

# Los Sistemas Inteligentes de Transportes y la Reducción de Accidentes en la Carretera

Intelligent Transport Systems and reducing Road Accidents

Wilbert Chávez Irazábal<sup>1</sup>

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

**Resumen—** En este artículo se plantea la aplicación de sistemas inteligentes de transportes ITS para prevenir y evitar el exceso de velocidad de los vehículos, además de ideas generales sobre el diseño y aplicación del RRFID que utiliza los sistemas de radares de tráfico vehicular y los sistemas de identificación por radiofrecuencia RFID, que permitirá identificar en forma certera a los vehículos que sobrepasen las velocidades permitidas para ser sancionados.

**Abstract—** In this article the application of intelligent transport systems ITS to prevent and deter speeding vehicles, as well as ideas on design and implementation of RRFID using radar systems and vehicular traffic systems RFID radio frequency identification, allowing accurate way to identify vehicles exceeding the speed limits to be sanctioned.

**Palabras clave—** ITS, RFID, Radar, LIDAR

**Key words—** ITS, RFID, Radar, LIDAR

## I. INTRODUCCIÓN

El índice de mortalidad causada por los accidentes de tránsito vehicular en el Perú es alto, y en Sudamérica somos los que tenemos el mayor índice, tal como lo informa la Defensoría del Pueblo en su informe 108 (Ver Tabla I).

TABLA I  
Muertes por accidentes de tránsito- 2009

PAÍS	PARQUE AUTOMOTOR (PROMEDIO)	NÚMERO DE MUERTOS	NÚMERO DE MUERTOS POR CADA 10,000 VEHÍCULOS	NÚMERO DE MUERTOS POR CADA 100,000 HABITANTES
Argentina	10' 583,613	4,111	4	10
Colombia	3' 702,086	5,207	14	11
Chile	2' 398,418	1,622	7	10
Perú	1' 379,671	4,015	29	14

Fuente: Defensoría del Pueblo (Informe 108)

Las medidas correctivas a tomar para la reducción del índice de mortalidad originada por los accidentes de tránsito vehicular, debe partir desde la elaboración de un plan nacional integral de seguridad vial, donde esté incluido el plan de implementación de soluciones ITS. La función de elaborar y dar cumplimiento del plan nacional debe estar a cargo de un órgano administrativo interministerial; se tiene buenos antecedentes de este tipo de órganos administrativos interministeriales como el CONASET [1], que ha logrado reducir el índice de mortalidad causada por los accidentes de tránsito vehiculares en Chile [2].

De acuerdo al informe presentado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), sobre la situación mundial de la seguridad vial [3], un promedio de 1.2 millones de personas mueren en el mundo por accidentes en las carreteras, 90% de ellas en países pobres. Se calcula también que 50 millones de personas quedan afectadas por las secuelas de un accidente; calculándose que en el Perú, 35,000 personas quedan afectadas cada año por los accidentes de tránsito.

Los Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS) [4] son un conjunto de soluciones tecnológicas de las telecomunicaciones y la informática conocida como telemática, diseñadas para mejorar la operación y seguridad del transporte terrestre, en carreteras urbanas, rurales, ferrocarriles, transportes aéreos y marítimos.

La aplicación planificada del ITS como parte de una política de seguridad vial es efectiva, tal como lo demuestran los resultados obtenidos en los países como España y Portugal, que dentro de la Unión Europea ostentaban los más altos índices de mortalidad por accidentes de tránsito vehicular, ver Fig. n.º 1 y Fig. n.º 2.

<sup>1</sup> Wilbert Chávez Irazábal. E-mail: wchavezi@unmsm.edu.pe

Las autoridades responsables de la seguridad vial que lograron esta disminución de la mortalidad por accidentes vehiculares en España y Portugal son:

- La Dirección General de Tráfico de España DGT [5] es la encargada de proponer y ejecutar las disposiciones en temas de seguridad vial a nivel de toda la nación.
- La Autoridad Nacional de Seguridad en las Carreteras de Portugal ANSR [6]. Tiene la tarea de planificación y coordinación a nivel nacional, la política del gobierno sobre la seguridad vial y la aplicación de la ley de carreteras.

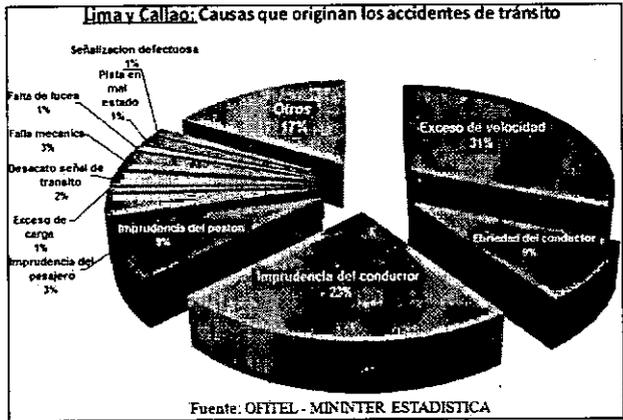


Fig. n.º 3. Causas que originan los accidentes de tránsito

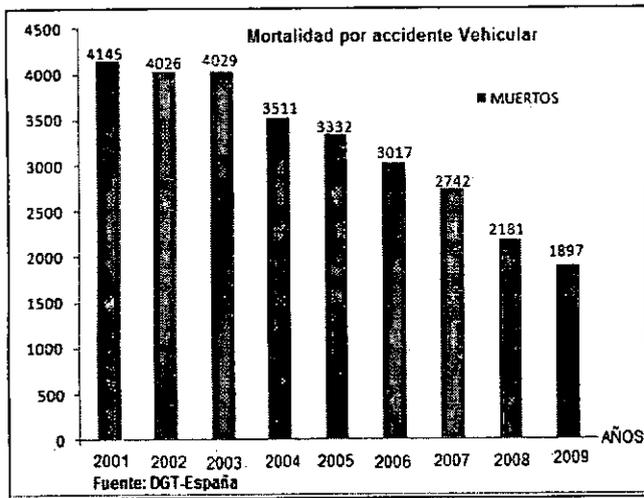


Fig. n.º 1. Mortalidad por accidente Vehicular en España

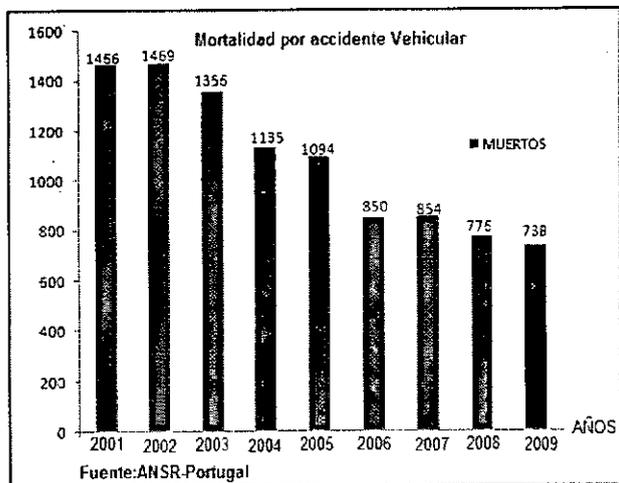


Fig. n.º 2. Mortalidad por accidente Vehicular en Portugal

El cuadro estadístico de la Fig. n.º 3, nos muestra las principales causas que ocasionan los accidentes de tránsito en el Perú. Analizando este cuadro se puede observar que la mayoría de los accidentes de tránsito son ocasionados debido al exceso de velocidad.

Para mitigar la mayor causal de los accidentes de tránsito vehicular se plantea la necesidad de utilizar herramientas tecnológicas que detecten el exceso de velocidad e identifiquen al infractor para que sea sancionado. Por ello, el objetivo principal de este artículo es proponer una solución ITS, llamado RRFID, que hace uso de los Radares de tráfico vehicular y la tecnología RFID (Identificación por Radiofrecuencia), para poder cubrir esta necesidad con una alta fiabilidad.

## II. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES

### A. Identificación por Radiofrecuencia RFID

El RFID [7] es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que utiliza dispositivos denominados Tag RFID. El Tag RFID transmite la identidad de un objeto y almacena datos de sus características, es similar a un número de serie único mediante ondas de radio.

Los Tag RFID son dispositivos pequeños, que pueden variar de tamaño y forma dependiendo del uso que se le va dar, pudiendo ser similares a una pegatina que se pueden adherir a un objeto, ver Fig. n.º 4. Generalmente los Tag RFID activos tienen una batería de litio y pueden transmitir las señales automáticamente, mientras los Tag RFID pasivos no tienen batería y necesitan de una fuente externa para provocar la transmisión señalada.

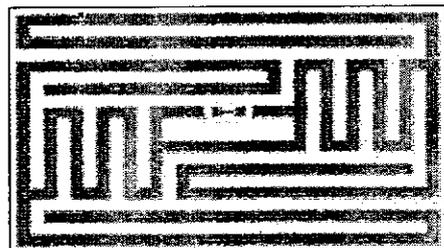


Fig. n.º 4. Tag RFID pasivo

Los Tags RFID están compuestos por dos partes, un circuito integrado para guardar y procesar la información mientras modula-demodula una señal de radio frecuencia y otras funciones especializadas, y una antena para recibir y transmitir la señal.

Un sistema RFID consta de los siguientes tres componentes:

1. *Tag RFID*: Está compuesta por una antena, un transductor radio y un chip que posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía de una decena a millares de bytes. Existen varios tipos de memoria; el de solo lectura donde el código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta, también se tiene el de lectura y escritura donde la información de identificación puede ser modificada por el lector.
2. *Lector de RFID o transceptor*: Está compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones. Cuando capta una señal de una etiqueta la cual contiene la información de identificación de esta, extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos.
3. *El Middleware RFID*: Proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos. Las funciones básicas que cumplen son las de monitorización, gestión de los datos y de los dispositivos.

Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia en lugar, de señales infrarrojas es que no requiere visión directa entre emisor y receptor. Las distancias de lectura-escritura están entre los 10 m a 200 m dependiendo de las características técnicas del Tag RFID y el Lector RFID, así como la ganancia de la antena.

Las Frecuencias de radio que son utilizadas en los sistemas RFID se muestran en la Tabla II.

TABLA II  
Frecuencias de radio RFID

Banda	Frecuencia	Observación
LF	125-134.2 kHz y 140-148.5 kHz	Ninguna
HF	13.56 MHz	Ninguna
UHF	868-928 MHz	No pueden usarse globalmente
UHF	902-928 MHz	Se utiliza en la banda no licitada de 902-928 MHz ( $\pm 13$ MHz con una frecuencia central de 915MHz), en USA.

Además de las frecuencias mostradas en la tabla II, el RFID opera también en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 2,4 GHz.

*B. Radar de tráfico*

El radar de tráfico convencional se usa para aplicaciones de control de velocidad en el tráfico vehicular, utiliza el principio basado en el efecto Doppler. El radar emite un haz electromagnético sobre el vehículo objeto, para luego tomar la señal reflejada y medir la velocidad del vehículo objeto al cual se dirige. Para calcular la velocidad del objeto móvil, se utiliza la ecuación 1, donde  $\Delta f$  es el desfasaje de frecuencia de la señal emitida y la recibida,  $v$  es la velocidad radial del objeto,  $f_c$  es la frecuencia de la portadora, y  $c$  es la velocidad de la luz.

$$\Delta f = 2.v.\frac{f_c}{c} [Hz] \tag{1}$$

El radar de tráfico puede tomar las medidas en movimiento, además puede cubrir varios carriles simultáneamente, dependiendo del ancho de haz que emita.

En la Fig. 5, se muestra el diagrama de bloques de un radar de tráfico que puede operar en las bandas de frecuencias X, K, Ka, y Ku.

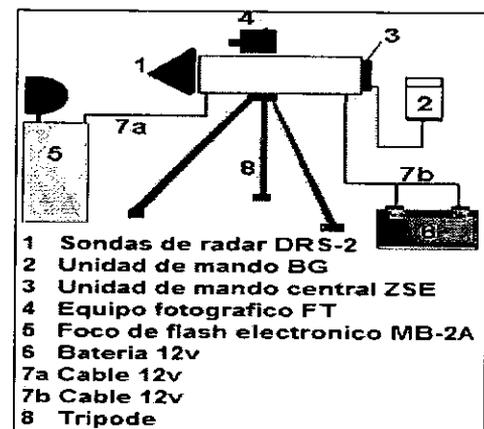


Fig. n.º 5. Diagrama de bloques de un radar de tráfico

El radar LIDAR o Light Detection and Ranging, es una tecnología que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado. Al igual que ocurre con la tecnología radar, donde se utilizan ondas de radio en vez de luz, la distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. La luz láser pulsante que se emite está en la banda del infrarrojo. El radar LIDAR tiene varias ventajas frente al radar convencional, ya que es mucho más rápido en circunstancias normales la obtención de la velocidad del vehículo en sólo 3 décimas de segundo, son más

directivos, barato y tiene una alta efectividad que puede llegar al 98%. Las limitaciones del LIDAR es que debe estar estático para realizar las medidas, y solo puede realizar una correcta medida cuando su señal está dirigida a la superficie metálica del vehículo.

El radar láser de Barrera es un tipo de medidor de velocidad, que no funciona bajo el principio del efecto Doppler, este tipo de detectores de velocidad constan de dos haces separados una pequeña distancia una de otra en paralelo, cuando un vehículo cruza el primer haz, cronometra el tiempo que tarda en cruzar el segundo. Sabiendo la distancia recorrida  $d$  y el tiempo  $t$ , se obtiene la velocidad. Toma una doble medición, cuando el vehículo interrumpe los haces, y otra cuando deja de interrumpir los haces, y compara una medición contra la otra para verificar la medición (Ver Fig. n.º 6).

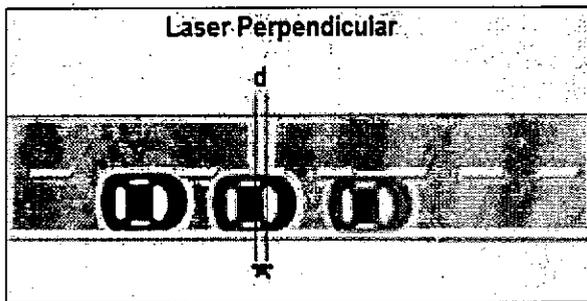


Fig n.º 6. Radar láser de Barrera

Un sistema de radar consta de tres componentes:

- **Antena:** Este componente radiante es por donde se transmite la señal electromagnética hacia el vehículo objetivo y recibe la señal reflejada para entregárselo al transceptor. Generalmente este tipo de antena de microonda tiene una alta directividad que hace que sea más precisa su incidencia sobre el objetivo.
- **Transceptor:** Tiene como función generar la señal a ser transmitida y procesar la que se recibe. Está compuesto por generadores de señal, mezcladores, filtros, duplexores y procesadores de señales; en este componente del sistema es donde se toman las decisiones si ha excedido la velocidad en función a la señal de referencia y al desfase obtenido. La información obtenida la envía al procesador gráfico.
- **Procesador gráfico:** Este componente está compuesto por la cámara fotográfica digital de alta velocidad y una unidad procesadora PC, donde se almacenan las fotografías capturadas del infractor con los datos de identificación y los datos complementarios como son la velocidad, fecha y hora del suceso. Para evitar la

manipulación de la información gráfica, estas son encriptadas.

El sistema del radar LIDAR, consta de tres componentes:

- **Óptico:** Este componente consta de dos LEDs, un LD de emisión y otra de recepción. A través de ellas se emiten pulsos láser sobre el vehículo objeto y recibe la señal óptica reflejada.
- **Transceptor:** Genera la señal Eléctrico-Óptica y procesa la señal Óptico-Eléctrica recibida, para luego compararla en el tiempo con la señal de referencia, de esta manera va a un microprocesador que envía la información al procesador gráfico.
- **Procesador gráfico:** La conformación de este componente es igual al del radar convencional de tráfico.

### III. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La implementación de la solución ITS propuesta para el control de la velocidad de circulación vehicular RFID, varía dependiendo del escenario en el cual se va a realizar su aplicación. Haciendo el análisis técnico pertinente y tomando en cuenta las características de las carreteras y su entorno se ha establecido dos escenarios:

- Carreteras de vías nacionales
- Carreteras de vías urbanas

El incremento ordenado y estratégico de la implementación de soluciones ITS a nivel nacional dependerá del plan nacional de implementación elaborado por las autoridades correspondientes.

#### A. Carreteras de vías nacionales

En este escenario se encuentran comprendidas las autopistas y las carreteras interprovinciales, por donde circulan los autobuses interprovinciales, camiones de carga, y automóviles.

Las normas internacionales sugieren que los buses que transportan personas a distancias medias y largas por las autopistas no deben de superar velocidades mayores a 100 km/h, y para los camiones de carga la velocidad máxima es 90 km/h [8]. Estas sugerencias son aplicadas en todos los países de la Comunidad Europea y la mayoría de los países del mundo.

La aplicación de la propuesta RFID debe ser complementada con la utilización de equipos que realicen funciones de medidas preventivas. La obligatoriedad del uso de estos equipos debe ser parte del plan nacional integral de seguridad vial.

Dentro de la gamma de equipos preventivos tenemos a los limitadores permanentes de frenado DBL [9], este sistema de seguridad, impide que el conductor abra la cadena cinemática accionando el embrague para descender por inercia puertos de

montaña; una acción inadmisibles. El DBL supervisa continuamente la velocidad máxima admisible del vehículo. Si se supera esta cota, por ejemplo por acción de la gravedad durante una bajada, el DBL envía esta información a los demás sistemas de seguridad. En primer lugar, se corta la inyección del combustible en el motor; si esto no es suficiente, se conecta el retardador, el freno de acción continua exento de desgaste. De ese modo, aumenta la seguridad especialmente en tramos descendentes con pendiente elevada, y se impide en estos casos una aceleración por encima de la velocidad máxima autorizada.

Otro equipo preventivo utilizado como medida de control y supervisión del cumplimiento de las normas de velocidades máximas, son los tacógrafos digitales [10]. El tacógrafo digital está compuesto por los siguientes componentes:

*El Sensor:* Es un aparato que permite registrar las velocidades y distancias recorridas por un vehículo mediante el envío de una señal encriptada a la unidad de vehículo. El sensor se instala habitualmente en la caja de cambios del vehículo y su instalación se precinta para que no pueda ser reemplazado por personas no autorizadas (Ver Fig. n.º 7).

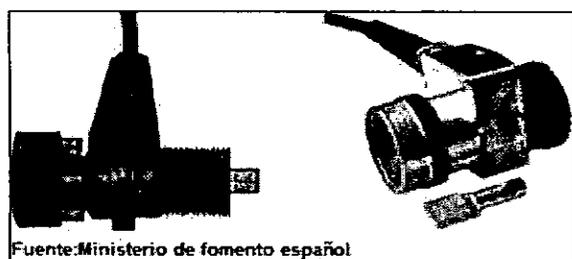


Fig. n.º 7. Sensor

*Unidad de vehículo:* La unidad de vehículo es la encargada de controlar todo el sistema y registrar, la información relativa a la actividad de los conductores durante todo el año. Además, almacena información relativa a fallos, intentos de manipulación del sistema, velocidad excesiva, calibración y cuándo se ha accedido a dicha información (Ver Fig. n.º 8).



Fig. n.º 8. Unidad de vehículo

*Tarjetas:* El tacógrafo digital utiliza tarjetas inteligentes basadas en chip. El chip incluye un programa que protege los datos almacenados en él y que permite que la tarjeta se comuniquen con el tacógrafo digital de forma segura (Ver Fig. n.º 9). La unidad del vehículo tiene habilitada la función de identificar y brindar información según los atributos con que cuenta la tarjeta; por ello, se tiene cuatro tipos de tarjetas con atributos específicos.

Tarjeta de Conductor, que identifica al conductor y permite almacenar los datos de su actividad durante, al menos, 31 días de actividad.

Tarjeta de Empresa, que identifica a la empresa y permite visualizar, imprimir y transferir la información almacenada en el tacógrafo y activar y desactivar el bloqueo del tacógrafo.

Tarjeta de Control, que identifica al organismo de control, la persona que realice el control y además permite acceder a la información almacenada en las tarjetas de conductor o en el tacógrafo a efectos de su lectura, impresión o transferencia.

Tarjeta de Centro de Ensayo, también conocida como Tarjeta de Taller, identifica al titular y permite probar, activar, calibrar y transferir datos del tacógrafo digital.



Fig. n.º 9. Tarjetas de vehículo

Dentro plan nacional integral de seguridad vial, se debe considerar el uso obligatorio del RFID en los vehículos, con la finalidad de tener una identificación más fiable y completa. La ubicación de los RFID debe estar en el chasis de difícil acceso para el propietario del vehículo. La información que guarda el RFID es difícilmente alterable, pues tiene un protocolo de encriptamiento que protege la información de la manipulación incorrecta.

La propuesta que se presenta RRFID, combina el uso de dos tecnologías, el RFID y los Radars de tráfico.

La aplicación de los radares de tráfico y el sistema RFID es una solución para identificar al infractor mediante la fotografía realizada por los radares y respaldada por la identificación realizada por el sistema RFID. La combinación de estas dos tecnologías da una mayor fiabilidad a la identificación de la unidad móvil infractora.

En este escenario, por seguridad y estrategia, la ubicación de los radares estará en lugares de difícil

acceso a personas no autorizadas, por ello se utilizarán los radares fijos ubicados en los pórticos o en los anuncios publicitarios. Los radares estarán conectados al lector RFID, de tal manera que cuando detecte el radar que el vehículo ha superado la velocidad límite, esta activará la cámara fotográfica con un disparo que será utilizado también por el RFID para que active a la memoria y almacene los datos ID del vehículo. La información capturada por el sistema propuesto se almacena en una PC que es un servidor de base de datos, que tiene la opción de enviar la información vía el Radio Modem RF, hacia la comisaría de la jurisdicción, donde es recepcionada la información y enviada a la dirección IP del Centro de Gestión PNP. La PC de las comisarías de la PNP debe tener instalados el software que realice la función de enviar automáticamente, la información al centro de gestión PNP.

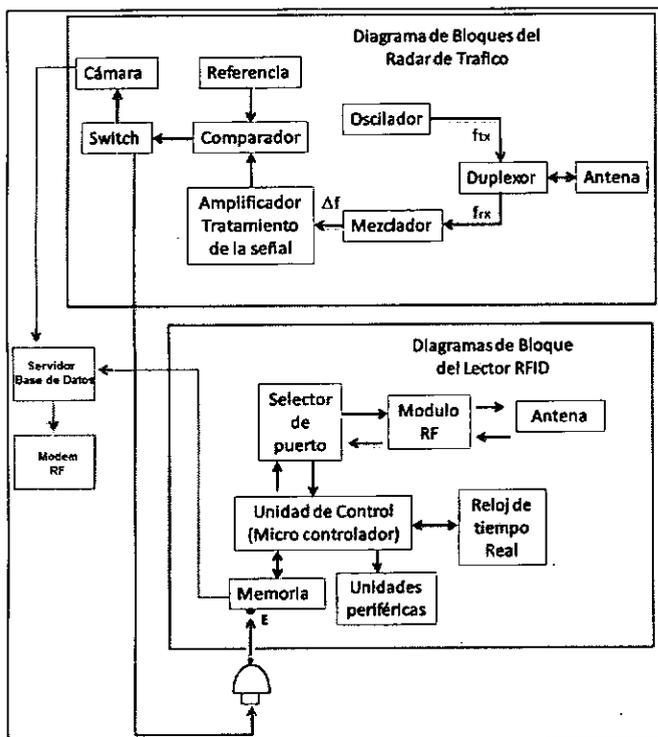


Fig. n.º 10. Diagrama del Sistema RRFID

El sistema RRFID que se muestra en la Fig. n.º 10, utiliza como fuente de energía baterías que pueden tener una autonomía de 24 horas, es necesario que tenga una fuente de energía adicional, pudiendo ser energía convencional o no convencional.

Generalmente este tipo de radares que conforman el RRFID se ubican en lugares alejados de los pueblos, por esta razón se utiliza la energía solar como fuente de energía para recargar las baterías del sistema. En la Fig. n.º 11, se observa la arquitectura del sistema RRFID que se plantea cuando se utilice en el sistema con los radares en los pórticos.

El radioenlace puede ser directo desde el RRFID vía Radio Modem RF a la comisaría, si la distancia a ser cubierta lo permite. Si la comunicación con la comisaría requiere una mayor distancia a la que pueda cubrir el Radio Modem RF, entonces será necesario utilizar repetidoras.

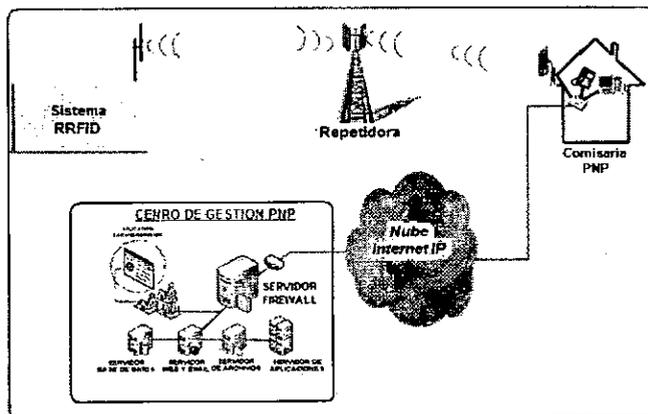


Fig. n.º 11. Arquitectura del sistema RRFID con radar en pórticos

Cuando la carretera de las vías nacionales se encuentra próxima a una población, el sistema RRFID utiliza radares de fácil desplazamiento y camuflaje que se pueden colocar a lo largo de la carretera siendo difícil su detección. Además, puede ser utilizado por las unidades móviles policiales para realizar mediciones en operativos sorpresas. En este tipo de sistema RRFID, la policía local será la encargada de mantener en funcionamiento el sistema y recolectar los datos almacenados utilizando un cable conector o en forma inalámbrica mediante el bluetooth (Ver Fig. n.º 12).

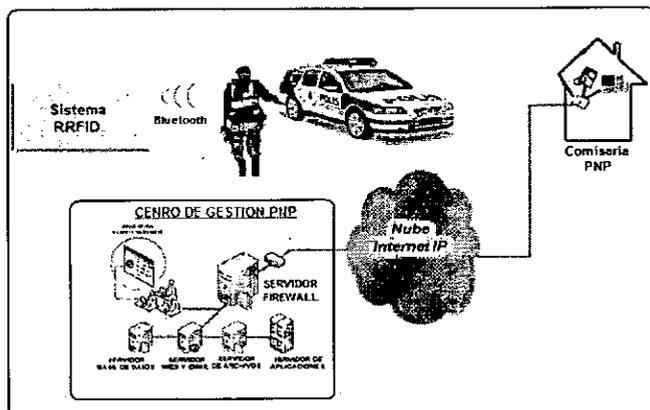


Fig. n.º 12. Arquitectura del sistema RRFID con radar de barrera para vías nacionales

El acceso a los datos almacenados en el procesador se realizará previa introducción de la contraseña personalizada de la persona autorizada.

Por medidas de seguridad, la información obtenida estará encriptada teniéndose que enviar la información al Centro de Gestión de la PNP, para que descifre la información, para luego distribuir la información a las comisarías a nivel nacional.

**B. Carreteras de vías urbanas**

En este escenario se encuentran comprendidos los automóviles, autobuses urbanos y motocicletas. Las velocidades permitidas en las zonas urbanas van a variar dependiendo del reglamento de tránsito [11].

La implementación de la solución propuesta es similar a la mostrada en la Fig. n.º 10, pero los datos pueden ser enviados al centro de gestión mediante sistemas de comunicaciones alámbricas o inalámbricas.

En la implementación del sistema RRFID en carreteras de vías urbanas se puede utilizar los radares de pórtico y los de barrera, pero además de los mencionados se utilizan el Radar Speed Warning Sign, que detecta y muestra la velocidad de los vehículos a los conductores con la finalidad que el conductor tome las medidas correctivas del caso y no exceda la velocidad permitida.

Generalmente la energía eléctrica que se utiliza para el funcionamiento del sistema RRFID en zonas urbanas proviene de las líneas eléctricas convencionales.

Aprovechando la expansión de las redes WiFi en las zonas urbanas, es viable su uso como una solución para el transporte inalámbrico de la información al centro de gestión (Ver Fig. n.º 13).

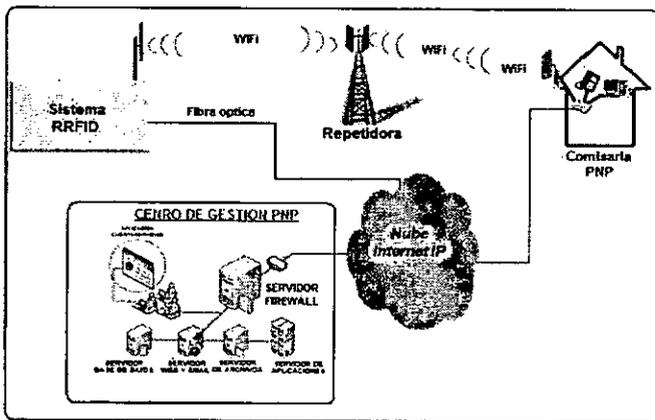


Fig. n.º 13. Arquitectura del sistema RRFID para vías urbanas

**IV. EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA**

**A. Equipamiento del Sistema RRFID utilizando radares fijos en pórticos**

El montaje del sistema RRFID se realizará sobre infraestructuras metálicas como se muestra en la Fig.

n.º 14, pudiéndose también utilizar en los paneles publicitarios y puentes.



Fig. n.º 14. Radar en portal

Las características técnicas que debe de tener como mínimo el Radar de Tráfico que se propone para montar nuestro sistema RRFID se describe a continuación:

➤ **Características técnicas del procesador gráfico:**

**Equipo fotográfico**

- Sensor CCD: El sensor, tiene pequeñas células fotoeléctricas que registran la imagen, el sensor debe tener, como mínimo, un sensor monocromático progresivo 10 mm x 8,7 mm
- Pixeles: 2048 x 1536
- Lente: 1:1,4 / 17 mm – 1:1,9 / 35 mm
- Obturación: Electrónico de 1/50 á 1/10000 seg
- Zoom: Con longitud fija o motorizado
- Escaneo: Progresivo
- Control: Automático

**Unidad Procesadora PC**

- Procesador: Mínimo Pentium III
- Velocidad: 600 MHz
- Memoria RAM: 128 Mb
- Disco duro: mínimo 20 GB
- Almacenamiento: 1500 – 10000 imágenes mínimo
- Software: Control de exposición JPEG, Control TCP/IP, programas protección de datos, conexión a base de datos, sincronización de imagen y datos de medición, detección de movimiento, lector de matrículas OCR.

➤ **Características técnicas de la antena**

- Tipo: Sonda o Parabólica
- Frecuencia de operación: 34.36 GHz, +/-100 MHz
- Ganancia: 10 a 20 dBi
- Ángulo de inclinación: 22º

➤ *Características técnicas del transceptor*

- Señal: Ondas electromagnéticas continuas
- Potencia de transmisión: 0.2 mw a 0.5 mw
- Rango de medición: 20 km/h a 250 km/h
- Error de medición: 3% a velocidad superior a 100 km/h
- Distancia de alcance: 200 m

Las características técnicas mínimas que debe cumplir el Sistema RFID (ver Fig. n.º 15) para nuestro sistema RRFID se describe a continuación.

➤ *Características técnicas del Tag RFID*

- Frecuencia de operación: 908 Mhz a 928 Mhz
- Modulación: ASK
- Dimensiones: 41x30x10mm
- Batería: 3VDC, de litio con autonomía de 7 años
- ID: 64 bits.
- Memoria: 4 kbytes a 32 kbytes
- Temperatura: -20 °C a 70 °C
- Grado de protección: IP54 [12]

➤ *Características técnicas del Lector RFID*

- Frecuencia de operaciones: 916,25 MHz
- Demodulador: ASK
- Potencia de salida: Ajustable desde 0 hasta 2 W ERP (33 dBm)
- Sensibilidad: -103 dbm
- Impedancia de salida: 50 ohmios
- Tiempo de lectura: 0 a 600 segundos, 0= constante información
- Número asignable al Lector: 1-255 utilizado para identificar un único lector dentro de un sistema
- Conexión de datos: RS-232 o RS-422
- Interface: RJ45
- Dimensiones del Lector: 24,1 x 22,9 x 3,6 cm
- Dimensiones del gabinete: 40,6 x 35,6 x 22,9 cm
- MTBF: 65,000 horas
- Protocolo de Comunicaciones: Asíncrono puerto RS-232 de datos compatible - 19200, N, 8,1 con paquetes enmarcado por códigos STX, LF y ASCII.
- Fuente AC: 85 a 220 VAC, 60 Hz
- Fuente DC: 12 VDC +/- 5@3.5 Amps
- Temperatura: -20 °C a 70 °C
- Grado de protección: NEMA 4X

➤ *Características de la antena*

- Rango de frecuencia: 890 - 960 MHz
- Ganancia: 10 dBi
- Impedancia: 50 ohms
- VSWR: <1.5:1 máximo
- Polarización: Horizontal
- Relación Front to Back: >20 dB
- Max Input Power: 100 W @ 50 °C

- Dimensiones: 58.4 x 17.8 cm

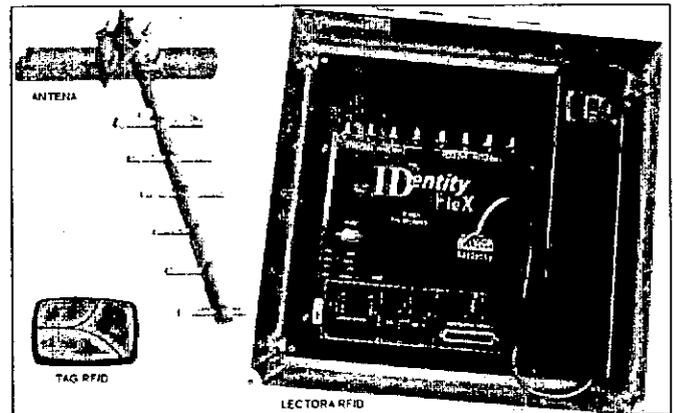


Fig. n.º 15. Sistema RFID

El Servidor Base de Datos, está conformado por Hardware y Software, debiendo de cumplir como mínimo con las siguientes características:

➤ *Características del Hardware*

- Procesador: Intel- Quad Core 1.6 GHz, 6 MB L3 Cache con Turbo Boost hasta 2.8 GHz
- Memoria : 4 GB DDR3 (2 Dimm)
- Disco Duro: 500 GB
- Tarjeta para WiFi y Bluetooth incorporado

➤ *Características del Software*

En el servidor base de datos es donde se alojarán el software del Middleware, administrador de las bases de datos, y el software de seguridad que cumple la función de autenticación de acceso y encriptamiento de la data.

Las funciones de gestión mínimas requeridas son:

- Control de los dispositivos de captura de información en tiempo real, con sus configuraciones.
- Capacidad de sincronización en la recolección de datos capturados por el lector RFID y el Radar.
- Capacidad de Gestionar los datos leídos para ser enviados por el radio modem.

El Radio Modem RF; es el equipo de transmisión inalámbrico por medio del cual se transportan los datos procesados por el servidor. El radio modem está conformado por el equipo de radio y la antena y deben de cumplir con las siguientes características técnicas mínimas:

➤ *Características del Radio Modem*

- Frecuencia: 902-928 MHz
- Modulación: FHSS- FSK/FM
- Capacidad de canal: 7 salto de frecuencia por segundo de 25

- Velocidad de datos I/O: 1.2kbps-57.6kbps
- Interface de dato: RS-232/422/USB
- Throughput: 19.2 kbps
- Velocidad Baud RF: 20 kbps
- Potencia de Tx: 140 mW (21.5 dBm)
- Receiver Sensitivity: -107 dBm
- Fuente: 7-18 VDC @190 mA

➤ *Características de la antena*

- Tipo: Látigo de media onda
- Ganancia: 6 dbi
- Conector: Polaridad inversa SMA

Las ecuaciones a ser utilizadas para calcular la distancia del radioenlace cuando la frecuencia de operación esté entre 150MHz-1500MHz se realizará utilizando la ecuación 2, donde  $L_b$  es la pérdida básica en medios urbanos,  $f$  (MHz) es la frecuencia de operación,  $h_t$ (m) es la altura efectiva del sistema RFID,  $h_r$ (m) es la altura efectiva del repetidor o punto de enlace,  $d$ (km) es la distancia del enlace y  $a$ (hr) es la corrección por altura.

$$L_b = 69,55 + 26,16 \cdot \log f - 13,82 \cdot \log h_t - a(h_r) + (44,99 - 6,55 \cdot \log h_t) \cdot \log d \quad (2)$$

Luego  $a(h_r)$  se calcula en la ecuación 3.

$$a(h_r) = 3,2(\log 175h_r)^2 - 4,97 \text{ para } f \geq 400\text{MHz} \quad (3)$$

Las pérdidas básicas  $L_{br}$  para zonas rurales se calcularán con la ecuación 4.

$$L_{br} = L_b - 4,48(\log f)^2 + 18,33 \cdot \log f - 40,94 \quad (4)$$

La sensibilidad, se puede calcular utilizando la ecuación 4, donde el ERP es la potencia efectiva radiada.

$$\text{Sensibilidad} = \text{ERP} - L_{br} \quad (5)$$

Utilizando las ecuaciones 2, 3, 4 y 5 se obtiene la distancia del radioenlace; garantizando el valor nominal de la sensibilidad de recepción.

Cuando se equipa el sistema RFID en el pórtico utilizando el radar LIDAR, las características técnicas de los sistemas RFID, el servidor de base de datos, y el Radio Módem se mantendrán inalterables, excepto la antena y el tipo de transceptor.

*B. Equipamiento del Sistema RFID utilizando radares de barrera.*

Los radares de barrera son altamente flexibles ya que pueden ser utilizados tanto en vías urbanas como nacionales (Ver Fig. n.º 16).

Las características técnicas de los equipos que conforman el sistema RFID implementado con este tipo de radar deben cumplir como mínimo con los parámetros que se describe en el Ítem A, de este capítulo, con la excepción del uso de la antena y el tipo de transceptor.

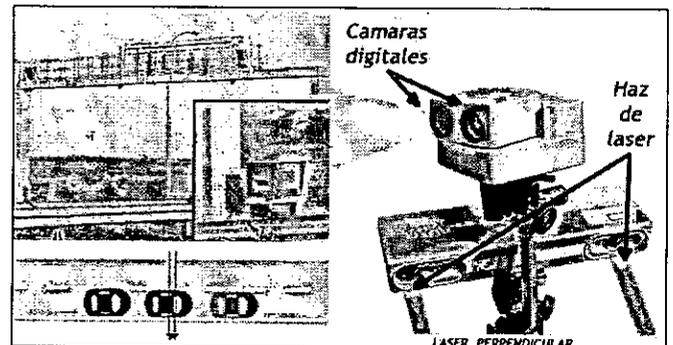


Fig. n.º 16. Radar fijo tipo láser de Barrera

➤ *Características transceptor óptico.*

- Señal: Láser continua
- Separación del haz del láser: 40 cm
- Rango de medida: hasta los 320 km/h
- Distancia: desde 50 m

*C. Equipamiento del Sistema RFID utilizando radares Speed Warning Sign.*

Este tipo de radar, utiliza los LED's para mostrar la velocidad a la que se desplaza el vehículo. Para realizar la medida de la velocidad utiliza un radar convencional (Ver Fig. n.º 17).



Fig. n.º 17. Radar Speed Warning Sign

Las características técnicas de los equipos que conforman el sistema RFID implementado con este tipo de radar deben de cumplir como mínimo con los parámetros que se describe en el Ítem A, de este capítulo, con excepción del tipo de Radio Modem.

➤ *Características técnicas del Display*

- Ángulo de lectura: aproximadamente 180º
- Refresco: aproximadamente 0,5 segundos

- Temperatura operativa: -20° a 60°
- Luminosidad: 110 lm por segmento, total 1.760 lm, permite una visibilidad a 230 m
- Señal de Alerta: Los LEDs destellan cuando se excede la velocidad permitida

➤ *Características del Radio Modem*

- Frecuencia: 2400 a 2500 MHz
- Modulación: FHSS- FSK/FM
- Radio de cobertura: 15 km
- Capacidad de canal: 7 salto de frecuencia por segundo de 25
- Velocidad de datos I/O: 1.2 kbps - 57.6 kbps
- Interface de dato: RS-232/422/USB
- Throughput: 19.2 kbps
- Velocidad Baud RF: 10 kbps
- Potencia de Tx: 50 mW (17 dBm)
- Receiver Sensitivity: -105 dBm
- Fuente: 7-18 VDC @190 mA

➤ *Características de la antena*

- Tipo: Dipolo de media onda
- Ganancia: 6 dbi
- Impedancia: 50 ohms no balanceado
- Conector: Polaridad inversa SMA

## V. CONCLUSIÓN

La creación de un organismo interministerial que planifique y ejecute el plan de seguridad vial e implementación ITS, conlleva a tener una mejor coordinación y acción sobre el problema de la seguridad vial, tal como se ha podido comprobar con organismos similares como el CONASET.

La aplicación de medidas preventivas ITS, como el tacógrafo digital y el freno DBL ayudan a disminuir el número de casos de infracción y accidentes por exceso de velocidad.

El RRFID es un sistema de medida más fiable que el sistema tradicional, puesto que la identificación del infractor no solo se basa en la identificación fotográfica, sino que tiene como valor agregado la

identificación telemática, que hace difícil el fraude por parte del infractor.

## REFERENCIAS

- [1] CONASET, <http://www.conaset.cl/portal/portal/default/resena>, Fecha de acceso Agosto del 2010.
- [2] Tasa de Mortalidad, [http://www.conaset.cl/portal/portal/default/tasa\\_mortalidad](http://www.conaset.cl/portal/portal/default/tasa_mortalidad), Fecha de acceso agosto 2010.
- [3] Organización mundial para la salud, *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción*, OMS, Ginebra-Suiza, 2009.
- [4] ITS, [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas\\_Inteligentes\\_de\\_Transporte](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas_Inteligentes_de_Transporte), Última visita: Junio 2010.
- [5] DGT, [http://www.dgt.es/portal/es/seguridad\\_vial/estadistica/accidentes\\_24horas/evolucion\\_n\\_victimas/](http://www.dgt.es/portal/es/seguridad_vial/estadistica/accidentes_24horas/evolucion_n_victimas/), Última visita: agosto 2010.
- [6] ANSR, <http://www.ansr.pt/default.aspx?tabid=57>, Última visita: Junio 2010.
- [7] Yan Zhang, Laurence T. Yang, Jiming Che. *RFID and sensor networks: architectures, protocols, security, and Integrations*, Taylor & Francis Group, Boca Raton – EEUU, 2010.
- [8] BOE 212, *Reglamento General de Circulación Real Decreto 965/2006*, Sec 1 pp. 31673 a 31676, 05 de Septiembre del 2006.
- [9] Frenos DBL, [http://www.mercedes-benz.es/content/spain/mpc/mpc\\_spain\\_website/es/home/mpc/bus/home/new\\_buses/models/touring\\_coaches/travego/overview/safety.0001.html](http://www.mercedes-benz.es/content/spain/mpc/mpc_spain_website/es/home/mpc/bus/home/new_buses/models/touring_coaches/travego/overview/safety.0001.html), Última visita: Agosto 2010.
- [10] Reglamento CE 561/2006 del parlamento europeo y del consejo del 15 de marzo de 2006.
- [11] Reglamento de Transito Vehicular, DS- 016-2009-MTC Artículo 162.
- [12] Significado y explicación del código IP54 <http://www.belsati.com/files/castellano/fil29415.pdf>, Última visita: Agosto 2010.