

# Tecnología RFID

## Aplicada al Control de Accesos

Juan Carlos Herrera Lozada, Patricia Pérez Romero y Magdalena Marciano Melchor

**Resumen**—En el presente trabajo se expone una introducción a la tecnología RFID (Identificación por Radio Frecuencia) que prometedoramente comienza a notarse como una alternativa viable para la captura de datos y el control de recursos varios en todos los sectores. En este mismo documento se incluye un análisis de las perspectivas propias y se culmina mostrando una aplicación práctica relacionada con el control de acceso.

**Palabras clave**—RFID, Identificación por Radio Frecuencia, captura de datos, control de acceso.

### RFID Technology Applied to Access Control

**Abstract**—In this paper we present the perspectives of the technology RFID (Radio Frequency Identification), which is a notorious alternative for data capture and control of resources in many industrial sectors. After the discussion of its perspectives, we present a practical application of this technology related to access control.

**Index Terms**—RFID, Radio Frequency Identification, data capture.

#### I. INTRODUCCIÓN

LA tecnología RFID (Identificación por Radio Frecuencia, en inglés *Radio Frequency IDentification*), nace como una alternativa de identificación automática de productos u objetos, similar a la lectura de códigos de barras que parece ser ya obsoleta e ineficiente. Comparando ambos casos, RFID no sólo tiene la ventaja de facilitar la creación de sistemas que almacenen mucho más información, sino que también permite identificar un producto u objeto como único, aunque sea de una misma clase, en contraparte, la lectura del código de barras considera un solo código de identificación por cada clase.

El sistema completo de RFID representa un método para almacenar y recuperar datos remotos a través de proximidad, éste se compone de tres partes o módulos básicos: Una tarjeta o etiqueta (*tag*), un dispositivo lector y un sistema de cómputo que contiene una base de datos [1, 2]; como puede observarse en la Fig. 1.

Manuscrito recibido el 17 de mayo del 2009. Manuscrito aceptado para su publicación el 20 de agosto del 2009.

J: C Herrera Lozada trabaja en Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. (e-mail: jlozada@ipn.mx).

P. Pérez Romero trabaja en Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. (e-mail: promerop@ipn.mx).

M. Marciano Melchor, Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. (e-mail: mmarciano@ipn.mx).

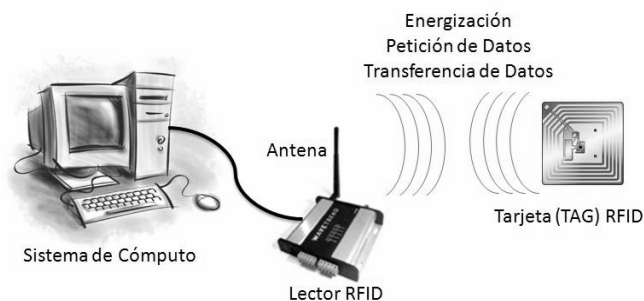


Fig. 1. Sistema básico de RFID.

El lector RFID genera un pequeño campo de radiofrecuencia que estimula e induce una antena en miniatura contenida en el encapsulado de la tarjeta, generándose en ésta una corriente eléctrica que permite que un microcircuito sea capaz de transmitir sus datos al lector. Así, cuando el lector hace una petición de datos, la tarjeta responde a dicha solicitud.

Los datos extraídos por el lector RFID pueden ser almacenados en una base de datos para realizar alguna consulta; en realidad, el sistema de cómputo se adecuará a las necesidades específicas de la aplicación.

La tarjeta se comporta como un Transponder (transmite y responde); el encapsulado de este dispositivo puede ser tan delgado como una hoja de papel y de un tamaño minúsculo. En este contexto, se dispone de tarjetas pasivas (sin alimentación interna, menor tamaño, menor coste) o tarjetas activas (alimentación interna, mayor almacenamiento). En las de tipo pasivo, la alimentación se obtiene de la misma frecuencia de trabajo y el sistema funciona mediante la técnica de modulación digital por frecuencia (FSK), con la que se facilita la adquisición pero está limitada en la distancia entre el lector y la tarjeta (de 2 a 10 centímetros) y en el número de lecturas que se pueden realizar. En las tarjetas activas de RFID, se utiliza comúnmente la alimentación por batería, propiciando alcances mayores en la proximidad (de 50 centímetros hasta 25 metros) [3, 4,5].

Los datos dentro de cada tarjeta se guardan en una memoria. Cada objeto a identificar tiene un código único y puede extraerse a distancia y sin tocarlo mediante el lector. Esta información puede ir desde un Bit hasta KBytes, dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el transponder.

El lector RFID consiste en una antena, un transceptor y un decodificador; éste envía señales periódicas para averiguar información de cualquier tarjeta/etiqueta en la vecindad.

El subsistema de procesamiento de datos (sistema de cómputo) provee los medios para procesar y almacenar los datos.

El funcionamiento de los dispositivos de RFID se realiza entre los 50 KHz y 2.5 GHz. Las unidades que funcionan a bajas frecuencias (50 KHz-14 MHz) son de bajo coste, corto alcance, y resistentes al "ruido" entre otras características. No se requiere de licencia para operar en este rango de frecuencia. Las unidades que operan a frecuencias más altas (14 MHz-2.5 GHz), son sistemas de mayor coste y tecnología más compleja.

De manera formal, para caracterizar un sistema RFID sería necesario profundizar en los temas de codificación y modulación de datos, control de errores, y colisiones ocasionadas por varias etiquetas cercanas que son estimuladas a la vez por un mismo lector [6, 7, 8].

## II. ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS DE LA IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA

Dada la naturaleza de esta tecnología, la captura y recuperación confiable y eficaz de los datos presupone una mejor organización de procesos logísticos en almacenes y centros de distribución, aunado a las aplicaciones que conlleven a la identificación de códigos para validar alguna acción. En la actualidad, los sistemas de información implementados con tecnología RFID se utilizan ampliamente para catalogar y controlar recursos; por ejemplo, la clasificación de productos de un supermercado, la autenticación de documentos, la identificación de animales en granjas, acceso y control de vehículos, seguridad para medicamentos controlados y en el sector del consumo y del transporte, como sucede con las tarjetas recargables del Metro y del Metrobús de la Ciudad de México.

## III. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO PROPUESTO

Si consideramos que es posible implantar un sistema RFID para controlar el acceso a un recinto, se predispone el uso de una tarjeta que contenga el código correcto. Se parte de la idea de una empresa con  $n$  número de empleados, donde cada uno de estos tiene una tarjeta RFID con un código de identificación único. Solamente unos cuantos códigos autorizados tendrán acceso a cierta área restringida.

Para este ejercicio utilizamos un kit de desarrollo comercial que incluye un dispositivo lector RFID cuyo módulo principal es un circuito integrado (microcontrolador firmware), y unos cuantas etiquetas RFID en forma de tarjeta bancaria con códigos diferentes entre sí. El lector adquiere el código de la respectiva tarjeta y lo envía como un dato binario en forma serial.

En la particularidad del diseño presentado, para recibir y decodificar el dato que entrega el lector del kit de desarrollo, se utiliza un microcontrolador como subsistema de procesamiento de datos que recibe el dato serialmente y otorga validez al código, permitiendo el acceso al área restringida. La

interfaz para visualizar la operación es una pantalla de cristal líquido (LCD) que indica si es un acceso positivo o no, aunque el microcontrolador se programó con la posibilidad de poder enviar datos a cualquier sistema de cómputo fijo (PC, laptop) o móvil (PDA, SmartPhone), conectándose a través de un puerto serie estándar.

## IV. CARACTERÍSTICAS DEL KIT COMERCIAL

El sistema TIRIS *Micro-reader Module* (serie 2000) de Texas Instruments soporta datos de comunicación serial de la PC al micro lector [11]. Su interfaz de comunicación serial soporta comunicaciones TTL que permiten una comunicación estándar (RS232 y RS485). El módulo puede observarse en la Fig. 2.



Fig. 2. Módulo comercial TIRIS Micro-reader.

El micro lector puede trabajar remotamente enviando comandos a su interfaz de comunicación serial, que pueden ser manejados con o sin sincronización. La sincronización puede ser alambrada o inalámbrica, permitiendo una transferencia confiable en un ambiente que tenga uno o más dispositivos lectores. Dos salidas muestran el estado del micro lector e informan al usuario acerca del éxito del envío de los comandos. La antena del micro lector opera a 47  $\mu$ H con una Q (factor de calidad) de entre 10 y 20 que genera una frecuencia de excitación de 134.2 KHz.

## V. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Una vez que una tarjeta es leída por el módulo comercial, el dato se envía hacia un microcontrolador PIC16F628 (con prestaciones superiores a otros y disponible en el mercado nacional a un bajo costo), que evaluará dicha información para desplegar un mensaje en respuesta por medio de una pantalla de cristal líquido; otro pin del mismo microcontrolador envía una señal que activa la bobina de una cerradura en caso de ser válido.

Es importante mencionar que el Micro Reader tiene comunicación hacia la PC por medio de su interfaz serial con un conector DB9 estándar; sin embargo, en la particularidad de este trabajo se utilizó la comunicación con el microcontrolador PIC16F628.

El lector RFID envía una frecuencia de 134.2 KHz por medio de la antena portadora durante un lapso de 50 ms (induciendo el circuito integrado de la tarjeta RFID para que ésta comience el envío del dato), en este período de tiempo la tarjeta procesa la información que transmite hacia el lector.

El lector tiene una apertura de tiempo de 20 ms, para recibir los datos. La antena para el lector se fabricó de acuerdo a las especificaciones del fabricante del módulo. En la Fig. 3 se muestra la antena y las tarjetas RFID utilizadas.



Fig. 3. Antena del módulo lector y tarjetas RFID (transponder).

El módulo lector no puede recibir durante el tiempo de carga o inducción de la tarjeta; con una señal la tarjeta indica que ha finalizado la carga y comienza a enviar datos usando el cambio de frecuencia FSK (Frecuency Shift Keying) como lo infiere la Fig. 4.

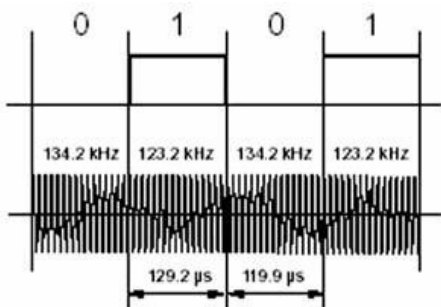


Fig. 4. Codificación FSK empleada.

La información que transmite cada tarjeta está modulada en frecuencia. Aunque la longitud de la trama es constante en bits, es variable en tiempo. La trama más larga durará unos 18ms.

Las secuencias de carga y lectura se controlan en los módulos de identificación mediante la señal de control TX (transmisión) clásica en la comunicación serial. La duración de la fase de carga dependerá del tipo de tarjeta RFID, la distancia de paso, forma y tamaño de la antena del lector.

Para la lectura se utiliza un formato definido por el fabricante de la siguiente manera:

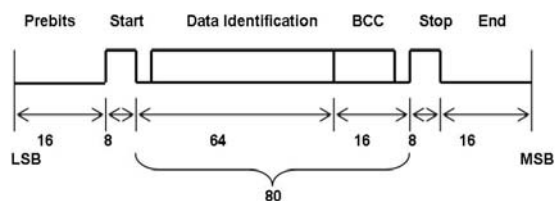


Fig. 5. Formato de lectura.

- *Prebits*, estos indican que es un RFID de sólo lectura (0000Hex).
- *Start byte* indica el comienzo del mensaje (SOS, start of header, 01 Hex).
- *Status byte* provee retroalimentación de la lectura precedente u operación de programa.
- *Length* Indica la longitud en bytes del siguiente campo de datos.
- *Data Identification* de acuerdo a ciertos bits relevantes este campo de datos se enviará al RFID o no, estos datos se programan de fábrica.
- *End Bits* son validados por el módulo de control RF.

El campo de datos está integrado por 80 bits que se encuentran entre el *Start* y el *Stop Byte*, que se programan de fábrica, es decir un código único de 64 bits, que excluyen los 16 bits del BCC (bits de protección de datos).

Después del *Stop Byte* se transmiten 16 bits; los primeros 15 bits, comenzando por el menos significativo, se chequean en el módulo de control. Durante el 16 bit el transponder termina el formato de datos.

## VI. INTEGRACIÓN DEL HARDWARE

En este apartado se muestra la integración de los elementos, el montaje del modulo Micro-reader TIRIS con el microcontrolador PIC16F628 y éste a su vez con la pantalla de cristal líquido (LCD). Se recomienda revisar la hoja de especificaciones del módulo TIRIS.

La programación del microcontrolador PIC16F628 se realizó con ayuda del lenguaje de alto nivel Pic Basic Pro, que facilita en gran medida el diseño, dado que se tienen instrucciones interconstruidas especiales para la comunicación serie.

A continuación se muestra un fragmento del código escrito en el lenguaje anteriormente referido para la programación del microcontrolador, que se encarga de hacer la lectura de los datos seriales enviados por el módulo lector Micro-reader, enviando resultados de la validación hacia una pantalla convencional de LCD de dos líneas con 16 caracteres en cada una de ellas.

```
TRISB = 2      'Pb.1, como entrada 'serial., Los
              demás como 'salida.
```

```
TRISA = 0     'PA.X como salidas LCD.
```

```
'Inicialización de LCD.
Pause 500     'Inicialización de LCD, '0.5
              segundos.
```

```
lcdout $fe, 1 ' Limpia pantalla LCD.
pause 250
```

```
'Inicio de programa principal
inicio:
lcdoutT $fe, 1 ' Limpia pantalla LCD.
pause 250
Lcdout " LECTOR RFID "
Lcdout $fe, $C0 'Salta a segunda 'línea
```

```

PAUSE 250
INI:
Lcdout $fe, $C0
Lcdout " NO HAY TARJETA"

```

```

Tipo:
Serin PORTB.1,T9600, EPC
IF EPC = $09 then GOTO V
goto Tipo

```

```

V:
Serin PORTB.1,T9600
If EPC = $AA then GOTO B
Lcdout $FE,1
Lcdout " NO AUTORIZADO"
pause 3000
goto inicio

```

```

B:
Lcdout $fe, 1
Lcdout " AUTORIZADO "
Lcdout $fe, $C0
For i=0 to 15
lookup i,["Bienvenido....."],aux
Lcdout aux
pause 200
next i
Lcdout $fe, $C0
portb.2 = 1
Lcdout " PUERTA ABIERTA "
Pause 3000
portb.2 = 0
goto inicio
end

```

Cuando el módulo Micro-reader detecta un código RFID (proveniente de una tarjeta) a través de su antena, lee el código y lo envía al microcontrolador PIC que continuamente está leyendo el pin de recepción de datos seriales (portb.1); lo que hace realmente éste último es evaluar los dos primeros datos (09hex) que luego por medio de una sentencia de decisión procede a evaluar los otros dos datos (AAhex) del código único del RFID, que de ser aceptado envía a la pantalla LCD

un mensaje de autorización y bienvenida. También por el portb.2 del PIC envía una señal que puede activa un cerrojo electrónico que concede el acceso.

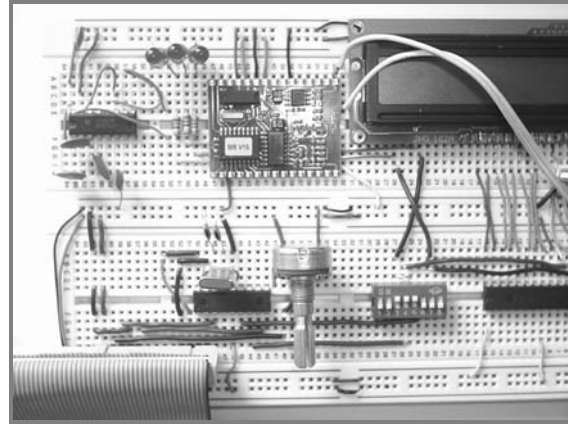


Fig. 6. Montaje completo de la aplicación.

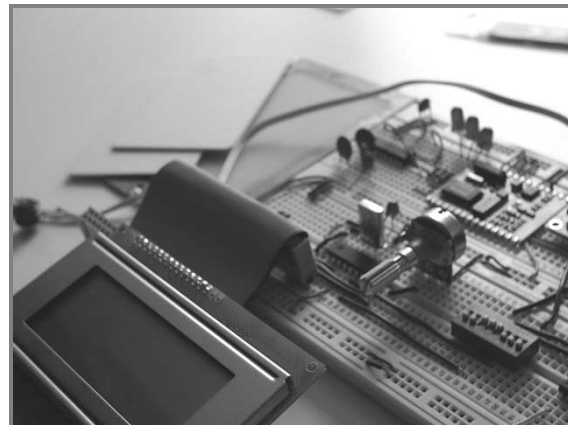


Fig. 7. El mismo montaje con una LCD más especializada.

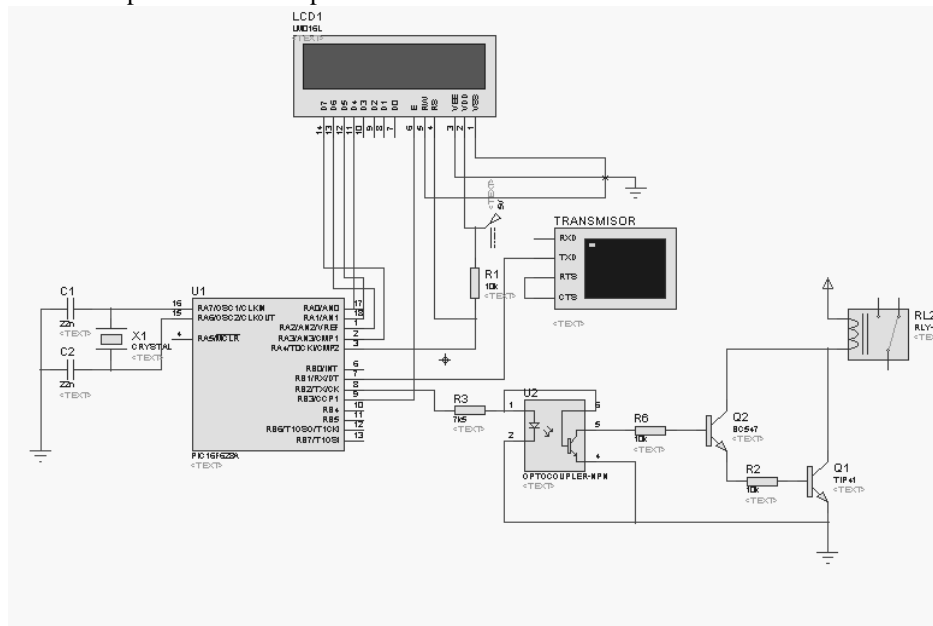


Fig. 8. Diagrama del control de acceso por RFID.

## VII. PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CÓMPUTO MÓVIL

Como se comentó con anterioridad, el microcontrolador se programó con la posibilidad de sustituir la pantalla de LCD por un dispositivo de cómputo fijo o móvil, a continuación se presenta una adecuación para monitorear los datos en la pantalla de un PDA, lo que infiere una mayor robustez en el prototipo. La idea general versa de tres partes: el kit de desarrollo RFID, el microcontrolador y el propio PDA. El esquema de conexiones se muestra en la Fig. 9.

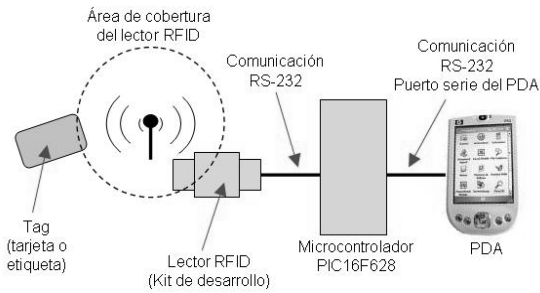


Fig. 9. Prototipo para monitorear datos en un PDA.

Se observa en la Fig. 8, que el microcontrolador sugerido se debe programar con una funcionalidad serial con el protocolo RS-232 alambrado, tanto para recibir los datos del kit lector RFID, como para enviar los resultados al PDA utilizando el puerto serie de éste último.

El PDA debe monitorear y supervisar la funcionalidad del microcontrolador a través de un programa residente. El microcontrolador se encarga de recibir secuencialmente el dato proveniente del PDA en formato estándar binario (también podría enviarse en formato ASCII) con una velocidad predeterminada de 9600 baudios, sin paridad y con un bit de paro.

A continuación se lista un fragmento del código que se programó en el PIC16F628 para establecer comunicación entre el PDA y el lector RFID del kit de desarrollo.

```
'Inicio de programa principal
inicio:
serout (establece comunicación con el PDA)
pause 250
serout " LECTOR RFID "--imprime el PDA

Tipo: lee dato del lector
Serin PORTB.1,T9600, EPC
IF EPC = $09 then GOTO V
goto Tipo

V:
Serin PORTB.1,T9600
IF EPC = $AA then GOTO B
Serout " NO AUTORIZADO" -imprime PDA
pause 3000
goto inicio

B:
Serout " AUTORIZADO " -imprime PDA
Pause 1000
Serout "Bienvenido" -imprime PDA
goto inicio
```

En los proyectos realizados en el CIDETEC se han utilizado frecuentemente PDAs de la familia iPAQ Pocket PC, fabricadas por HP, con sistema operativo Windows Mobile, por lo que el ambiente de desarrollo óptimo para programar estos dispositivos es Visual Studio. NET.

De manera alambrada, para un puerto serial de comunicación, Visual Basic contiene el control MS COMM con la opción a disparo, es decir, al depositar un byte en el buffer del puerto automáticamente se dispara el evento correspondiente. También es posible realizar un poleo al buffer del puerto, cada determinado tiempo, buscando el byte recibido. Este control incorpora todas las funciones para configurar el puerto, para mayor información referirse a [12]. En las Fig. 10 y 11, se aprecia la aplicación programada en el PDA.

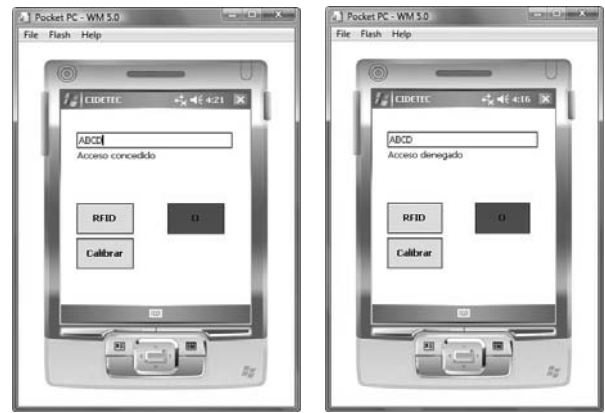


Fig. 10. Pantallas en tiempo de ejecución (simulación), para el acceso concedido y el acceso denegado, respectivamente.



Fig. 11. Aplicación ejecutándose en PDA.

## VIII. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se consideró de inicio el prototipo con la LCD, posteriormente se realizaron las mismas pruebas en el prototipo con el PDA; una vez realizada la integración y comprobando los datos de las tarjetas disponibles, el microcontrolador decide cuál de las tarjetas contiene la información correcta y establece comunicación con el despliegue respectivo (LCD o PDA).

La proximidad de la tarjeta hacia el módulo lector soportó distancias hasta de 6 centímetros. De acuerdo al fabricante, una antena bien construida podría permitir distancias de hasta 25 centímetros. Cabe mencionar que no se provocaron

colisiones acercando al lector dos tarjetas al mismo tiempo, lo anterior debido a que no está dentro de los alcances de esta propuesta darle tratamiento a este problema.

La bobina de la cerradura electrónica se activó de manera correcta sólo en el caso válido, por lo que el control de acceso funcionó correctamente.

## IX. CONCLUSIONES

Se presentó un panorama general de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID), el objetivo principal consistió en proponer el desarrollo de aplicaciones que utilicen la identificación de códigos y el procesamiento de datos bajo este esquema.

Este trabajo incluyó una aproximación real que puede hacerse extensiva a otras aplicaciones sin cambios drásticos. El kit de desarrollo utilizado puede ser sustituido por otro de características similares. En consecuencia al diseño mostrado, es posible resumir que el microcontrolador que recibe el dato serial proveniente del lector, es un *core* o núcleo reutilizable.

Si bien, el control de acceso diseñado no es un sistema completamente robusto, sirve para determinar claramente la intención de su aplicación.

El modo que se eligió para trabajar con el módulo lector Micro-reader TIRIS fue el de sólo lectura de tarjeta (*RO-read only*), pues cuenta con otros dos modos de operación: lectura-escritura (R/W) que no sólo lee la tarjeta RFID, si no que también puede modificar sus datos, y el modo multipágina (*MPT multi-page*) que tiene mucha más capacidad en cuanto a almacenamiento de datos. Estas características son las que permiten que un RFID sea un gran candidato para sustituir a los muy limitados códigos de barras.

## REFERENCIAS

- [1] B. Glover, "RFID Essentials Theory in Practice," O'Reilly press, 2005.
- [2] M. Bhuptani, "RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems," Prentice Hall, 2005.
- [3] S. Garfinkel, "RFID: Applications, Security, and Privacy", Addison-Wesley Professional, 2005.
- [4] H. Vogt, "Efficient object identification with passive RFID tags," in *Proc. of Int. Conf. on Pervasive Computing*, LNCS, Zurich, 2002, pp. 98–113.
- [5] V. Stanford, "Pervasive computing goes to the last hundred feet with RFID system," *IEEE Pervasive Computing*, 2 (2), 2003, 9–14.
- [6] P. Hernandez, J. D. Sandoval, F. Puente, and F. Perez, "Mathematical model for a multiread anticollision protocol," in *IEEE Pacific Rim Conf. on Communication, Computer and Signal Processing*, Vol. 2, Victoria, Canada, 2001, 26–28.
- [7] Li Lu, Jinsong Han, Lei Hu, Yunhao Liu, and Lionel M Ni, "Dynamic Key-Updating: Privacy-Preserving Authentication for RFID Systems," in *IEEE PerCom 2007*, White Plains, NY, USA, March 2007.
- [8] D. Engels and S. Sarma, "The reader collision problem," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 3, Hammamet, Tunis, 2002, 6 pp.
- [9] K. Finkensteller, "RFID handbook: Radio-frequency identification fundamentals and applications," 2nd ed. (New York: John Wiley & Sons, 2003).
- [10] S. E. Sarma, S. A. Weis, and D.W. Engels, "Low cost RFID and the electronic product code," in *Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems*, LNCS, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2002.
- [11] [www.ti.com/rfid/docs/manuals/refmanuals/micro\\_8.pdf](http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/refmanuals/micro_8.pdf).
- [12] J. C. Herrera, I. Rivera, M. Olgúin, "Computadoras de Bolsillo como una Alternativa al Control de Servomotores en Robótica," *Polibits*, 38, 2008, pp. 75-79.