

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Campus Inteligente: Prototipo para Sistema RFID de Control de Acceso

Esteban Acosta

Diego Vela

Diego Benítez, Ph.D., Director de Tesis

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Electrónico

Quito, Julio del 2015

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Campus Inteligente: Prototipo para Sistema RFID de Control de Acceso

Esteban Acosta

Diego Vela

Calificación:

René Játiva, DEA.

Firma del profesor

Quito, 22 de Julio del 2015

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Esteban Fabricio Acosta Espinel

Código:

103817

Cédula de Identidad:

1714452313

Lugar y fecha:

Quito, Julio del 2015

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Diego Andrés Vela Chauvín

Código:

103499

Cédula de Identidad:

1716073539

Lugar y fecha:

Quito, Julio del 2015

RESUMEN

El siguiente trabajo escrito reporta el diseño y construcción de un prototipo para Sistema RFID de control de acceso. Este prototipo se ajusta a las necesidades de lugares que requieren un control de acceso. El escrito detalla las diferentes etapas llevadas en el diseño y construcción del sistema, así como los conceptos teóricos para poder comprender el trabajo. Se trabaja conceptos como Radio Frecuencia, control de acceso, WI-FI, y control de Base de Datos. Todo esto integrado en un sistema de control de acceso por etiquetas de radio frecuencia. El presente trabajo es un proyecto práctico para comprender y diseñar el sistema descrito anteriormente, explicando la teoría atrás del diseño del mismo.

Palabras clave: RFID, Control de Acceso, PHP, MySQL, Radio Frecuencia, Control de Base de Datos

ABSTRACT

This paper reports the design and construction of an RFID Access Control Prototype. The system meets the needs for places that require an effective control of people allowed to enter the premises. The paper includes a description of the different stages taken place in the design and construction of the prototype, as well as the theoretical background to understand the operation of the system. Concepts such as Radio Frequency, Access Control, Wi-Fi, and database control are included, all of this integrated in an RFID tag access control system. This work is a practical project to understand and apply the concepts to design and implement the system previously described.

Key words: RFID, Access Control, PHP, MySQL, Radio Frequency, Database Management

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	10
Desarrollo del Tema.....	12
Conclusiones	24
Referencias bibliográficas	25
Anexo A: Sistema Completo	28
Anexo B: Vista Superior.....	29
Anexo C: Vista Superior Circuito Reader.....	30
Anexo D: Vista Superior Circuito Relé.....	31
Anexo E: Vista Superior Wi-Fi Shield.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1. Frecuencias de Operación	9
--	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura #1. Arduino.....	13
Figura #2. ID-20LA.....	13
Figura #3. Esquemático conexión Arduino con el circuito y el ID-20LA.....	14
Figura #4. Wi-Fi Shield para Arduino.....	15
Figura #5. Arduino acoplado con el shield de Wi-Fi	16
Figura #6. Estructura de la tabla de usuarios	17
Figura #7. Base de Datos.....	17
Figura #8. Esquemático circuito de control de la cerradura magnética por relé.	19
Figura #9. Funcionamiento General del Sistema.....	19
Figura #10. Diagrama de Bloques del Sistema.....	21
Figura #11. Sistema Completo Control de Acceso.....	26
Figura #12. Vista Superior Circuito.....	27
Figura #13. Vista Superior Circuito Reader.....	28
Figura #14. Vista Superior Circuito Relé.....	29
Figura #15. Vista Superior del Wi-Fi shield	30

INTRODUCCIÓN

Muchos estudiantes de la Universidad San Francisco de Quito, especialmente los cuales cursan la carrera de Ingeniería Electrónica, ingresan al laboratorio M217 y utilizan los equipos que se encuentran en el mismo; ya sean multímetros, osciloscopios, protoboards, generadores de señales, fuentes de energía y componentes electrónicos en general. Para lugares como estos es muy importante tener un registro de estos ingresos que sea muy organizado y sobre todo eficiente. Para solucionar este problema, se decidió diseñar un prototipo para un sistema basado en etiquetas RFID para control de acceso el cual puede ser implementado para los casos previamente mencionados. Con esto se pretende proveer al encargado del cuidado de estos laboratorios u oficinas de una herramienta de control de acceso para que pueda llevar un registro eficiente de las personas que ingresan al lugar en cuestión. Es muy importante llevar una bitácora acerca de todos los ingresos en un laboratorio, debido a los equipos costosos que hay en el mismo.

El proyecto consiste en la implementación de un prototipo de sistema de control de acceso efectivo en la Universidad San Francisco de Quito utilizando la tecnología RFID. El sistema consiste de un lector de etiquetas RFID construido utilizando la plataforma de Arduino. Este lector será posicionado en la entrada del lugar en cuestión con el fin de que identifique que personas ingresan al mismo. Cada persona autorizada para entrar al laboratorio contará con una etiqueta RFID pasiva para su identificación. El lector se comunicará vía Wi-Fi con una base de datos, basándose en la plataforma de MySQL, la cual se encuentra en un servidor controlado por la persona a cargo del laboratorio quien tiene el control de ingresar o remover usuarios autorizados. En el caso de que una persona no esté autorizada para entrar al laboratorio en cuestión, así tenga una tarjeta de ingreso, no podrá hacerlo.

La radio frecuencia (RF) es una tasa de oscilación entre 3KHz y 300GHz. Esto corresponde al espectro menos energético del espectro electromagnético. Este rango es recomendado por la IEEE para una práctica segura. (2006). Radio Frequency Identification (RFID) es una tecnología que fue creada con la promesa de etiquetar al mundo electrónicamente. Fue desarrollada en los años 1960's y 1970's, y usan el concepto de la adquisición automática de datos basados en la radio frecuencia para identificar objetos varios. Un sistema RFID consiste de dos elementos principales, la etiqueta o tag y el lector o reader (Edwards, 2014).

Un sistema RFID puede ser clasificado de acuerdo a la radio frecuencia utilizada, de acuerdo a la modulación de radio frecuencia utilizada, y el tipo de transpondedor utilizado en el sistema RFID.

Frecuencias de Operación:

Nombre	Frecuencia
Baja Frecuencia	Menor a 500 KHz
Media Frecuencia	Entre 500 KHz y 10 MHz
Alta Frecuencia	Mayor a 10 MHz

Tabla 1: Frecuencias de Operación sistemas RFID

El elemento básico del presente proyecto es el lector de RFID, conocido como RFID reader. El lector de RFID normalmente contiene un módulo de radio frecuencia, que consiste de un transmisor y un receptor, y un módulo de control. En ciertos casos algunos readers son equipados con una interfaz de comunicación para permitirle reenviar la información recibida a otro sistema como una PC o un dispositivo móvil (Finkenzeller, 2010). El funcionamiento

consiste en que el transmisor del reader emite constantemente señales de radio frecuencia, al momento que el tag está dentro del rango del reader, este utiliza la energía producida por la radio frecuencia para encenderse y enviar la información requerida al receptor del reader. El tag o etiqueta consiste de un microchip electrónico acoplado a una antena, y no posee ninguna fuente de voltaje propia lo que lo convierte en un elemento pasivo (Edwards, 2014).

A diferencia de los sistemas de difusión de radio frecuencia normales, como sería FM, con RFID, las señales de radio se intercambian entre dos objetos, un módulo lector y una etiqueta. Es una comunicación bidireccional, y por lo general dentro de un rango relativamente corto en comparación con los sistemas de difusión.

El rango de un sistema RFID depende del patrón de frecuencia RFID particular que se utiliza. La distancia desde la que una etiqueta se puede leer se llama su rango de lectura. El rango de lectura depende de un número de factores diversos, incluyendo la frecuencia de las ondas de radio utilizada para la comunicación, entre menor frecuencia es menor el rango de lectura; el tamaño de la antena de la etiqueta, y la potencia de salida del lector. Etiquetas que funcionan con baterías propias, llamadas etiquetas activas, suelen tener un rango de lectura desde los 3 metros hasta unos 100 metros. Las etiquetas que funcionan sin fuentes de energía, las cuales se energizan cuando pasan cerca del lector, se llaman etiquetas pasivas, y tienen normalmente un rango de operación de hasta unos 3 metros (RFID Journal, 2015).

En el presente trabajo se trabajan con etiquetas de radio frecuencia pasiva, las cuales son utilizadas normalmente para sistemas de control de acceso. Las etiquetas RFID pasivas no tienen transceptor incorporado ni fuente de energía. Ellos trabajan sólo cuando la energía del campo electromagnético generado por un lector es suficiente para ponerlos a funcionar. Cuando se activa, las etiquetas RFID pasivas generan la señal y reflejan esta señal modulada al lector, a través de una técnica conocida como " backscatter " (Griffin, 2009). Cada etiqueta RFID contiene un código identificador único, así como otros tipos de información pueden

también almacenarse en las etiquetas RFID, como información específica del individuo u objeto al que esté asociado la Etiqueta RFID.

La lectura de la etiqueta RFID es realizada por el reader, el cual está basado en una plataforma de Arduino. Arduino es una herramienta para hacer computadoras que pueden controlar más del mundo físico que una computadora común de escritorio. El lenguaje de programación de Arduino es una implementación de Wiring, la cual está basada en el ambiente de programación de procesamiento multimedia (Arduino, 2013).

La base de datos que tiene la información acerca de los usuarios que van a utilizar el servicio de acceso al laboratorio se la realizó a través del sistema de gestión de base de datos, MySQL. MySQL es un sistema de gestión de base de datos de código abierto. Es una opción popular de base de datos para su uso en aplicaciones web, muy importante para el presente trabajo, compatible con muchos otros lenguajes de programación, entre ellos PHP. MySQL es muy utilizado en aplicaciones web, y está fuertemente ligado a PHP como lenguaje de programación de aplicación (Cobo, 2005).

PHP es un lenguaje de programación dinámico de propósito general que es especialmente adecuado para el desarrollo web y de base de datos (Cobo, 2005). En el presente trabajo, la base de datos en línea controlada por el encargado del laboratorio, está basada en un sistema de gestión MySQL, programada en lenguaje PHP. Esta base de datos se encontrará en el servidor principal del laboratorio y se comunicará con el dispositivo de control de acceso, el reader, vía Wi-Fi. Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Es un standard relacionado a redes inalámbricas de área local (IEEE).

DESARROLLO

Como se explicó anteriormente, el presente trabajo consiste en la construcción de un lector de etiquetas de radio frecuencia, la cual estará asociada a una base de datos en línea. Para ello lo primero que se diseñó fue el RFID reader, luego se procedió a desarrollar la conexión vía Wi-Fi con la comunicación a la base de datos y finalmente la construcción del prototipo.

RFID Reader

Como se explicó, las etiquetas pasivas son más útiles para nuestros fines, y para eso se eligió una frecuencia de 125KHz para trabajar; esto debido a que la mayor parte de etiquetas pasivas de bajo costo que se encuentran en el mercado funcionan a esa frecuencia, y cumplen con el propósito buscado.

Nuestro lector está basado en un circuito electrónico que se compone principalmente de dos partes, la antena y el procesador. Para el procesador se utilizó un Arduino UNO, que posteriormente se explicará a detalle el proceso y el cual se presenta en la figura 1; como antena se utilizó un chip ID-20. Es un dispositivo de 5V y consume alrededor de 65 mA de corriente; las especificaciones técnicas del componente están en el datasheet del mismo (Sparkfun, datasheet). El ID-20 se presenta en la figura 2.



Figura 1. Arduino



Figura 2. ID-20LA

Básicamente, el ID-20 actúa como receptor del código único de cada tag RFID, y los envía al Arduino para que los procese; el resto del circuito incluye LEDs para indicar si el módulo realizó una lectura. Un esquemático de las conexiones del lector se presenta en la figura 3, el cual fue obtenido del Handbook de Arduino.

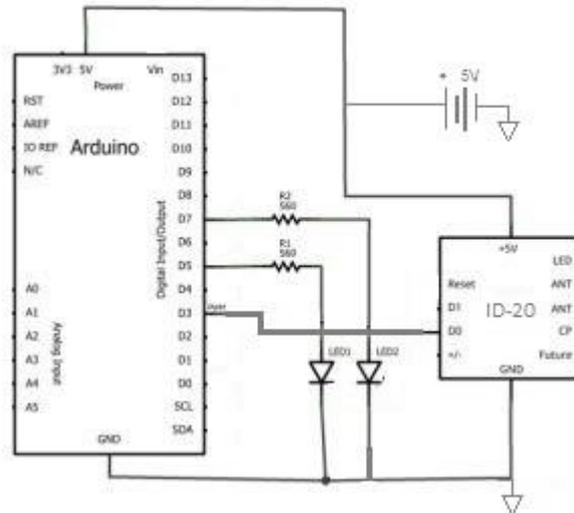


Figura 3. Esquemático conexión Arduino con el circuito y el ID-20LA

Luego de armar el circuito del lector se procedió a programar el Arduino para que procese la información que le llegue y pueda correlacionar los datos que obtiene de la lectura de los identificadores RFID, con los de la base de datos. Para ello básicamente se realizó dos partes en la programación, la obtención de los IDs autorizados dentro de la base de datos, y la parte relacionada con la lectura y procesamiento de la información procedente de los RFID tags con su posterior correlación de datos para la validación de los respectivos identificadores.

Comunicación a la Red

Para la comunicación del lector se utilizó un Wi-Fi shield compatible con el hardware de Arduino, uno como en la figura 4. El Wi-Fi shield de Seedstudio permite a un Arduino conectarse a una red a través de un módulo embebido TCP/IP RN171 de la empresa MicroChip, el cual es apto para aplicaciones inalámbricas móviles de acuerdo a la descripción en la página de la empresa (Microchip, web). La biblioteca Wi-Fi de este shield

es similar a la biblioteca de Ethernet y muchas de las llamadas a funciones son las mismas. El Wi-Fi Shield Arduino conecta tu Arduino a Internet de forma inalámbrica (Arduino, web).

El Wi-Fi Shield de Seeedstudio para Arduino cuenta con una antena independiente que puede cubrir un rango más amplio y transmitir señales más fuertes. Con soportes para TCP, UDP y protocolos de comunicación FTP, el Wi-Fi Shield permite conectarse a una red inalámbrica utilizando el protocolo 802.11 (IEEE) y debe difundir su SSID para poder conectarse. Este se puede conectar a redes encriptadas que utilizan ya sea WPA2 Personal o encriptación WEP. También puede conectarse a redes abiertas. Para el caso de este proyecto se utilizó un router inalámbrico Cisco, debido a la seguridad que presenta la red de la Universidad San Francisco de Quito, encriptado con seguridad WPA2 Personal (Arduino, web).

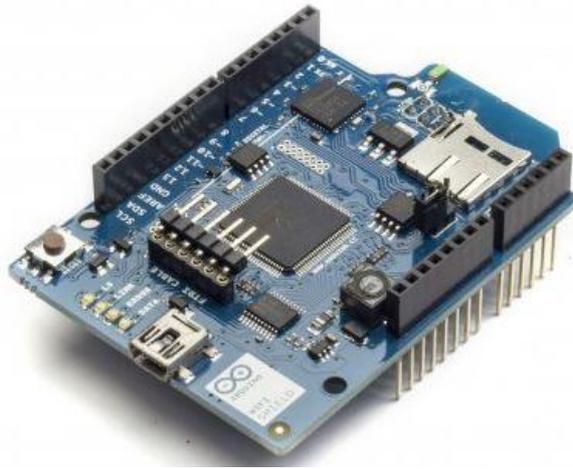


Figura 4. Wi-Fi Shield para Arduino



Figura 5. Arduino acoplado con el shield de Wi-Fi

Utilizando el hardware explicado anteriormente y sus librerías se procedió a la primera parte de programación del Arduino. Dentro de la parte de Setup se debe incluir el SSID y contraseña respectivos de la red inalámbrica a la cual se quiere tener acceso. Una vez establecida la conexión por medio de comandos vía serial con el módulo RN171 se puede especificar la dirección del servidor del cuál se quiere obtener los datos así como su puerto predeterminado y se guarda la configuración, de esta manera se garantiza que cada vez que el sistema se reinicie se establezca la conexión automáticamente siempre y cuando la red inalámbrica este disponible.

Como se explicó anteriormente se utilizó una base de datos en MySQL para almacenar la información de los usuarios autorizados. El nombre asignado para la base de datos es “permisos” la cual incluye una tabla denominada “usuarios”. La tabla usuarios, figura 6, consta de siete campos diferentes, en los cuales aparecerá toda la información del tag y de la persona propietaria del tag.

Column	Type	Default Value	Nullable
◇ nombre	varchar(30)		NO
◇ apellido	varchar(30)		NO
◇ email	varchar(60)		NO
◇ cedula	varchar(50)		NO
◇ usfq	mediumint(10) u...		NO
◇ tag	varchar(15)		NO
◇ ultimo_ingreso	timestamp		YES
◇ student_id	int(10) unsigned		NO
◇ id_num	int(11)		NO

Figura 6. Estructura de la tabla de usuarios

De los campos especificados se tomó los más relevantes para desplegar gráficamente para el encargado de laboratorio, la vista se presenta en la figura 7.

Nombre	Apellido	Email	Cedula	USFQ ID	TAG	Ultimo Ingreso
Esteban	Acosta	esteban@hotmail.com	1234567890	103817	02006A65666B	2015-07-13 19:23:32
Diego	Vela	diego@hotmail.com	1234567890	109876	190070C4C16C	2015-06-25 12:07:00
Jaime	Vaca	vaca@hotmail.com	1234567899	103423	18002BB446C1	2015-06-25 12:43:40

Figura 7. Base de Datos

Es muy importante mencionar que el campo TAG contiene el código único de cada tag RFID que será ingresado con el resto de datos necesarios del usuario por el encargado de laboratorio, y por consiguiente de la base de datos. Es importante mencionar que para ingresar a la base de datos se deben usar las credenciales del usuario autorizado para poder hacer cambios e ingresar nuevos datos.

Con el Arduino conectado dentro de la red, se necesita establecer una puerta de conexión con la base de datos en el servidor. Para este proyecto se decidió realizar una comunicación vía PHP con MySQL. Varios archivos PHP se crearon dentro del servidor para ser llamados mediante un request HTML desde el Arduino vía el shield de Wi-Fi. Por seguridad hay un usuario autorizado para ingresar vía este método cuyos credenciales se incluyen en un documento PHP de conexión a la base de datos. Estas credenciales son utilizadas por los distintos archivos PHP que ejecutan los Querys o consultas necesarias para realizar cambios

en la base de datos o pedir información para mostrarla o ser utilizada por el Arduino. Dentro de los documentos creados se encuentra uno que permite visualizar de una forma entendible y presentable como se observó en la figura 7 los datos presentes en la tabla usuarios. Así como también el archivo que contiene el código necesario para que al Arduino llamar al archivo PHP este devuelva una respuesta con los caracteres de los tags necesarios para el posterior almacenamiento y validación de usuarios. Además existen otros archivos PHP que serán llamados acorde a la necesidad para registrar la hora y fecha en la que un usuario hizo uso del sistema para acceder al laboratorio en cuestión.

Construcción del Prototipo

Para terminar se construyó la puerta y se le acopló el sistema de seguridad y control de acceso, el cual es una cerradura magnética. La cerradura magnética funciona de tal forma que cuando esta energizada se crea un campo magnético el cual activa los imanes manteniendo a la puerta unida al marco donde está montada la cerradura. Cuando se le quita la energía la puerta se separa y puede ser abierta. La cerradura magnética utilizada tiene una capacidad de 600 lb y funciona a 12 VDC. Con un circuito básico de control basado en un relé un diodo y una resistencia como se puede observar en la figura 8, se puede controlar cuando se energiza y cuando se corta la energía de la cerradura magnética. El circuito de control del relé está conectado al Arduino por el pin digital 7, el cual llega a la base del transistor TRF520, a través de una resistencia de 10K, enviando un pulso de control que energiza la bobina del relé haciendo que en este caso el contacto normalmente cerrado se abra interrumpiendo el paso de energía a la cerradura, después de un tiempo determinado en este caso 3 segundos, suficiente para que la puerta sea abierta, se retira el pulso de la bobina del relé haciendo que su contacto se cierre nuevamente y la cerradura se magnetice.

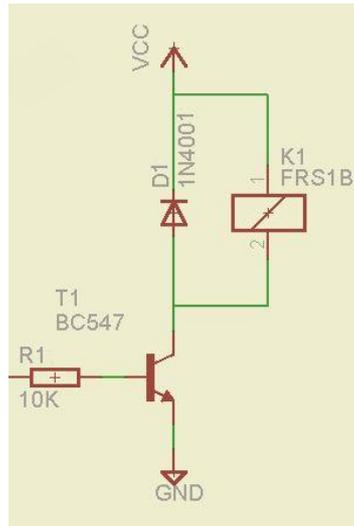


Figura 8. Esquemático circuito de control de la cerradura magnética por relé

Un esquema del prototipo final, con los componentes respectivos, se muestra en la figura 9.



Figura 9. Funcionamiento General del Prototipo

Funcionamiento

Básicamente el proyecto funciona de la siguiente manera. En la base de datos se ingresa los datos correspondientes del usuario que será autorizado para ingresar al laboratorio incluyendo el respectivo RFID tag. El Arduino se comunica vía Wi-Fi con la base de datos obteniendo una lista de los tags autorizados asignándolos a una variable del tipo string a cada uno para su posterior comparación. El usuario acerca su tarjeta al reader, el cual cuenta con un rango de lectura aproximado de 10 cm, y se procede a guardar el tag en un string diferente y se compara con los obtenidos de la base de datos. Si se comprueba que el usuario está habilitado se envía una señal al circuito del relé para energizar la bobina y que el contacto normalmente cerrado se abra cortando la energía de la cerradura. Luego se envía a la base de datos la información del usuario que ingreso vía Wi-Fi, y después de 5 segundos se quita la señal del relé energizando de nuevo la puerta. Finalmente el tag es borrado para hacer un uso más eficiente de la memoria interna del Arduino dejando listo el sistema para que un nuevo usuario ingrese presentando su Tag frente al Reader. Lo importante de este sistema, es que cada vez que se desee actualizar la base de datos de los tags autorizados por el encargado, se debe reiniciar el sistema para que los cambios sean aplicados. Debido a que este prototipo del sistema de control de acceso se diseñó pensado en los laboratorios de la USFQ, propiamente el de Radio Frecuencia y Microelectrónica, ubicado en el aula M217, el sistema está diseñado para que se actualice cada semestre que ingresen estudiantes nuevos o salgan los antiguos; otro tipo de cambios en la base de datos serían por motivos extraordinarios. El diagrama de bloques del funcionamiento general del sistema se presenta en la figura 10. Imágenes reales del proyecto se encuentran en los anexos.

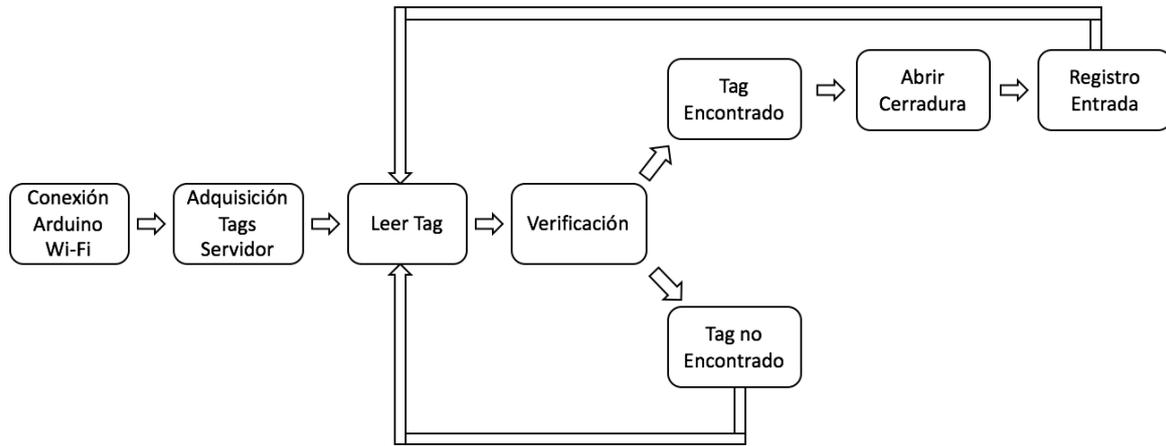


Figura 10. Diagrama de Bloques del Sistema

CONCLUSIONES

Un sistema de control de acceso es muy importante en cualquier tipo de establecimiento que tenga un constante flujo de personas que ingresan, sin algún tipo de control. En un laboratorio de electrónica, como lo es la M217, que hay muchos equipos costosos, es muy importante tener un correcto control de quién entra al mismo. El sistema solo registraría quien entra al mismo, ya que en cualquier tipo de sistemas de control de acceso lo que importa es solo permitir a las personas habilitadas el ingreso. El prototipo del sistema que se busca implementar es una representación del uso de conceptos de ingeniería aplicado a la vida diaria. Se trabajó con conceptos como radio frecuencia hasta control por microcontroladores, y manejo y administración de base de datos. El uso de sistemas de control de acceso se extiende a muchos establecimientos de cualquier índole a nivel mundial; si bien no es el único, es uno de los más usados por su eficiencia y costo.

Poder manejar en tiempo real y poder modificar los diferentes datos y etiquetas del sistema, hacen de este un proyecto sumamente efectivo y funcional. Arduino al ser un microprocesador poderoso, no tiene ningún problema de manejar varias entradas a la vez y compararlas luego. Las tarjetas de 125 KHz son baratas, y nos brindan un rango óptimo.

El sistema diseñado es completamente funcional, pero este trabajo únicamente es un prototipo, por lo que las pruebas realizadas fueron en prototipos de diseños reales. En el Ecuador, esta es una tecnología completamente accesible para los negocios y las personas en general, por lo cual su implementación es algo realizable. Se puede concluir que este trabajo de titulación reforzó muchos los conceptos adquiridos durante la carrera, ya que se aplicaron diferentes conceptos para lograr un solo objetivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino. (2013) What is Arduino. Recuperado 11 de Noviembre de 2014 de <http://arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Bateman, J., Cortés, C., Cruz, P., & Paz-Penagos, H. (2009). Diseño de un protocolo de identificación por radiofrecuencia (RFID) propietario para una aplicación específica. (Spanish). *Ingeniería Y Universidad*, 13(2), 325-339.
- BJORK, C. (2014, September 17). Zara Builds Its Business Around RFID. *Wall Street Journal - Eastern Edition*. pp. B1-B2.
- Cannella, S., Framinan, J. M., & Barbosa-Póvoa, A. (2014). An IT-enabled supply chain model: a simulation study. *International Journal Of Systems Science*, 45(11), 2327-2341. doi:10.1080/00207721.2013.769072
- Chang, Y., Chen, C., & Lin, S. (2014). An intelligent context-aware communication system for one single autonomic region to realize smart living. *Information Fusion*, 2157-67. doi:10.1016/j.inffus.2013.03.002
doi: 10.1109/ECS.2014.6892665
- Cobo, A. *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web*. España, 2005.
- Edwards, C. (2014). tagging along. *Engineering & Technology (17509637)*, 9(8), 75-79.
- EU SEEKS TO BRING RFID UNDER DATA PROTECTION RULES. (2014). *Engineering & Technology (17509637)*, 9(8), 15.
- EU SEEKS TO BRING RFID UNDER DATA PROTECTION RULES. *Engineering & Technology (17509637)*, 9(8), 15.
- Fiddes, L. K., Chang, J., & Ning, Y. (2014). Electrochemical detection of biogenic amines during food spoilage using an integrated sensing RFID tag. *Sensors & Actuators B: Chemical*, 2021298-1304. doi:10.1016/j.snb.2014.05.106

- Finkenzeller, K. (2010) RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003
- Gómez-Gómez, A., Ena-Rodríguez, B., & Priore, P. (2007). RFID en la gestión y mantenimiento de bibliotecas. (Spanish). *El Profesional De La Información*, 16(4), 319-328. doi:10.3145/epi.2007.jul.05
- Griffin, J. High-frequency Modulated-backscatter Communication Using Multiple Antennas. Georgia Institute of Technology. 2009
- IEEE. (2006) Recommended Practice for Radio Frequency Safety Programs, 3 kHz to 300 GHz. IEEE Std C95.7-2005 , vol., no., pp.0_1,43, doi:10.1109/IEEESTD.2006.99378
- Nijas, C. M., Deepak, U. U., Vinesh, P. V., Sujith, R. R., Mridula, S. S., Vasudevan, K. K., & Mohanan, P. P. (2014). Low-Cost Multiple-Bit Encoded Chipless RFID Tag Using Stepped Impedance Resonator. *IEEE Transactions On Antennas & Propagation*, 62(9), 4762-4770. doi:10.1109/TAP.2014.2330586
- Niranjan, R.; Geroge Thadeus, A., "A new approach of RFID and GSM assisted navigation system for VANETs," *Electronics and Communication Systems (ICECS)*, 2014 International Conference on , vol., no., pp.1,5, 13-14 Feb. 2014
- NUEVAS SOLUCIONES DE CAPTURA DE DATOS, MOVILIDAD E IMPRESIÓN Y APLICACIÓN DE ETIQUETAS EN TIEMPO REAL CON CÓDIGO DE BARRAS Y RFID. (Spanish). (2008). *EDIPORC*, (117), 64-65.
- Ortiz López, E., Ibarra-Manzano, M., Andrade-Lucio, J., & Almanza Ojeda, D. (2012). Control de acceso usando FPGA y RFID. (Spanish). *Acta Universitaria*, 22(6), 31-37.
- Payne, K. (2013). ¿Rastrear 1,1 billones de palets de una forma rentable? (Spanish). *Industria Alimenticia*, 24(1), 48-50.

RFID Journal. Obtenido en línea <http://www.rfidjournal.com>.

R-Moreno, M. D., Castaño, B., Barrero, D. F., & Hellín, A. M. (2014). Efficient Services Management in Libraries using AI and Wireless techniques. *Expert Systems With Applications*, 41(17), 7904-7913. doi:10.1016/j.eswa.2014.06.047

Calio, B.; Wyskida, D.; Frissora, M., "Integrating RFID technology to improve IT asset management controls, playing an integral part in datacenter relocation," *Emerging Technologies for a Smarter World (CEWIT), 2011 8th International Conference & Expo on* , vol., no., pp.1,6, 2-3 Nov. 2011

Jinaporn, N.; Wisadsud, S.; Nakonrat, P.; Suriya, A., "Security system against asset theft by using Radio Frequency Identification Technology," *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, 2008. ECTI-CON 2008. 5th International Conference on , vol.2, no., pp.761,764, 14-17 May 2008

Chan, S.; Connell, A.; Madrid, E.; Dongkuk Park; Kamoua, R., "RFID for personal asset tracking," *Systems, Applications and Technology Conference, 2009. LISAT '09. IEEE Long Island* , vol., no., pp.1,7, 1-1 May 2009

Wahab, M.H.A.; Kadir, H.A.; Tukiran, Z.; Tomari, M.R.; Mutalib, A.A.; Mohsin, M.F.M.; Idrus, M.N.E.M., "Web-based laboratory equipment monitoring system using RFID," *Intelligent and Advanced Systems (ICIAS), 2010 International Conference on* , vol., no., pp.1,5, 15-17 June 2010
doi: 10.1109/ICIAS.2010.5716177

MicroChip RN171 Module. Recuperado 29 de Mayo de 2015 de

<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=RN171> en

ANEXO A: SISTEMA COMPLETO



FIGURA 11. SISTEMA COMPLETO CONTROL DE ACCESO

ANEXO B: VISTA SUPERIOR

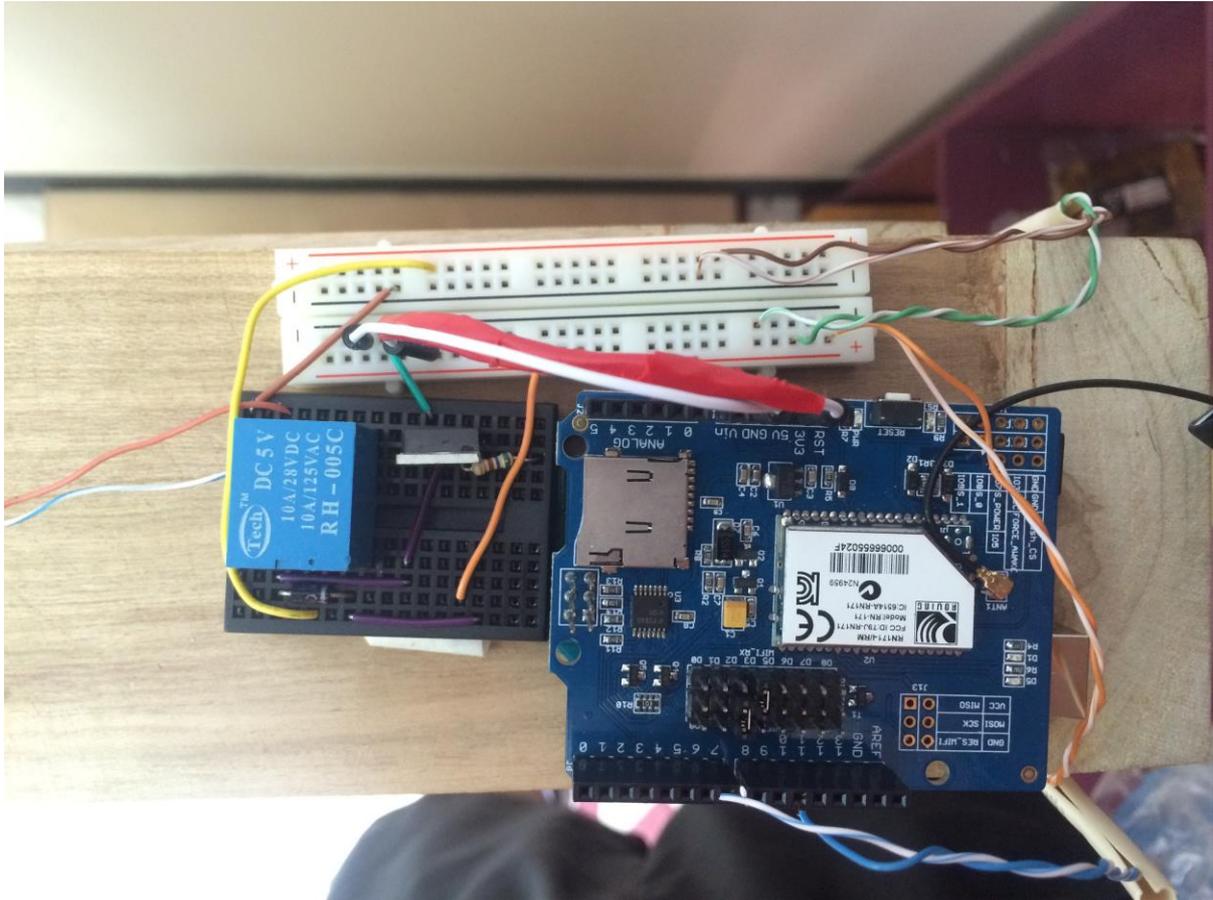


FIGURA 12. VISTA SUPERIOR CIRCUITO

ANEXO C: VISTA SUPERIOR CIRCUITO READER

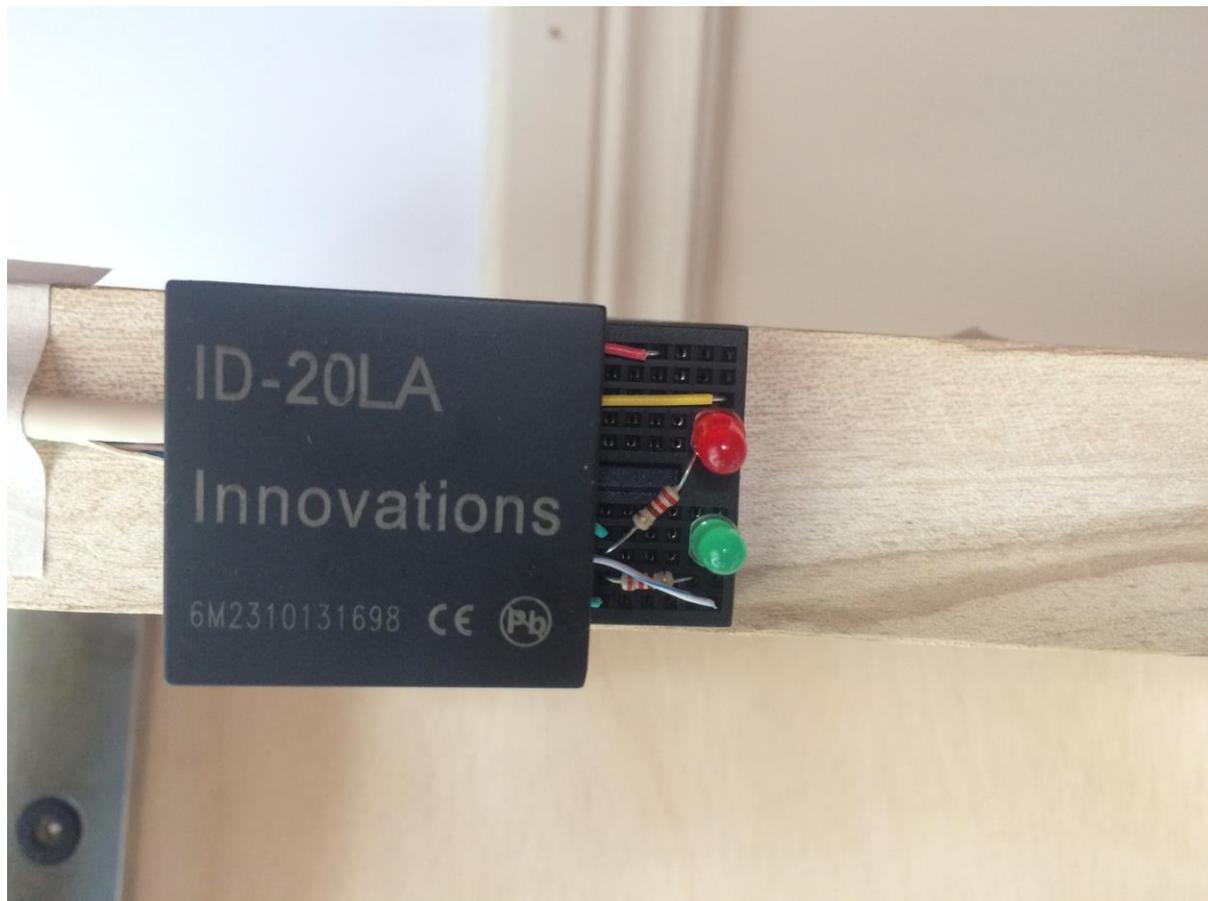


FIGURA 13. VISTA SUPERIOR CIRCUITO READER

ANEXO D: VISTA SUPERIOR CIRCUITO RELÉ

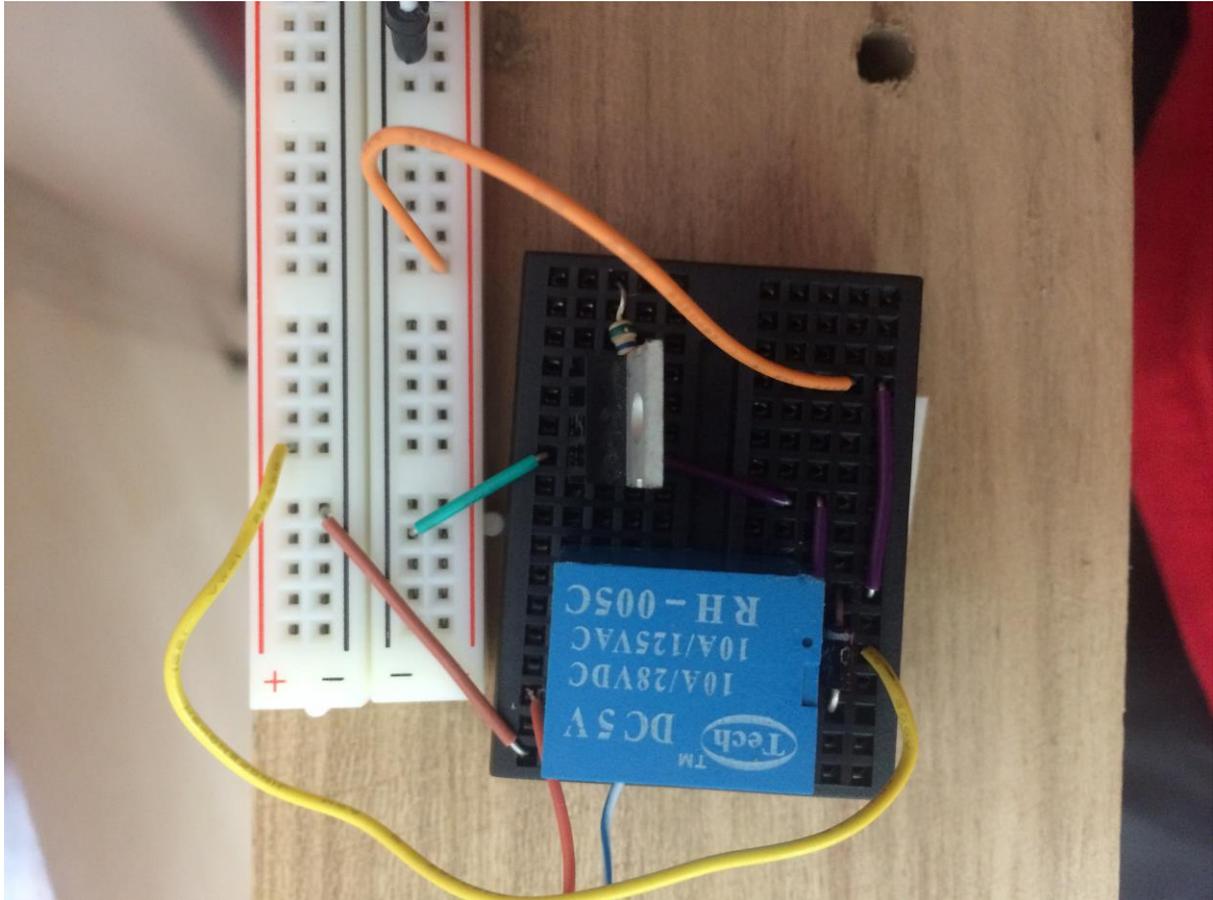


FIGURA 14. VISTA SUPERIOR CIRCUITO RELÉ

ANEXO E: VISTA SUPERIOR WI-FI SHIELD

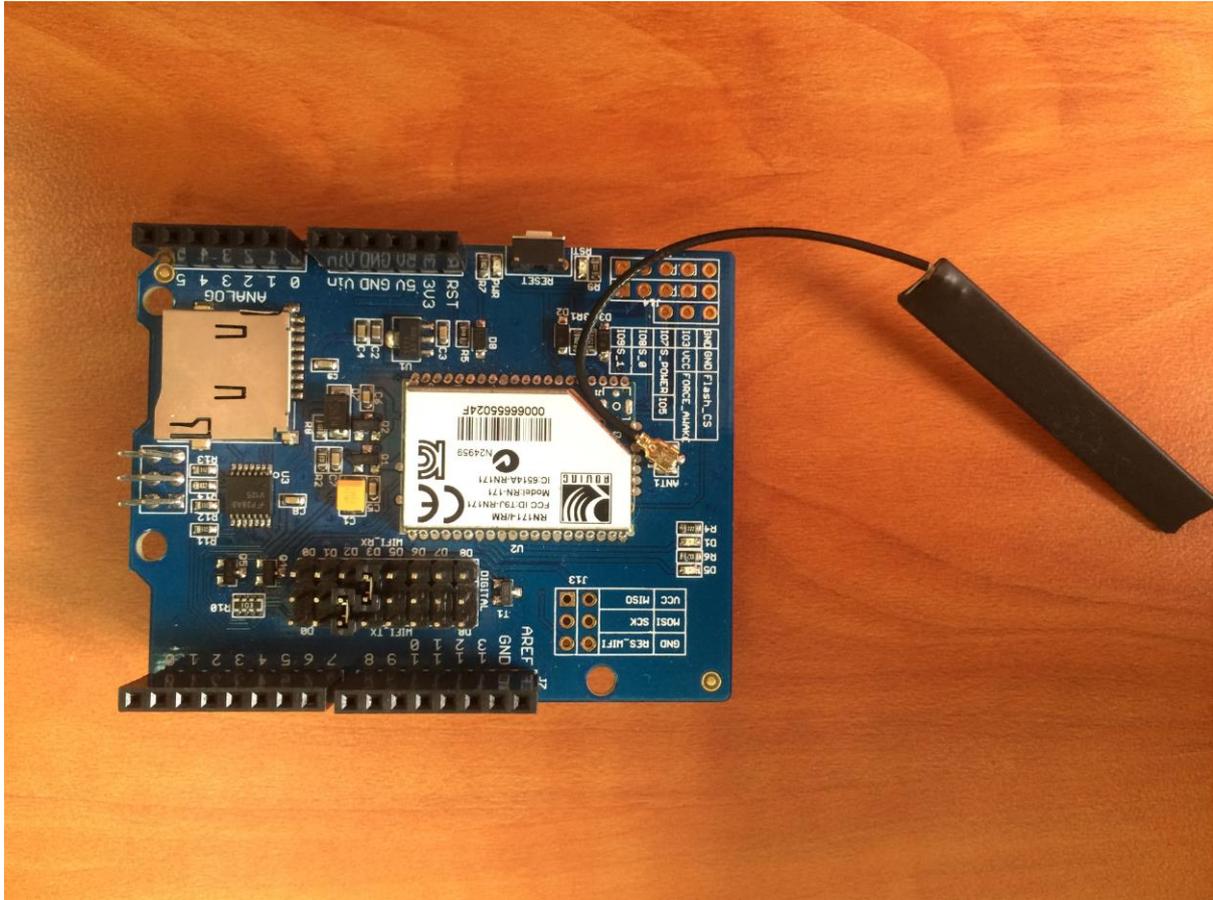


FIGURA 15. VISTA SUPERIOR DEL WI-FI SHIELD