

SISTEMA DE REGISTRO DE DATOS VÍA RFID Y CÓDIGO DE BARRAS

Miguel Magos Rivera

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco
mrm@correo.azc.uam.mx

Ricardo Godínez Bravo

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco
rgb@correo.azc.uam.mx

Ivonne Karina Rodríguez Islas

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco
vonne.1271@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se muestran las etapas de construcción, implementación y pruebas de un *Sistema de Registro de Datos Vía RFID y Código de Barras*. El dispositivo, basado en un microcontrolador, permite registrar y almacenar en tiempo real la información almacenada en una etiqueta de código de barras, así como en tarjetas con tecnología RFID. Datos como: hora y fecha de detección también pueden ser registrados. Como característica adicional, el sistema puede enviar en forma serial la información recabada a una aplicación desarrollada en Visual Basic la cual genera un registro de los datos en formato Microsoft Excel. El objetivo al elaborar el sistema, fue de adquirir experiencia y evaluar la posibilidad de emplear estos elementos en aplicaciones de automatización de procesos a nivel industrial. Los resultados obtenidos dejan ver que la tecnología RFID tiene la ventaja de poder detectar objetos aun sin estar dentro de un ángulo de visión, como es el caso del lector de código de barras. Sin embargo el alcance de detección del lector empleado es relativamente corto: 12 cm.

Palabra(s) Clave(s): Código de barras, identificación por radiofrecuencia, sistemas embebidos, Visual Basic.

1. Introducción

La identificación de productos y materiales a nivel industrial y comercial es una necesidad en constante crecimiento. Aprovechando propiedades de los materiales de elaboración o bien características físicas del objeto a identificar, se han empleado a lo largo de los años sensores inductivos, fotoeléctricos y capacitivos, por mencionar sólo algunos [1]. Más recientemente se ha empezado a generalizar el empleo de sistemas de reconocimiento visual para tareas de identificación y clasificación de objetos [2]. Dos de las tecnologías con mayor impacto tanto a nivel comercial como industrial son las basadas en Códigos de Barras y la Identificación por Radio Frecuencia (RFID por sus siglas en inglés). Estos métodos de identificación, además de su bajo costo, tienen la ventaja de no depender de materiales de fabricación ni de características físicas particulares de los objetos [3].

Los primeros sistemas de identificación basados en código de barras fueron empleados a nivel comercial en la década de los 70s del siglo pasado [4]. De forma similar a las líneas y puntos del código Morse, el de barras permite representar pequeñas cantidades de información por medio de un conjunto lineal de barras y espacios. Su codificación ha sido definida de forma estándar por la Organización de Estándares Internacionales [5]. En los últimos años se han desarrollado sistemas de identificación por códigos de barras de dos dimensiones en los cuales la cantidad de información que se puede manejar es considerablemente mayor que con su equivalente de una dimensión. Mientras que un código de barras comercial de una dimensión puede estar formado por poco más de 10 caracteres, en uno de dos dimensiones se pueden introducir cadenas de información de hasta 2000 [6]. La figura 1 muestra ejemplos de códigos de barras de una y dos dimensiones.



Figura 1 Ejemplos de códigos de barras de una y dos dimensiones.

El uso generalizado de los sistemas de identificación basados en códigos de barras se debe, principalmente, a su bajo costo. El estampado de un código de barras requiere de una impresora de etiquetas la cual se debe adherir al objeto o bien de un equipo de impresión en línea. También es común la impresión del código directamente en el empaque del producto. Los lectores tienen un costo muy bajo, unos cuantos dólares, y pueden ser conectados directamente a computadoras, máquinas registradoras y diversos sistemas de control. La principal desventaja de esta tecnología es que requiere una línea de vista entre el código impreso y el lector. Lo anterior dificulta su empleo en sistemas en los cuales no se puede garantizar la posición del objeto a identificar respecto del lector, o bien, en situaciones donde existen obstáculos entre ambos [7].

Las primeras aplicaciones de los sistemas de identificación basados en radio frecuencia datan de la segunda guerra mundial [8]. Un sistema de identificación por radiofrecuencia reconoce objetos mediante la transmisión de señales de radio hacia un equipo lector, desde un conjunto antena-microchip (tag) colocado sobre el elemento a distinguir. El tag tiene grabado un código de identificación único que es enviado al lector, el cual, a partir de una consulta en una base de datos, se encarga de reconocer el objeto [9, 10]. La capacidad de almacenamiento de información de estos dispositivos es considerable, en su formato más simple se pueden programar hasta 8×10^{28} códigos distintos.

El código de identificación contenido en los tags más comunes empleados en la actualidad, es grabado por el fabricante del mismo y no puede ser modificado por el usuario. Estos dispositivos no cuentan con fuente de energía, la alimentación necesaria para su operación es producida a partir de un campo electromagnético generado desde el equipo lector, figura 2. A estos elementos se les conoce como: tags pasivos de sólo lectura. Existen en el mercado tags que tienen integrada una fuente de energía además de tener la posibilidad de modificar el identificador grabado en su memoria. A estos se les denomina tags activos y presentan como característica principal el tener un mayor alcance que el que se maneja en uno pasivo, sin embargo tanto su tamaño como su costo es considerablemente superior [9, 10].

Debido a la miniaturización y a la reducción de los costos de fabricación de los elementos que lo conforman, entre otros factores, en las últimas dos décadas el empleo de los sistemas RFID ha presentado un desarrollo importante [11, 12].

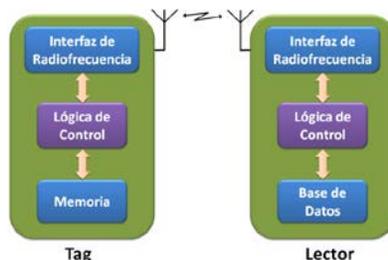


Figura 2 Principio de operación de un tag pasivo.

Al igual que los lectores de códigos de barras, los sistemas RFID permiten la identificación de objetos a distancia y sin contacto. Sin embargo, al emplear señales de radio para la transmisión de la información, estos últimos no requieren de una línea de vista como es el caso entre el lector y la etiqueta impresa con un código de barras. La tecnología de código de barras, debido al bajo número de caracteres que puede manejar, sólo permite la identificación de grupos de productos, por ejemplo, cajas de cereales de un peso y marca específicos, pero sin poder diferenciar entre elementos del mismo grupo. Por su lado, los sistemas de RFID con su elevada capacidad de almacenamiento, abren la posibilidad de diferenciar un elemento de otro dentro de un mismo grupo, lo cual le da un enorme valor agregado a esta tecnología. No obstante que los sistemas basados en radiofrecuencia han presentado una reducción considerable en su costo, la técnica de identificación mediante códigos de barras sigue siendo la mejor opción en un gran número de aplicaciones dado su costo prácticamente nulo.

La aplicación de la identificación de objetos en tareas de automatización de procesos industriales ha crecido en los últimos años gracias a que cada vez son más los fabricantes de equipos de control que ofrecen productos basados en RFID y/o códigos de barras con características apropiadas a esta área [13, 14].

La interconexión de dos de los sistemas más empleados para la identificación de objetos, con equipos de control y monitoreo de procesos, tales como: Controladores Lógicos Programables, Controles de Propósito Específico,

Interfaces Hombre-Máquina y Control por Computadora, abre la posibilidad de llevar la automatización de procesos industriales a niveles de versatilidad que anteriormente no podían ser considerados.

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un sistema que permite la lectura de la información contenida en una etiqueta impresa con un código de barras, así como la que se encuentra almacenada en un Tag para RFID. El equipo, cuya construcción se basó en un microcontrolador, cuenta con una interface constituida por una pantalla LCD de 2 renglones con 16 caracteres cada uno y de un teclado de 16 botones. Con estos elementos el usuario puede seleccionar la tecnología a utilizar, así como observar la información contenida en el dispositivo correspondiente, junto con la hora y fecha de la lectura. El código extraído de cada elemento, se almacena en la memoria del sistema para ser posteriormente transmitido vía USB a una computadora en donde se registrará en un archivo de Excel. Se elaboró una aplicación en Visual Basic que se encarga, tanto de establecer la comunicación con el microcontrolador para la descarga de la información, como la escritura de la misma en la hoja de datos.

El objetivo principal al desarrollar este prototipo, es el de conocer los protocolos y métodos disponibles para la lectura de la información contenida en estos dos medios de identificación, con el fin posterior de diseñar sistemas que permitan la transferencia de los datos a equipos comerciales empleados en el monitoreo y control de procesos industriales.

2. Desarrollo

En la figura 3 se muestra el diagrama a bloques del *Sistema de Registro de Datos Vía RFID y Código de Barras*, en él se muestran los principales módulos del sistema, mismos que se explican en las siguientes secciones de este documento.

Lectores de identificadores

Lector de Códigos de Barras

El lector de códigos de barras empleado en esta aplicación es un dispositivo tipo pistola marca UNITECH. El protocolo de intercambio de información de un

lector de código de barras es similar al de un teclado de computadora tradicional. Este consiste en una señal de reloj para sincronizar la transmisión de la información, una serie de datos que contiene los códigos asociados para cada caracter del código de barras o tecla del teclado, un bit de inicio, otro de fin y uno más señalado la paridad de la cadena transmitida, figura 4.



Figura 3 Diagrama a bloques del sistema.

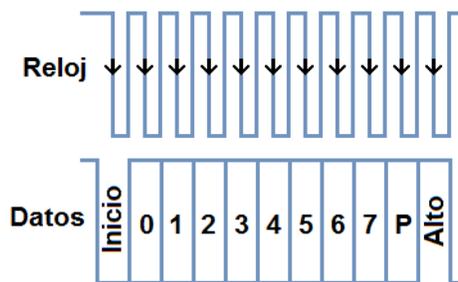


Figura 4 Protocolo enviado por un teclado para PC.

En la figura 5, se muestran las señales correspondientes a la transmisión del caracter alfanumérico “T” cuyo código es: “2C” (0010 1100). Se observa la señal de reloj, la cual contiene los 11 pulsos necesarios para transmitir el código hexadecimal de 8 bits, más tres de control.

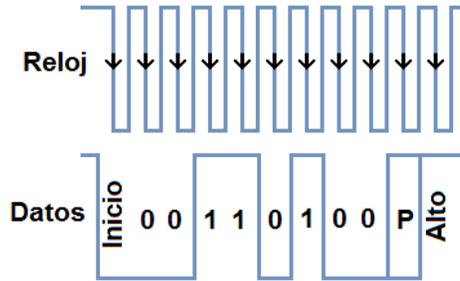


Figura 5 Señales enviadas por un teclado para PC correspondientes a la tecla “T”.

Los códigos transmitidos no corresponden a los valores ASCII de los caracteres, sino a números hexadecimales específicos, los cuales se muestran en la figura 6.

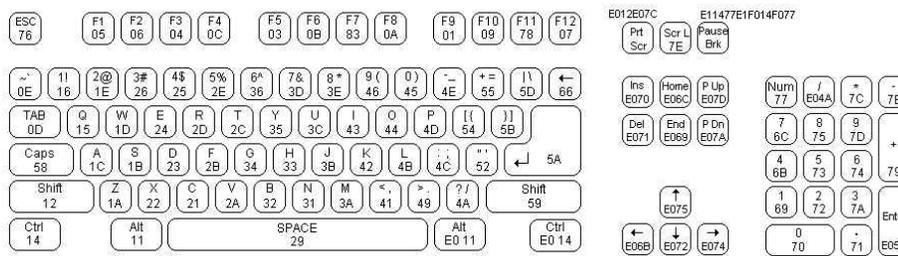


Figura 6 Códigos asociados a las teclas de un teclado para PC.

Un lector de código de barras realiza el proceso anterior para n caracteres, posteriormente es insertado automáticamente el carácter no imprimible “ENTER” (5AH) siendo este el momento en el cual se despliega la palabra total equivalente al código de barras. Esto último marca la diferencia entre un teclado y un lector de código de barras.

En el caso del código 00H3FA00, figura 7, la trama de datos enviados por el lector se muestra en la figura 8, los datos son los siguientes: 45, 45, 12, 33, 26, 12, 2B, 12, 1C, 45, 45, 5A, todos en formato hexadecimal.

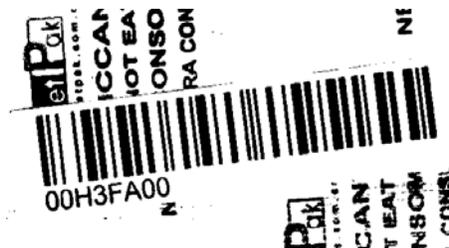


Figura 7 Ejemplo de un código de barras.

la cadena (checksum), es transmitido como dos caracteres también en formato ASCII. Posteriormente se transmiten los códigos de retorno de carro (CR) y salto de línea (LF). La transmisión finaliza con el envío de un byte conteniendo el número 03 en formato hexadecimal. De esta forma se tiene que la longitud total de la cadena transmitida es de 16 bytes, de estos sólo los datos de la tarjeta y el valor de verificación de la cadena se envían en formato ASCII (hexadecimal). En la figura 9 se observa la trama que el lector envía al detectar un tag con código de identificación: A09071403637.

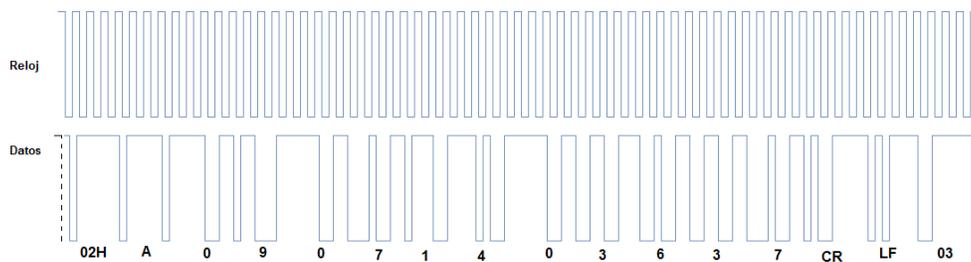


Figura 9 Trama enviada correspondiente a un Tag RFID con código: A09071403637.

La figura 10 muestra los caracteres recibidos en la computadora mediante la aplicación “HyperTerminal” de Windows para la tarjeta del ejemplo anterior. Se observan los caracteres ASCII de los códigos del tag, además de los símbolos asociados a los datos 02H, CR y LF. Los símbolos: ☺ y ♥ corresponden a: 02H y 03H respectivamente.

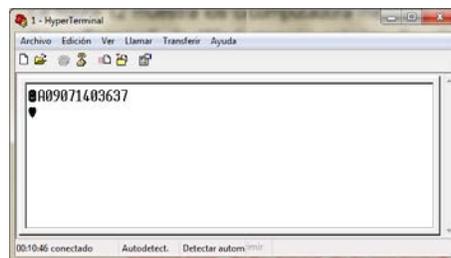


Figura 10 HyperTerminal del contenido de un Tag RFID con código: A09071403637.

Interfaz local

El Sistema de Registro de Datos Vía RFID y Código de Barras cuenta con una interfaz la cual está conformada por un teclado matricial y un display de cristal

líquido (LCD), por medio de este, y de una serie de menús, el usuario configura la operación del sistema.

Teclado Matricial

El teclado matricial fue implementado con 16 teclas tipo interruptor modelo MICROSWITCH PUSH MINI 4 PINES, en un arreglo de 4 renglones y 4 columnas. Este bloque se encuentra conectado al puerto 2 del microcontrolador del Sistema Digital (Puerto 2) en el cual se programaron rutinas de detección de teclas mediante el envío de una señal de prueba a través de las columnas y detectar esta en los renglones.

Pantalla LCD

La pantalla tipo LCD modelo JHD-162ASTNLED, permite visualizar información del sistema. Este elemento se encuentra conectado al microcontrolador a través del puerto 0. De igual manera que para el teclado, se desarrollaron rutinas en el Sistema Digital que se encargan de enviar la información adecuada al display dependiendo de las opciones seleccionadas. Algunos de los parámetros que se pueden configurar con la interfaz son: tipo de dispositivo a usar (Lector de CB o de RFID), hora y fecha de inicio de registro de los códigos, iniciar el almacenamiento de registros y descargar datos a la computadora, entre otros. La figura 11 muestra el flujo de las pantallas en la interfaz local.

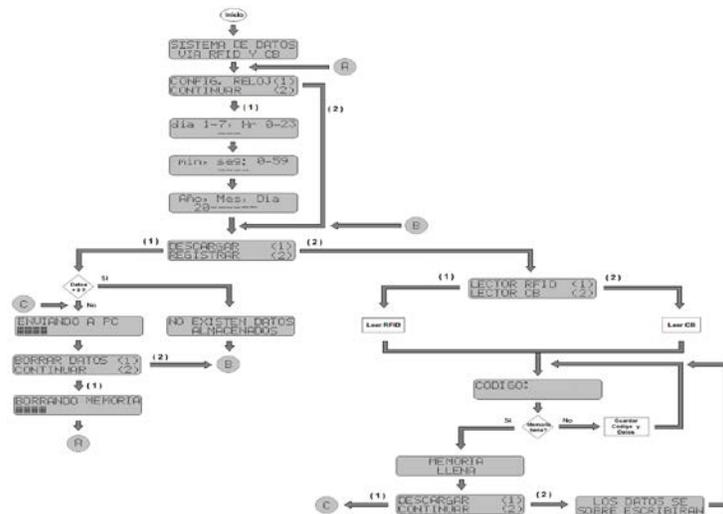


Figura 11 Diagrama de flujo de las pantallas mostradas en la interfaz local.

Interfaz de registro de datos

La interfaz para la computadora que permite al usuario cargar los datos almacenados en el equipo, fue desarrollada en Visual Basic. Consiste de una pantalla principal con un botón para iniciar la transferencia de los datos, un indicador que muestra el número de datos recibidos y una barra de progreso que indica el avance de la transferencia. Los datos que son leídos por el programa de cómputo son: los códigos RFID o CB detectados, la hora y la fecha de registro.

La figura 12 muestra algunas de las ventanas que conforman la interfaz de registro de datos desarrollada. Por su parte, en la figura 13 se muestra el diagrama de flujo del programa desarrollado en Visual Basic correspondiente a la interfaz. Por último, en la figura 14, se muestra un ejemplo del tipo de hoja de datos de Microsoft Excel que se genera con la aplicación.



Figura 12 Vista de algunas pantallas de la interfaz de registro de datos.

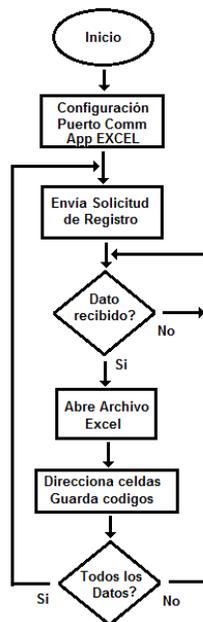


Figura 13 Diagrama de flujo programa correspondiente a la Interfaz de Registro de Datos.

Registro de Datos Vía RFID - CB								
CÓDIGO	Tiempo			Fecha				
RFID - CB	Hora	Minutos	Segundos	Día Semana	Día	Mes	Año	
A09071401D1C	15	46	32	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403637	15	46	35	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403130	15	46	38	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403130	15	46	42	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403637	15	46	45	Martes	12	Agosto	2014	
A09071401D1C	15	46	48	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403130	15	46	50	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403637	15	46	53	Martes	12	Agosto	2014	
A09071401D1C	15	46	56	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403637	15	47	0	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403130	15	47	2	Martes	12	Agosto	2014	
A09071403637	15	47	5	Martes	12	Agosto	2014	
A09071401D1C	15	47	7	Martes	12	Agosto	2014	
A09071401D1C	15	47	10	Martes	12	Agosto	2014	
A09071401D1C	15	47	13	Martes	12	Agosto	2014	

Figura 14 Hoja de datos en Microsoft Excel generada.

Sistema digital

Este bloque es el corazón del sistema, basado en un microcontrolador registra en memoria el código del tag o CB detectado, así como la hora y la fecha del evento. La figura 15 muestra el diagrama a bloques del circuito electrónico diseñado.

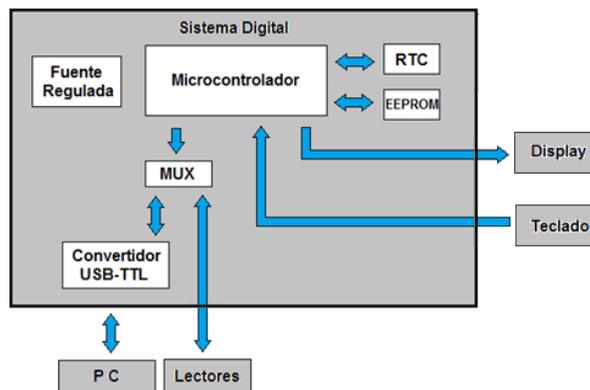


Figura 15 Diagrama de bloques del sistema digital.

Reloj de tiempo real

Con el fin de contar en todo momento con datos de la hora y fecha, se incluyó en el diseño un reloj de tiempo real. Se trata del circuito integrado DS1307, el cual es un dispositivo reloj/calendario que proporciona segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año.

Memoria EEPROM

Para el almacenamiento local de la información, se empleó una memoria EEPROM 24C128. En esta se resguardan los códigos, así como la hora y fecha del momento en que es detectado un tag o CB por el sistema digital. La transferencia de información hacia o desde la memoria EEPROM se realiza mediante el protocolo de comunicación serial I2C.

Convertidor USB-TTL

También se incluyó el circuito FT232RL, se trata de un convertidor USB-TTL diseñado para permitir de forma rápida y sencilla la conexión entre dispositivos con una interfaz serial.

MUX

Para poder direccionar el puerto de comunicación entre la PC y los lectores se utilizó un multiplexor HCF4052. Las terminales de salida del circuito son conectadas directamente al microcontrolador en los pines correspondientes al puerto serial (TxD y RxD). La terminal P1.7 del microcontrolador es usada como señal de selección entre la PC y los lectores y así tener canales independientes de comunicación serial. De esta forma a través de las terminales del multiplexor, se puede comunicar al microcontrolador con los lectores y con la interfaz de registro de datos en la PC, vía USB, lo anterior seleccionando el canal mediante las señales de control del microcontrolador.

Microcontrolador AT89S52

La base del sistema digital es el microcontrolador AT89S52 de ATMEL con Tecnología INTEL. Este dispositivo está basado en los microprocesadores de 8 bits, contiene internamente una CPU de 8 bits, 4 puertos de entrada y salida paralelo los cuales pueden ser direccionados por bit; posee señales de control para comunicación serial (UART), 3 entradas para Timer/Contador de 16 bits, terminales para detectar interrupciones externas y puede trabajar como

procesador con una capacidad de direccionamiento de hasta 64K de memoria externa tanto de datos como de programa.

Este microcontrolador puede generar la frecuencia de transmisión/recepción de datos por el puerto serie de manera automática, partiendo de la frecuencia de oscilación general del sistema. La frecuencia de transmisión puede ser modificada en cualquier momento con sólo cambiar el valor almacenado en el registro de control de la UART, o también se puede duplicar o dividir la frecuencia escribiendo directamente sobre el bit 7 (SMOD) del registro de control PCON.

El puerto serie del microcontrolador es un puerto tipo: *Full Duplex*, lo cual significa que puede transmitir y recibir datos simultáneamente. Es mediante este puerto que el Sistema Digital se comunica con los lectores y con la Interfaz de Registro de Datos en la PC. Lo anterior, como ya se mencionó, multiplexando las líneas de comunicación de la UART.

El programa desarrollado para el microcontrolador permite que se realicen las acciones necesarias para la lectura y almacenamiento local de los códigos junto con la hora y fecha, manejo del display y teclado de la interfaz local e intercambio de información con la computadora. El diagrama de flujo correspondiente que se muestra en la figura 16.

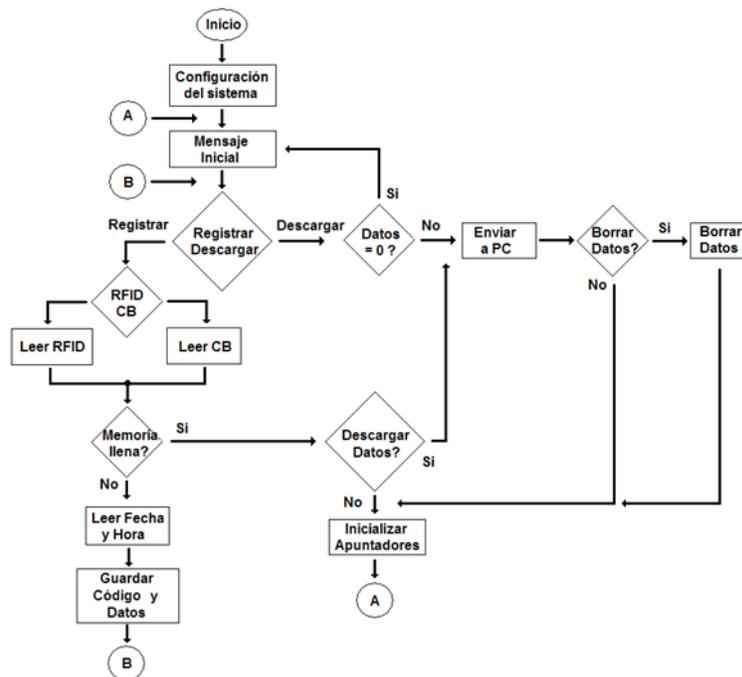


Figura 16 Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.

3. Resultados

Para ambos lectores se observó que los códigos de identificación eran relativamente fácil de detectar. Al ser transmitidos bajo un protocolo de comunicación serial, la recepción y procesamiento de la información con un microcontrolador es factible. En el caso del lector de códigos por RFID, se confirmó el alcance de 12 cm, además de la inmunidad de la señal ante algunos obstáculos como son: papel, madera, plástico, polvo, etc. Pero también se observó la imposibilidad de las señales para traspasar barreras metálicas, aun siendo muy delgadas.

Las imágenes que se presentan en las figuras 17 y 18, muestran algunas vistas del sistema construido. En la primera imagen se observan los conectores para la comunicación USB con la PC en un extremo del gabinete, mientras que en el extremo opuesto está la conexión del *Sistema Registro de Datos Vía RFID y Código de Barras* con los lectores.

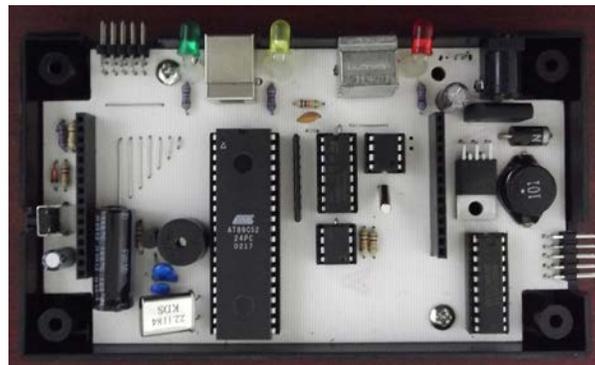


Figura 18 Distribución de componentes en el prototipo.



Figura 19 Sistema de Adquisición y Registro de Datos Vía RFID y Código de Barras.

En la figura 20, se muestran dos de los mensajes que se despliegan en el display de la interfaz local. Se trata de los menús para seleccionar la acción a realizar y el tipo de detector a emplear.

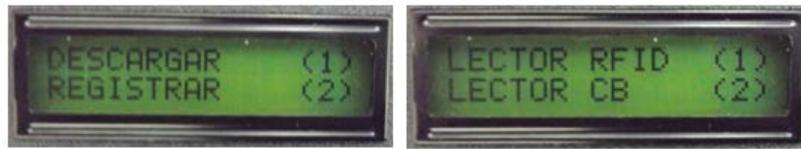


Figura 20 Pantallas del menú de configuración en la interfaz local.

4. Conclusiones

El objetivo principal en el desarrollo del proyecto que se presentó en este artículo fue el conocer y evaluar los protocolos de las dos principales tecnologías empleadas para la identificación de productos y materiales a nivel comercial. Lo anterior con la idea de emplearlos en aplicaciones de control e instrumentación industrial. Se observó que la comunicación con estos dispositivos hace factible su uso en aplicaciones de automatización de procesos industriales. Se comprobó también que, empleando sistemas basados en microcontroladores como interfaces, la información de estos lectores puede ser enviada a aplicaciones desarrolladas en Visual Basic. Esto abre la posibilidad de utilizarlos en sistemas de Control por Computadora, así como en Interfaces-Hombre-Máquina (HMI). Al momento de redactar este artículo, se trabaja en el diseño de un sistema de identificación de sacos de granos en una empresa procesadora de alimentos. Así mismo, se tienen un excelente avance en la implementación de este tipo de lectores en sistemas didácticos basados en bandas transportadoras para la clasificación de objetos.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Fundamentos del sensado o detección de presencia. Manual de Capacitación. Rockwell Automation. USA. Enero 2000.
- [2] H. Golnabi, A. Asadpour, "Design and application of industrial machine vision systems". Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Vol. 26. No. 6. December 2007. Pp. 630-637.

- [3] Auto ID in the material handling industry. Accu-Sort Systems. USA. January 2007.
- [4] All about 2D Bar Codes. Socket Communications Inc. USA 2007.
- [5] International Organization for Standardization. <http://www.iso.org/iso/home.html>. Agosto de 2014.
- [6] Bar coding 101. What you need to know. Application White Paper. ZIH Corporation. USA. 2005.
- [7] Bar Code Basics. Technology White Paper. Microscan Systems Inc. USA. 2011.
- [8] W. Buesser, V. Fuentes, P. Goguillot, N. Nandra, T. Roz, J. Rudin, "A contact less read write transponder using low power EEPROM techniques".
- [9] Proceedings of the 22nd European Solid-State Circuits Conference. Neuchâtel, Switzerland. September 1996.
- [10] D. Kou, K. Zhao, Y. Tao y W. Kou, "RFID Technology and applications". Enabling Technologies for Wireless E-Business. Pp. 486-489. 2006.
- [11] R. Want, "An introduction to RFID technology". Pervasive computing. Vol.5. No. 1. Jan-March 2006. Pp. 25-33.
- [12] D. Wang, "Review on modeling and optimization problems about RFID technology and applications". Control and Decision Conference. Guiyang, China. May 2013. Pp. 1258-1263.
- [13] X. Zhu, S. K. Mukhopadhyay, H. Kurata, "A review of RFID technology and its managerial applications in different industries". Journal of Engineering and Technology Management. Vol. 29. No. 1. January-March 2012. Pp. 152-167.
- [14] Modular RFID System. Turck Inc. USA 2007.
- [15] RFID Systems. Simatic RF. Siemens AG. USA. September 2009.
- [16] M. Magos, R. Godínez, A. Carmona, A. Hernández, "Construcción de un Sistema RFID para Aplicaciones en Control de Procesos". Memorias VII Semana Nacional de Ingeniería Electrónica. Tapachula, México. 2011. Pp. 327-335.

- [17] M. Magos, R. Godínez, A. Carmona, A. Hernández, "Evaluación de un Sistema de Identificación RFID para Aplicaciones en Automatización". Memorias Reunión de Otoño IEEE ROC&C Acapulco, México. 2011.

6. Autores

Dr. Miguel Magos Rivera es Ingeniero en Electrónica por la Universidad Autónoma Metropolitana, Maestro y Doctor en Control Automático por la Universidad Claude Bernard de Lyon (Francia). Actualmente es profesor-investigador en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.

Ing. Ricardo Godínez Bravo es Ingeniero en Electrónica por la Universidad Autónoma Metropolitana. Actualmente cuenta con el 100% de créditos de la Maestría en Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Ecatepec además de ser profesor-investigador en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.

Ivonne Karina Rodríguez Islas es estudiante de 11^o trimestre de la Licenciatura en Ingeniería Electrónica en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.