Ecuador algunas ciudades utilizan este sistema como una forma de organizar el tráfico y solucionar los problemas de tiempo excesivo de transportación, operación ineficiente y costosa, zonas sin servicio, congestión y parque vehicular contaminante; tenemos el caso de Cuenca, Ambato, Riobamba.



El Sistema Municipal de Estacionamiento Rotativo Tarifado (SIMERT) a cargo de la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte Terrestre de la ciudad de Loja (UMTT-L) se crea como mecanismo que apunte a generar la rotación de vehículos estacionados devolviendo a todos los usuarios el derecho a utilizar la vía pública en forma organizada y ordenada, a través de la generación de una oferta permanente y continua de espacios libres para estacionamiento, además de reducir la contaminación ambiental provocada por el flujo continuo de vehículos. El cobro del uso de estacionamiento se realiza mediante la venta de tarjetas prepago SIMERT mostradas a continuación.

Las sanciones establecidas para los usuarios que no cumplan las Ordenanzas Municipales se resumen en la Tabla 1.

TIEMPO RETRASO	SANCION	MULTA
5 – 15 minutos	Amonestación verbal	USD \$ 0.00
16 – 30 minutos	Citación	USD \$ 3.00
31 – 60 minutos	Inmovilización vehículo	USD \$ 5.00
61 – 120 minutos	Inmovilización vehículo	USD \$ 10.00
Mayor a 120 minutos	Inmovilización vehículo	USD \$ 20.00

Tabla 1. Sanciones

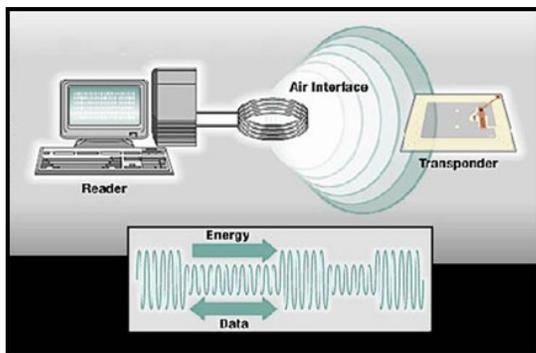
Una vez estudiadas las tecnologías: Identificación por Radio Frecuencia (RFID), Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y Cable Radiante como las principales tecnologías que existen para la detección de presencia de un vehículo cuando se estaciona en una zona donde se encuentra funcionando el sistema de estacionamiento rotativo tarifado. Se escoge RFID como la tecnología más apropiada para el diseño.

TECNOLOGÍA RFID

La identificación por radiofrecuencia RFID (Radio Frequency Identification) permite obtener datos digitales remotamente por medio de ondas de radio. Funciona en base a un chip que contiene la información del producto y éste envía la señal a un receptor.

Arquitectura de la tecnología RFID

Los componentes de un sistema de radiofrecuencia son: la etiqueta o TAG que contiene la información de identificación, una antena y un lector que al entrar en contacto no directo con el TAG es capaz de leer la información contenida.



Arquitectura Básica Tecnología RFID

- **Etiqueta RFID (TAG).** Está compuesto internamente por una bobina, un chip de silicón con la programación y un espacio de memoria para el almacenamiento de información de cada etiqueta. Se presenta comercialmente de diferentes formas: tarjeta, botón, pulsera, o incluso puede ser inyectada en un animal (existen TAGs RFID del tamaño de un grano de arroz). En este momento el dispositivo más pequeño mide 0,2 mm * 0,2 mm y es más delgado que una hoja de papel.
- **Antena.** Dispositivo que utiliza ondas de radio para leer y escribir datos en los TAGS. Se encuentran de todas formas y tamaños según la frecuencia de operación de la onda de la señal transmitida o recibida. La función principal de las antenas es enviar una señal hacia las etiquetas y recibir el resultado de identificación (ID) del transponder.
- **Lector.** Es la interfaz entre la antena y el dispositivo que se encarga del procesamiento de información. El sistema de control se enlaza con el lector y envía su información vía comunicación paralela, serial o bus. También se puede programar a los lectores para controlar procesos directamente con los datos la memoria del TAG.

TECNOLOGÍAS RFID

Las tecnologías de etiquetas de identificación por frecuencia de radio pueden ser pasivas o activas; aunque también algunos autores hablan de RFID semi-pasivos.

- **Tecnología RFID pasiva.** Las etiquetas carecen de fuente de alimentación propia. La mínima corriente eléctrica inducida en la antena por la señal de escaneo de radiofrecuencia proporciona suficiente energía al circuito integrado de la etiqueta para poder transmitir una respuesta; por lo tanto la respuesta de una etiqueta pasiva RFID es necesariamente breve, normalmente apenas un número de identificación. Las etiquetas pasivas, en la práctica tienen distancias de lectura que varían entre unos 10 mm hasta cerca de 10 metros.
- Las etiquetas RFID **semi-pasivas** son muy similares a las pasivas, la diferencia está en que incorporan adicionalmente una pequeña batería. Esta batería permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado. Además, elimina la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. Las etiquetas RFID semi-pasivas responden más rápidamente, por lo que son más potentes en la cobertura de lectura.
- **Tecnología RFID activa.** Las etiquetas RFID tienen una fuente de energía incorporada, lo que les permite tener una cobertura de lectura mayor y memorias más grandes que las etiquetas pasivas, tienen un tamaño aproximado de una moneda. Muchas etiquetas activas tienen rangos prácticos de diez metros, y una duración de batería de varios años. Además presentan otros factores tales como exactitud, funcionamiento en ciertos ambientes como cerca del agua o metal.

Frecuencia

Hay cuatro clases distintas de etiquetas en uso, según su radiofrecuencia: las etiquetas de frecuencia baja (entre 125 ó 134,2 Khz.), las etiquetas de alta frecuencia (13,56 Mhz.), las etiquetas UHF (Ultra High Frequency) o frecuencia ultra elevada (868 a 956 Mhz.), y las etiquetas de microondas (2,45 Ghz.). Las etiquetas UHF no pueden ser utilizadas de forma global, porque no existen regulaciones globales para su uso.

Las frecuencias dentro del rango de 100Mhz a 1Ghz presentan las mejores opciones en técnicas de operación para RFIDs activas de gran alcance y en comunicaciones omnidireccionales. Para aplicaciones globales se utiliza la frecuencia de 433Mhz como magnitud apropiada de operación ya que se obtiene el mejor funcionamiento probado y de aceptación mundial.

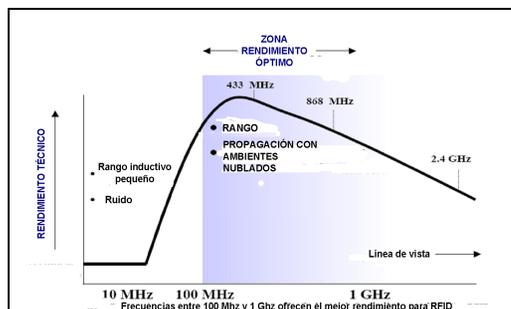


Figura 2. Rendimiento técnico vs frecuencias de operación

BANDA	FRECUENCIA SIN LICENCIA	LONGITUD ONDA	USO
LF	125-134.2 Khz.	2.400 m	En animales y llaves inalámbricas.
HF	13.56 Mhz	22 m	
UHF	865.5 – 867.6 Mhz (Europa) 915 Mhz (EEUU) 950 – 956 Mhz (Japón)	32.8 cm.	Tarjetas inteligentes, logística, control y administración en general
ISM	2.4 Ghz	12.5 cm.	Control y administración de objetos.

Tabla 2. Bandas de frecuencia utilizadas en RFID.

En el diseño se utiliza el estándar EPC Gen 2 “EPCglobal UHF Generation 2”. El estándar Gen 2 de EPCglobal fue aprobado en diciembre de 2004, y es probable que llegue a formar la espina dorsal de los estándares en etiquetas RFID de ahora en. Se escoge este estándar debido a que permite operar con bajos niveles de potencia; obtenemos largo alcance en lectura y escritura de TAGs; alta eficiencia y velocidad en la transferencia de datos, rango de operación, seguridad y confiabilidad de datos.

El estándar EPC Gen 2 permite identificar a cada TAG con un código único a nivel mundial de 96 bits; evitando de esta manera la posibilidad de fraude. Define un rango de frecuencia de operación de 860 Mhz. a 960 Mhz para tener una mayor distancia entre la etiqueta y el lector y además permitir una mayor velocidad de transmisión. En la Figura 3 se observa el mapa lógico de la memoria de un TAG que cumple con la norma EPC Gen 2.

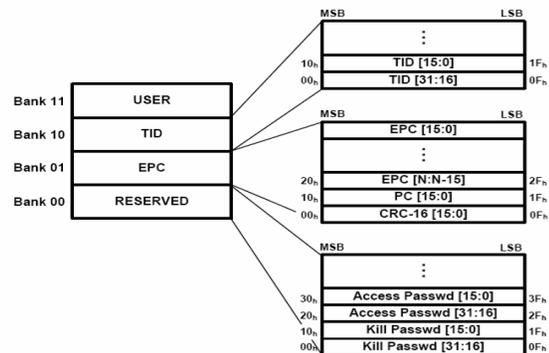


Figura 3. Mapa Lógico de Memoria.

DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ROTATIVO TARIFADO

Se desarrolla el diseño de la red automática de identificación de vehículos para una cuadra de la ciudad de Loja donde actualmente existe el sistema de estacionamiento rotativo tarifado. Se diseña la nueva estructura del sistema tomando como base las características y el funcionamiento del sistema actual.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Todo el sistema de tarifado automático está formado por diferentes bloques; cada uno de los cuales cumplen una función específica. En la Figura 4 se observa la arquitectura utilizada.

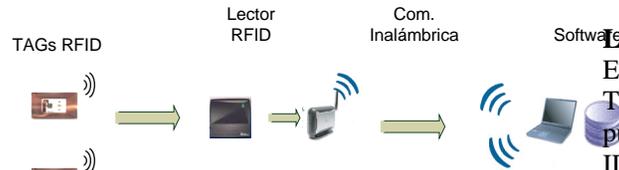


Figura 4. Diagrama de bloques del Sistema Rotativo Tarifado.

Tags RFID.

Los TAGS se colocarán bajo el parabrisas de los vehículos. Su función es almacenar la ID del vehículo y enviar la información hacia el lector en el momento de pasar por un punto de control vehicular. Se utiliza el modelo EPC INT TAG de la empresa Intermec.Inc de tipo adherible para pegarlos en el parabrisas del vehículo (ver Figura) y cuyas características se las presenta en la Tabla 3.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Color	Varios
Dimensiones (LxW)	64 x 66 mm
Frecuencia	866 – 950 Mhz
Tipo	EPC Class 1 Gen 2

Tabla 3. Características técnicas EPC INT TAG Gen2

Lector RFID.

Es el encargado de leer la información de los TAGS cuando los vehículos pasan por un punto de control vehicular. El lector recibe la ID correspondiente a los TAGs de los vehículos y envía la información hacia la red inalámbrica. El equipo *IF5 Fixed RFID reader* es un lector inteligente o “smart reader” que posee varias interfaces para la conexión con el computador. Tiene integrado un módulo WI-FI 802.11g para conexiones de red inalámbrica, además de 4 conectores SMA Reverse Polarity para la conexión de 4 antenas electrónicamente switcheadas. En el sistema se van utilizar 4 equipos *IF5 Fixed RFID Reader* y 16 antenas tipo *IA31A Intellitag Enclosed Dipole Array Directional Antenna* de Intermec.



Figura 5. Ubicación de TAGS EPC INT TAG SIMERT de Intermec en el vehículo

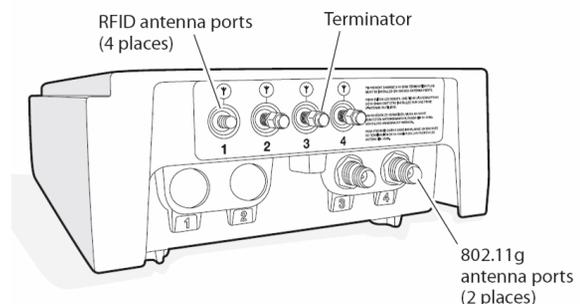


Figura 6. IF5 Fixed RFID reader

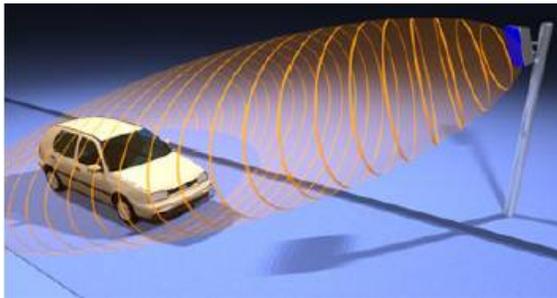


Figura 7. Intellitag Enclosed Dipole Array Directional Antenna

Las antenas se colocarán en las entradas a las calles que rodean el Parque Central. Se instalan dos antenas en cada entrada de manera perpendicular con el fin de evitar que los lóbulos secundarios de las antenas reciban señales de vehículos que no se encuentran ingresando a la calle; es decir el ID del TAG es válido siempre y cuando los ID recibidos en ambas antenas sean iguales. Por ejemplo en las esquinas de las calles Bolívar y 10 de Agosto se instalará el lector L1 y las antenas L1-A1, L1-A2, L1-A3 y L1-A4 como se observa a continuación:

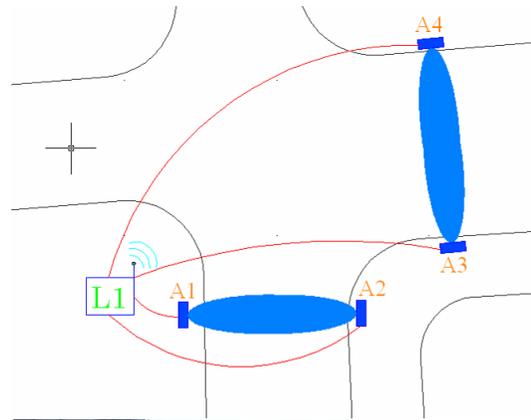


Figura 8. Ubicación de lector L1 y antenas RFID

EQUIPOS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.

Su función es enviar de forma rápida, eficiente y segura la información recibida por parte de los lectores RFID hacia el servidor donde se procesa la información. En la actualidad existen diferentes estándares para la comunicación WLAN. Las principales características las resumimos en la Tabla 4.

Estándar	Velocidad máxima	Interface de aire	Ancho de banda de canal	Frecuencia
802.11b	11 Mbps	DSSS	25 MHz	2.4 GHz
802.11a	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
802.11g	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz	2.4 GHz

Tabla 4. Características principales estándares WLAN

Hay que tener presente que el throughput o desempeño en redes inalámbricas varía entre el 40% y 60% de la velocidad nominal por lo que en el mejor de los casos se alcanzaría velocidades de 30 Mbps en el caso de 802.11g; además dado que el acceso es compartido, las velocidades de las WLANs se ven limitadas por el número de usuarios. La propagación de las ondas electromagnéticas también se ve afectada por los materiales que rodean el access point; es decir que los materiales con el que estén contruidos los edificios donde se instala una WLAN (madera, ladrillo, tabla, roca) afecta considerablemente a su cobertura. De esto se concluye que en espacios abiertos la cobertura de la red aumenta.

El access point nos permitirá organizar todos los dispositivos inalámbricos en una sola red y configurar las características de operación y seguridad. A continuación se presenta el access point DI-624 de la marca D`Link.



Figura 9. Access Point DI-624

DISEÑO DE LA RED WLAN

Para realizar el diseño de la Red WLAN es necesario conocer la situación actual de la Zona Central con respecto al uso del espectro de radio frecuencia con el fin de que nuestra WLAN no cause interferencias con las redes inalámbricas existentes en la zona. Para realizar el site survey o estudio de cobertura se utiliza el Software Interpret Air WLAN survey¹². El estudio de cobertura pasivo se realizó el sábado 2 de agosto de 2008. La trayectoria realizada y la ubicación del access point se presenta en la Figura 10.

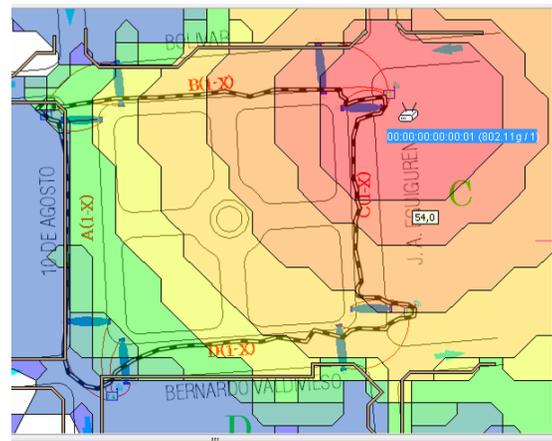
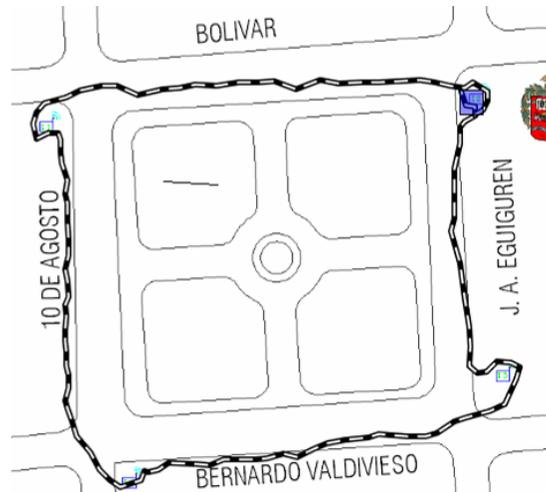


Figura 10. Trayectoria site survey pasivo y simulación de access point

Con los resultados obtenidos se escogió el canal 6 como el más apropiado para la red inalámbrica debido a que no estaba muy utilizado; usamos el SSID (Identificador de Conjunto de Servicios) SIMERTEPN. El access point es ubicado en la esquina de las calles José Antonio Eguiguren y Bolívar dado que las instalaciones y oficinas principales del Municipio de Loja se ubican en esa zona y la distancia máxima hacia los lectores no supera los 150 metros.

¹² Copyright 2000-2007 Fluke Networks. All Rights Reserved

En los gráficos que se presentan a continuación se muestra la velocidad de datos y la intensidad de señal, respectivamente ; concluyendo que la ubicación del access point es adecuado, ya que tenemos niveles altos de señal en el edificio principal del municipio donde se encuentra el servidor del Simert y donde se requiere altas tasas de transmisión de información. De la misma manera todos los lectores RFID tienen cobertura por parte de la red WiFi-SIMERTEPN.

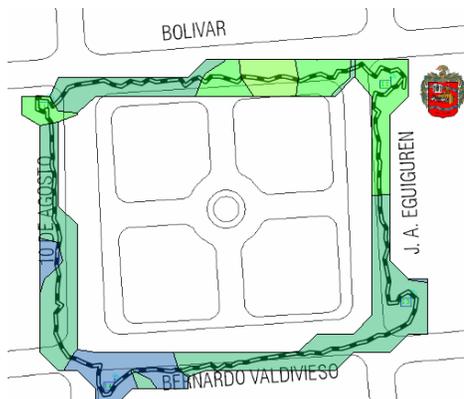
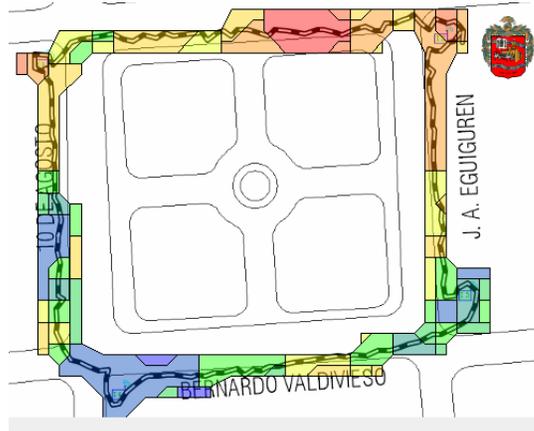


Figura 11. Niveles de velocidad de datos (Mbps) e intensidad de señal site survey activo SIMERTEPN

DIRECCIONAMIENTO IP Y SEGURIDAD INALÁMBRICA

Se toma como referencia la dirección clase C privada 192.168.1.0/24 y organizamos las direcciones IP tal como se muestra en la Tabla 5.

Dispositivos	Dirección IP	Máscara de Red	
Lectores	L1	192.168.1.1	255.255.255.0
	L2	192.168.1.2	255.255.255.0
	L3	192.168.1.3	255.255.255.0
	L4	192.168.1.4	255.255.255.0
Access Point AP	192.168.1.10	255.255.255.0	
Hosts	Servidor Server	192.168.1.20	255.255.255.0
	PCs para servicio al cliente	192.168.1.21 a 192.168.1.60	255.255.255.0

Tabla 5. Direcccionamiento IP de la red de control de acceso

En la Figura 12 se muestra en forma gráfica el esquema de la Red de Control de Acceso. Escogemos WPA-PSK (acceso protegido Wi-Fi) donde el cifrado se realiza mediante TKIP (Protocolo de integridad de claves temporales) proporcionando la determinación de una única clave de cifrado de uní difusión de inicio para cada autenticación y el cambio sincronizado de la clave de cifrado de uní difusión para cada trama.

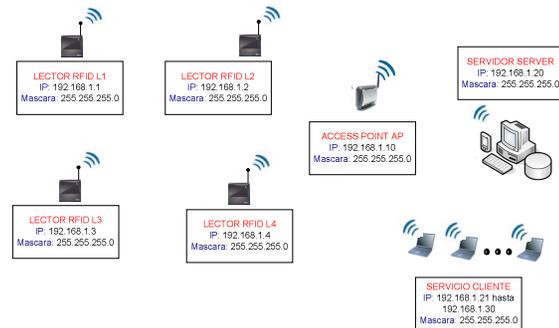


Figura 12. Direcccionamiento IP de la Red de Control de Acceso

SOFTWARE.

El software tiene como objetivo procesar la información recibida por parte de la red WLAN; ingresar a la base de datos del Simert y autenticar correctamente a los vehículos que se encuentran circulando por el Parque Central de la Ciudad de Loja.

El software utilizado por el Simert-Loja debe permitir el registro de todos los vehículos que pasan por el sistema tarifado según el código RFID de cada tag, registrar la hora de entrada y salida al Parque Central de Loja de cada vehículo registrado, determinar el costo a cancelar por cada vehículo según el tiempo

que se estaciona dentro del sistema tarifado y el tipo de vehículo estacionado, informar sobre el vehículo que se encuentra estacionado más tiempo del permitido con el fin de imponer las multas respectivas y en caso de ser inmovilizarlo e identificación y autenticación de los administradores y personas de servicio al cliente para permitir el acceso limitado a la información del sistema.

La clasificación de los vehículos se organiza tal como se muestra a continuación:

Tipo vehículo	Designación	Función
Normal	Categoría X	Vehículos livianos con usuarios particulares. Tienen autorización para ocupar un espacio máximo por un lapso de tres horas.
Especial 1	Categoría Y	Tienen autorización para ocupar máximo cuatro puestos cada uno. <ul style="list-style-type: none"> Los vehículos que pertenecen a la Cooperativa de Taxis Centro. Vehículos de uso municipal. Vehículos de uso gobernación.
Especial 2	Categoría Z	Vehículos especiales, tienen autorización para ocupar ilimitadamente el estacionamiento: <ul style="list-style-type: none"> Vehículos de cruz roja. Vehículos de bomberos Vehículos de la policía.

Tabla 6. Designación de tipos de vehículo.

Existen dos perfiles de usuario para el uso del nuevo sistema de control: Administrador y Servicio al Cliente. La función de cada perfil se presenta en la siguiente Tabla

Usuario	Función
Administrador	<ul style="list-style-type: none"> Administrar los horarios de funcionamiento del Sistema Simert. Cambiar costo tarifa de uso del Sistema. Cambiar costo sanciones a las infracciones. Ingreso de usuarios tipo taxi (categoría Y) y especiales (categoría Z) en la base de datos. Autorizar nuevos ingresos de usuarios normales (Categoría X) por parte de Servicio al

	<p>Cliente.</p> <ul style="list-style-type: none"> Ingreso de un nuevo equipo lector en el caso de ampliación del sistema. Ingreso, edición y eliminación de perfiles de servicio al cliente. Presentación de informes económicos.
Servicio al Cliente	<ul style="list-style-type: none"> Ingreso, edición y eliminación de usuarios normales (Categoría X) previa autorización del administrador. Ingreso de nuevos ID de tags para la venta a los usuarios. Ingreso de formas de pago por parte de los usuarios. Recibe inmediatamente informes de la placa del vehículo de los usuarios que se excedieron en el tiempo de estacionamiento con el fin de ser inmovilizados.

Tabla 7. Perfiles de usuario y su función.

El esquema de registro lo explicamos de la siguiente manera:

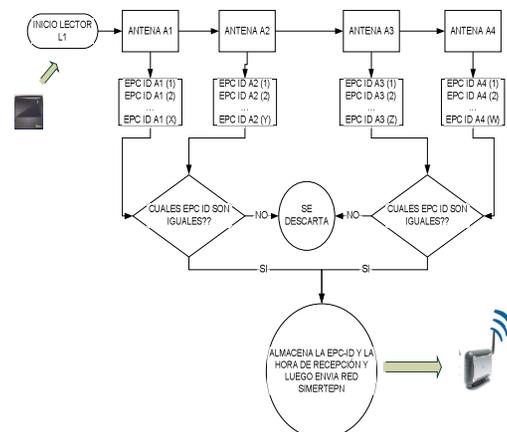


Figura 13. Esquema de funcionamiento de registro tags ID

La información de EPC-ID se registra con el número de placa; nombre, cédula, mail y teléfono del usuario y la categoría del vehículo. Cuando el EPC-ID ingresa al servidor se registra su hora de llegada e inicia el contador de tiempo; el precio se tarifa según la categoría del vehículo. Si el tiempo de estacionamiento es mayor a tres horas el servidor informa a Servicio al Cliente para proceder a inmovilizar el vehículo. El funcionamiento del sistema de tarifación lo explicamos en la Figura 14.

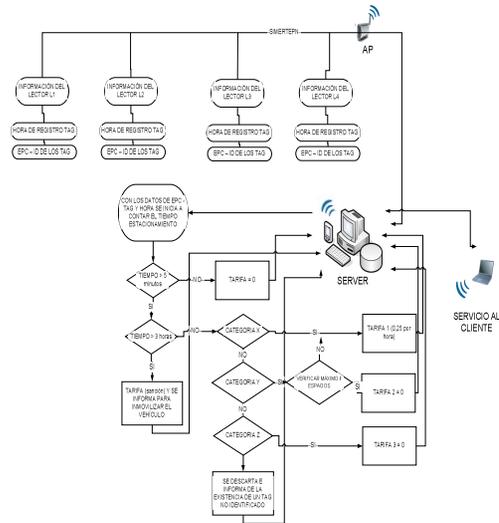


Figura 14. Funcionamiento del sistema de tarificación.

Se utilizan estas dos formas de pago presentadas en la siguiente tabla.

Forma de Pago	Función
Prepago	El usuario cancelará por adelantado el uso del servicio al momento de adquirir su TAG RFID en el Servicio al Cliente. Cuando se agote el saldo de su cuenta, el usuario podría ser informado a través de e-mail, sms, o llamada telefónica.
Postpago	El usuario establece un convenio de pago con el Municipio; este convenio puede ser a través del descuento en una cuenta bancaria o cancelar en las planillas de pago de servicios básicos como agua, luz, teléfono.

Tabla 8. Formas de pago y su función.

Este nuevo sistema facilitará el control y mejorará las recaudaciones por parte del Municipio de Loja. Se espera que con este proyecto se pueda mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad en un marco de equidad social; así como solucionar con sentido de futuro los problemas de saneamiento y desarrollo urbano, en especial la protección ecológica, optimización del espacio; y, enfrentar los graves problemas de la articulación vial y transportación urbana.

Bibliografía

ENLACES WEB

www.urbalcyclinginfo.org/pdf/citystudies2004/Estudio%20Loja%20inddoc.pdf -

www.urbalcyclinginfo.org/pdf/lojaPresentacion.pdf

<http://www.montevideo.gub.uy/transito/estacionamientotarifado.htm>

EXPLICACIÓN DE ESTRUCTURADA ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO

www.cuenca.gov.ec/download/empresas/emtet/reglamento.pdf

Reglamento de los sistemas rotativos tarifados en cuenca.

http://www.municipioderiobamba.gov.ec/home/secciones.php?idn=97&id_sec=30

http://www.ambato.com/amb1012s/index.php?Itemid=2&id=573&option=com_content&task=view

http://www.cuenca.gov.ec/download/empresas/emtet/plan_accion_2008.pdf

inec. información de la población de la ciudad de Loja.

http://www.apfdigital.com.ar/despachos.asp?cod_des=102639

<http://hulk.bu.edu/projects/vanets/summary.html>

<http://www.freepatentsonline.com/7237715.html>

<http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupe4/index.html>

Biografías de los autores

Angel Valdivieso C.



Nacido el 27 de febrero de 1985 en Loja, Ecuador. Realizó sus estudios primarios en la Escuela Fiscal de niños “José Ángel Palacios”, sus estudios secundarios en el “Instituto Técnico Superior Daniel Álvarez Burneo” obteniendo el título de mejor bachiller en la Especialidad de Físico - Matemático. Los estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional obteniendo el título de “Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones”. Durante su carrera universitaria en el 2006 ganó el concurso organizado por la CONATEL a nivel nacional y fue seleccionado como representante juvenil en el Foro Mundial de la Juventud ITU TELECOM WORLD 2006 organizado por The International Communication Union (ITU) en Hong-Kong, China. En el 2007 fue seleccionado como único representante juvenil latinoamericano en el foro mundial Global Forum on Youth and ICT for Development organizado por “The Global Alliance for ICT and Development (GAID) and The International Communication Union (ITU)” en Ginebra-Suiza. Actualmente trabaja como Representante Técnico en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. Sus áreas de interés son las Comunicaciones Inalámbricas; Redes de Comunicación; Regulación y Administración de Sistemas de Telecomunicaciones.

Tania Perez R.

Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones graduada en el instituto Bonch Bruyevich, Leningrado 1977. Actualmente se desempeña como profesora principal a tiempo completo en la Escuela Politécnica Nacional y como Jefa del

departamento de Telecomunicaciones y Redes. Ha realizado estudios de postgrado en computación en la misma institución. Sus áreas de interés se encaminan al desarrollo del video y procesamiento de imágenes.

