

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACTIVOS PARA
EL ALMACÉN DE ELECTRÓNICA DE LA PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ UTILIZANDO RFID**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

Cristhian Peter Alejandro Meneses

ASESOR: Ing. Angelo Velarde Criado

Lima, Agosto del 2012

RESUMEN

La tecnología RFID tiene mucho potencial para el desarrollo de aplicaciones, pero aún no es de uso masivo, a pesar de que esta tecnología no es nueva. El RFID podría en un futuro reemplazar a los códigos de barra, actualmente esto no es posible debido al costo todavía elevados de las etiquetas. Sus principales aplicaciones son: El control de accesos, inventario y trazabilidad de objetos.

El almacén de Electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú no posee procesos automatizados aplicados al control de activos, todos los procesos son hecho de forma manual, por lo cual se identificó la necesidad de automatizarlos para poder hacerlos más eficientes.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo diseñar un sistema de control de activos para el Almacén de Electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú utilizando la tecnología RFID, que sea capaz de gestionar los préstamos, generar reportes de estos y mantener actualizado el inventario.

El diseño propuesto resuelve la necesidad de control del inventario haciendo uso de la tecnología RFID, a través de un software que se ha desarrollado, el SADAEP, Sistema de Administración del Almacén de Electrónica PUCP, el cual permite registrar los préstamos de materiales del almacén por usuario, gestionar el inventario y generar reportes de préstamos.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño de un Sistema de Control de Activos para el Almacén de Electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú utilizando RFID

Área : Comunicaciones # 972

Asesor : Ing. Luis Angelo Velarde Criado

Alumno : Cristhian Peter Alejandro Meneses

Código : 20060463

Fecha : 21/10/2011



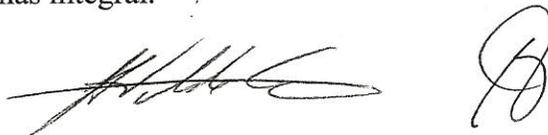
Descripción y Objetivos

El control de activos en un almacén se refiere a tener la información actualizada de los objetos que ingresan y salen del mismo. El control de activos en el almacén de Electrónica es un procedimiento manual. Una forma más sofisticada de hacerlo es usando un sistema RFID, el cual supera a los tradicionales códigos de barras, pues para leer un código de barra se debe situar al lector frente al código impreso, en cambio un lector de RFID puede leer un código independientemente de su posición siempre que esté dentro del alcance de la antena, además que usando RFID se puede leer simultáneamente varios códigos.

Actualmente la tecnología RFID tiene múltiples aplicaciones como es el control de acceso, trazabilidad de objetos, sistemas de transporte, identificación de animales y control de inventarios y almacenes. Debido a que se vio la necesidad de tener un control más elaborado sobre los equipos y materiales que se prestan en el almacén de electrónica, se investigó sobre la tecnología RFID y se decidió aplicarla al control de activos del almacén.

La presente tesis tiene como objetivo el diseño de un sistema de control de activos para el almacén de Electrónica de nuestra universidad utilizando RFID que permita un control más sofisticado de los materiales que se prestan. Esto consiste en: Un lector RFID, que es el hardware que emite una señal y recibe otra señal de radiofrecuencia que contiene el código de la etiqueta RFID; una antena conectada al lector RFID; etiquetas RFID, las cuales estarán pegadas a cada material del almacén; y una computadora conectada al lector, la cual permite procesar y almacenar los códigos leídos.

El diseño del sistema de control de activos involucra la investigación sobre sistemas RFID usados actualmente, la elección del módulo a utilizar (lector y antena), el desarrollo de un programa para la obtención de los códigos de los tags a partir del lector RFID y el diseño del sistemas integral.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
SECCIÓN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA


Dr. Ing. BENJAMÍN CASTAÑEDA APHAN
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño de un Sistema de Control de Activos para el Almacén de Electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú utilizando RFID

Índice

Introducción

1. Descripción y estudio de la situación actual del almacén
2. Uso de RFID para el control de inventario
3. Diseño del Sistema RFID
4. Resultados Finales

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
SECCIÓN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA



Dr. Ing. BENJAMÍN CASTAÑEDA APHAN
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica



MAXIMO 50 PÁGINAS



*A mi madre y mi hermana, las personas más importantes
en mi vida, por su apoyo y amor incondicional.*

*A la universidad, profesores y amigos, que han hecho
de estos años los mejores de mi vida.*

*A mis tíos y primas que más que una casa,
me brindaron un hogar.*

A mi asesor por su apoyo y amistad.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diagrama de bloques del proceso de préstamos	3
Figura 2.1 – Dos tipos de acoplamiento antena-etiqueta (tag).....	11
Figura 2.2 – Representación gráfica del sistema propuesto	19
Figura 3.1 – Etiqueta RFID AD-826.....	26
Figura 3.2 – Fachada del Almacén de Electrónica.....	26
Figura 3.3 – Esquema de ubicación de componentes del Sistema RFID.....	27
Figura 3.4 – Ubicación de componentes del sistema (referencial).....	28
Figura 3.5 – Problemas de orientación de etiquetas.....	29
Figura 3.6 – Diagrama de flujo de la obtención del código RFID de una etiqueta	30
Figura 3.7 – Acceso al sistema.....	31
Figura 3.8 – Menú principal del SADAEP.....	32
Figura 3.9 – Registro de materiales.....	33
Figura 3.10 – Búsqueda de materiales.....	33
Figura 3.11 – Registro de usuarios.....	34
Figura 3.12 – Búsqueda de usuarios.....	35
Figura 3.13 – Menú de préstamos.....	36
Figura 3.14 – Menú de devoluciones.....	37
Figura 3.15 – Reporte de préstamos.....	38
Figura 3.16 – Reporte de devoluciones.....	38
Figura 3.17 – Reporte de materiales.....	39
Figura 3.18 – Permisos de administración del sistema.....	40
Figura 4.1 – Lectura de etiqueta RFID con Skyeware 4.....	42
Figura 4.2 – Esquema de pruebas de rango de lectura.....	43
Figura 4.3 – Esquema de pruebas de rango de lectura horizontal.....	44
Figura 4.4 – Área de lectura.....	45
Figura 4.5 – Lectura de etiqueta RFID en osciloscopio.....	46
Figura 4.6 – Osciloscopio usado en las pruebas.....	46
Figura 4.7 – Multímetro usado en las pruebas.....	47
Figura 4.8 – Tag llavero RFID.....	48
Figura 4.9 – Tag para metal Data Trak de Xerafy.....	48
Figura 4.10 – Lectura de etiqueta RFID en el módulo digital.....	48
Figura 4.11 – Módulo digital usado en las pruebas.....	49
Figura 4.12 – Posición de etiqueta en lectura no exitosa.....	50
Figura 4.13 – Representación de un objeto del Almacén.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 - Características de los Kits de desarrollo RFID.....	23
Tabla 3.2 – Comparación de Etiquetas RFID UHF	25
Tabla 4.1 – Etiquetas y sus códigos RFID	41
Tabla 4.2 – Distancia máxima de lectura de etiquetas RFID	43
Tabla 4.3 – Distancia máxima horizontal de lectura	45
Tabla 4.4 – Presupuesto del proyecto	51



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL ALMACÉN	2
1.1. Procedimientos actuales aplicados en el almacén.....	2
1.1.1. Procedimiento de inventariado.....	2
1.1.2. Procedimiento de préstamo de materiales	2
1.1.3. Procedimiento de búsqueda de materiales	3
1.2. Problemática	3
CAPÍTULO 2: USO DE RFID PARA EL CONTROL DE INVENTARIO	6
2.1. Estado del arte	6
2.1.1. Presentación del asunto de estudio	6
2.1.2. Estado de la investigación.....	6
2.1.3. Síntesis sobre el asunto de estudio.....	7
2.2. RFID.....	8
2.2.1. Definición	8
2.2.2. Componentes.....	8
2.2.3. Frecuencias operación.....	9
2.2.4. Memoria.....	12
2.2.5. Estándares.....	12
2.2.6. Ejemplos de aplicaciones.....	14
2.3. Gestión de almacenes.....	16
2.3.1. Definición	16
2.3.2. Procesos.....	16
2.4. RFID en el control de activos.....	18
CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL SISTEMA RFID	20
3.1. Objetivos	20
3.2.1. Objetivo general.....	20
3.2.2. Objetivos específicos	20
3.2. Requerimientos	20
3.2.1. Requerimientos del sistema RFID.....	20
3.2.2. Requerimientos de software.....	20
3.3. Diseño de Sistema Integral	21
3.3.1. Diseño del sistema RFID	21
3.3.1.1. Elección del lector RFID	21
3.3.1.2. Características del lector elegido.....	24

3.3.1.3. Elección de las etiquetas RFID	25
3.3.2. Montaje del sistema	26
3.3.3. Diseño del Software de Administración	29
3.3.3.1. Captura de códigos RFID	30
3.3.3.2. Acceso al sistema.....	31
3.3.3.3. Menú principal	31
3.3.3.4. Registro de materiales.....	32
3.3.3.5. Registro de usuarios.....	34
3.3.3.6. Préstamos y devoluciones.....	35
3.3.3.7. Reportes.....	37
3.3.3.8. Permisos de administración del sistema	39
CAPÍTULO 4: RESULTADOS FINALES	41
4.1. Pruebas con el kit RFID	41
4.2. Pruebas del sistema integral RFID	42
4.2.1. Rango de lectura.....	42
4.2.2. Área de lectura.....	44
4.2.3. Tipos de materiales.....	45
4.2.4. Posición de etiquetas	49
4.3. Presupuesto	51
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS	56

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis aborda la investigación en Identificación por Radiofrecuencia (RFID) que da como resultado el planteamiento del diseño de un sistema de control de activos para el Almacén de Electrónica de la PUCP utilizando RFID que permita automatizar los procesos, haciéndolos más eficientes para tener una mejor gestión de préstamos y control de inventario.

En el primer capítulo se realiza un estudio de los procedimientos aplicados actualmente en el almacén y se define la situación actual del mismo.

En el segundo capítulo se desarrolla el estado actual de la tecnología RFID, a fin de conocer los alcances de la misma; además se desarrolla las definiciones que implica la tecnología RFID y finalmente se explica la aplicación del RFID al control de inventario.

En el tercer capítulo se plantea los objetivos de la tesis con el fin de definir los requerimientos del sistema, además se plantea el diseño del sistema y se desarrolla el software de administración (SADAEP).

En el cuarto capítulo se explican las pruebas que se realizaron y se analizan los resultados obtenidos, se inicia con unas pruebas del kit RFID para comprobar su correcto funcionamiento; después se realizan pruebas del sistema integral, que incluyen pruebas de rango de lectura, área de lectura, tipos de materiales y posición de etiquetas sobre los objetos; y finalmente se hace un presupuesto del proyecto.

CAPÍTULO 1:

DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL ALMACÉN

En este capítulo se realizará un estudio de los procedimientos aplicados actualmente en el almacén y la situación actual del mismo.

1.1. Procedimientos actuales aplicados en el almacén.

1.1.1. Procedimiento de inventariado.

El procedimiento actual que se sigue para el inventariado de los equipos y materiales del almacén de Electrónica de la PUCP es manual, es decir se tiene una base datos con la cual el encargado verifica individualmente cada uno de los equipos y materiales que están en el almacén, este proceso es tedioso y largo, realizarlo toma de 3 a 4 semanas, debido a lo complicado y el tiempo que demora llevarlo a cabo solo se hace una vez al año. [1]

1.1.2. Procedimiento de préstamo de materiales.

Cuando se va realizar el préstamo de algún elemento del almacén, primero, se debe escribir en una ficha los materiales que se desea pedir en préstamo, junto con los datos personales y una firma, luego se entrega la ficha adjuntando el carné universitario al encargado del almacén, después el encargado hace entrega de los equipos o materiales solicitados, no sin antes hacer las pruebas correspondientes a los equipos como osciloscopios, multímetros, etc.

El procedimiento de devolución es más simple, la persona se acerca al almacén con los elementos que desea devolver, el encargado pregunta por su nombre, busca el carné del alumno con la ficha que se entregó al momento del préstamo y procede a verificar que todos los materiales que figuran en la ficha sean los mismos materiales que se está devolviendo, realiza las pruebas correspondientes a los equipos que se están devolviendo y finalmente si todo está en orden procede a la devolución del carné al alumno o a la persona que solicitó el préstamo.

En la figura 1.1 se muestra el diagrama de bloques del proceso de préstamos en el Almacén de Electrónica.

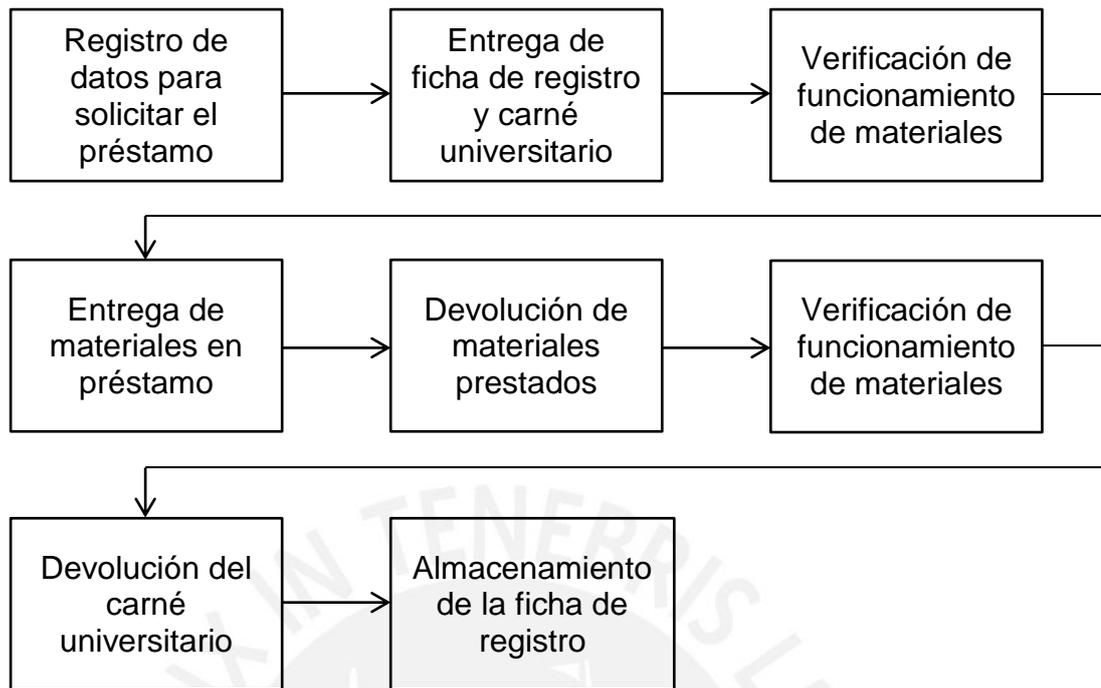


Figura 1.1 – Diagrama de los procesos de préstamo. [Elaboración propia]

1.1.3. Procedimiento de búsqueda de materiales.

Cuando el encargado del Almacén nota que un material o equipo está dañado o averiado, pero ya tiempo después de que se haya realizado la devolución de dicho material o equipo, se procede a hacer una búsqueda en la fichas de préstamos para averiguar cuales fueron los últimos usuarios que solicitaron dicho material u equipo en préstamo, esto a fin de determinar quien fue la persona que causó la avería. Esta búsqueda es tediosa, compleja y demanda mucho tiempo, dependiendo de que tanto tiempo haya transcurrido desde el préstamo. [1]

1.2. Problemática.

La tecnología RFID aún no es de uso masivo como la de código de barras, a pesar de las ventajas que posee y además que no es una tecnología nueva. Sus principios se remontan a la Segunda Guerra Mundial, con el uso del radar, el cual lo usaban para detectar aviones a kilómetros de distancia, los alemanes se dieron cuenta que cuando rodaban sus aviones la señal reflejada cambiaba; esto es en esencia, el primer sistema RFID pasivo. [2]

El control de accesos, control de inventario y la trazabilidad son algunas de las aplicaciones más usadas. El RFID podría en un futuro reemplazar a los códigos de barra, actualmente esto no es posible debido al costo de las etiquetas. Esto podría cambiar rápidamente gracias a un tipo de etiquetas RFID de plástico y muy bajo costo. Un grupo de investigadores en Sunchon, Corea del Sur, han logrado imprimir circuitos RFID sobre películas de plástico usando una combinación de métodos industriales: la impresión rollo-a-rollo, la impresión por inyección de tinta, y el sellado de silicona. Utilizan tintas con varios materiales—plata, nanotubos de carbono, y un híbrido de nanopartículas de polímero—para depositar los componentes del circuito, tales como los condensadores y los transistores, capa a capa. GyoujinCho, profesor de Ingeniería de Electrónica Impresa en la Universidad Nacional de Sunchon, y que dirigió el trabajo, estima que las etiquetas cuestan unos tres centavos por pieza, lo cual todavía resulta elevado frente a una etiqueta de código de barra, para reemplazar a los códigos de barras, las etiquetas RFID deben costar un centavo o menos. [3]

Aunque la tecnología RFID tiene el potencial para revolucionar la gestión de las cadenas de suministros, aún se encuentra en una fase relativamente temprana de desarrollo. Los primeros usuarios se han enfrentado a los retos de los problemas relacionados con la fiabilidad y la interferencia de lectura. Como ya se mencionó antes, el costo de las etiquetas y el lector debe disminuir para ofrecer un soporte más sencillo, en el caso de las empresas, para su implementación de RFID. [4]

Ahora dentro de la Pontificia Universidad Católica del Perú, se vio la necesidad de tener un control más eficiente sobre el inventario de los equipos y materiales del Almacén de Electrónica, además de mejorar la gestión de los préstamos. Actualmente el inventariado de materiales se realiza de manera manual y toma mucho tiempo, como se explicó antes; por otro lado, la gestión actual de préstamos es deficiente debido a que todos los procesos, como se describió más arriba, son manuales; este sistema de gestión es lenta e ineficiente, sobre todo cuando los alumnos necesitan materiales para un laboratorio, el almacén se congestiona, debido a que solo hay una persona atendiendo. Además de todo lo anterior, cuando se presenta la necesidad de obtener un reporte de las últimas personas que usaron algún material, se tiene que hacer una búsqueda manual en las fichas de registro del almacén, lo cual resulta en una operación tediosa y que también implican mucho tiempo llevarlas a cabo. Es por eso que se ha decidido implementar un sistema de control de equipos y materiales de este almacén. Esto facilitará la

gestión de préstamos, de modo que se harán más rápidos y la persona encargada del almacén podrá mantener un estricto control sobre los materiales que salen e ingresan del Almacén de Electrónica, manteniendo un inventario actualizado constantemente y además obtener, cuando se desee, reportes de los materiales prestados.



CAPÍTULO 2:

USO DE RFID PARA EL CONTROL DE INVENTARIO

En este capítulo se desarrollará el estado actual de la tecnología RFID, a fin de conocer los alcances de la misma; además se desarrollarán las definiciones que implica la tecnología RFID y finalmente la aplicación del RFID al control de inventario.

2.1. Estado del arte.

2.1.1. Presentación del asunto de estudio.

Hacer el inventario del almacén de una empresa puede llevar mucho tiempo y tener varias personas a cargo, dependiendo del tamaño de la empresa (del almacén), y también es necesario mantenerlo actualizado. Una forma de mejorar la eficiencia en la elaboración de inventarios es haciendo uso de sistemas de RFID, los cuales superan ampliamente la velocidad de las personas al momento de elaborar el inventario de un almacén, también superan a los sistemas basados en los código de barras, pues para leer un código de barras se debe situar al lector frente a la etiqueta que tiene el código impreso, en cambio, un lector de RFID puede leer un código independientemente de su posición siempre que esté dentro de su alcance, además que usando RFID se puede leer simultáneamente varios códigos.

Los sistemas RFID actualmente son usados en muchas aplicaciones como en sistemas de transporte, control de acceso, identificación de animales, control de inventarios y almacenes, identificación de containers, seguimiento de objetos, etc. En este caso se quiere usarlo para el control de activos de un almacén, en el cual este sistema es ventajoso debido a que podemos tener un control de los productos que llegan al almacén, apenas estos ingresen en él, colocando un lector RFID a la entrada del almacén, también se puede tener un control del inventario de los productos que ya se encuentran en el almacén usando lectores portátiles, los cuales se pueden llevar haciendo la lectura de los objetos que se requiera.

2.1.2. Estado de la investigación.

Los sistemas de RFID guardan la información en un dispositivo electrónico: La etiqueta RFID. A diferencia de las tarjetas inteligentes, como las que se usaba para

realizar llamadas telefónicas, estas no requieren entrar en contacto con el lector para suministrarles energía para el intercambio de datos, estos en vez de eso utilizan campos magnéticos o electromagnéticos, por lo que la información es enviada mediante ondas de radio.

Una aplicación de sistemas de RFID es el uso de *Contactless Smart Cards* (tarjetas inteligentes que no requieren contacto), las cuales son usadas en transporte público, tarjetas de identificación, control de accesos, etc. El uso en el transporte público es una de las aplicaciones que tiene gran potencial para el uso de sistemas de RFID. Actualmente este sistema es usado en el sistema de transporte público de Seúl desde 1997. El control de accesos es otra aplicación de esta tecnología la cual posibilita mediante el uso de una tarjeta, que tiene integrada un chip RFID, mantener un control sobre los accesos a lugares, oficinas, habitaciones de hoteles, etc. La principal aplicación que se está dando actualmente a RFID a nivel mundial consiste en la gestión del inventario. Para la gestión del inventario se implantan etiquetas RFID a los artículos, reemplazando al actual código de barras, para seguir su trazabilidad a lo largo de su ciclo de vida. [5]

La trazabilidad consiste en el conjunto de procedimientos que permiten seguir la ubicación y trayectoria de un producto a través de todas sus etapas de producción, transformación y distribución. Tener una información adicional de los objetos etiquetados ofrece numerosos beneficios, tanto para el control de stock, como para la gestión de distribución y abastecimientos.

2.1.3. Síntesis sobre el asunto de estudio.

Actualmente la tecnología RFID está en desarrollo, la meta que se quiere alcanzar es reemplazar al sistema de código de barras, lo cual aún no se ha logrado debido a la diferencia de costos entre ambos, mientras que uno solo es una etiqueta impresa, la otra contiene un chip, lo cual eleva notablemente su costo.

La tendencia es reducir el costo de las etiquetas RFID de modo que en un futuro todos los productos puedan contar con una etiqueta como ésta.

2.2. RFID.

2.2.1. Definición:

Los sistemas de RFID están estrechamente relacionados con las tarjetas inteligentes. Al igual que los sistemas de tarjeta inteligente, los datos se almacenan en soporte electrónico de datos que transporta el dispositivo - el transpondedor. Sin embargo, a diferencia de la tarjeta inteligente, la fuente de alimentación al dispositivo de portadora de datos y el intercambio de datos entre el dispositivo de portadora de datos y el lector se logra sin el uso de contactos galvánicos, se usa campos magnéticos o electromagnéticos en su lugar. El procedimiento técnico subyacente se extrae de los campos de la ingeniería de radio y radar. RFID son siglas de *Radio Frequency Identification*, lo que en español es Identificación por Radiofrecuencia, es decir, información transportada por las ondas de radio. En aplicación es similar a la tecnología de códigos de barra, solo que en este caso no se requiere que la tarjeta este en el campo visual del lector. [5] [6]

2.2.2. Componentes:

- Etiquetas RFID:

Se componen básicamente de un chip conectado a una antena, que es el elemento mediante el cual la etiqueta detecta el campo generado por el lector y es el componente utilizado por la etiqueta para responder a la interrogación.

Por el sistema de suministro de energía se pueden distinguir dos tipos de etiqueta: La activa y la pasiva. Las etiquetas pasivas no tienen ninguna fuente de energía, pues el campo magnético o electromagnético que emite el lector a través de la antena le provee toda la energía requerida para que ésta funcione. Las etiquetas activas llevan una batería o celda solar que suministra energía al chip para funcionar, lo cual incrementa sustancialmente el rango de comunicación. [5]

- Lector

El interrogador o lector, que, dependiendo del diseño y la tecnología utilizada, puede ser una lectura o escritura / lectura. [5]

Su función básica es proporcionar el medio de comunicar con las etiquetas y facilitar la transferencia de los datos a un sistema de control. La comunicación con las etiquetas puede requerir sofisticados protocolos.

- **Antena**

Una antena crea un campo de acción tridimensional a su alrededor que se llama "patrón de radiación" o "bulbo". Las diferencias entre las distintas antenas RFID existentes se resumen en dos características: Para acción corta o acción larga, a escoger en función de la amplitud que deseemos leer; para alta o baja densidad de campo, a escoger en función de la naturaleza de los productos a leer y de la cantidad a leer al mismo tiempo. [7]

- **Controlador**

El cual consta por lo general de una PC o estación de trabajo con una base de datos y control (a menudo llamado middleware) de software. [8]

2.2.3. Frecuencias de operación.

Las etiquetas RFID operan principalmente en cuatro bandas de frecuencia: baja frecuencia (LF) que opera en el rango de 120 a 140 KHz.; alta frecuencia (HF), que funciona a 13,56 MHz.; ultra alta frecuencia (UHF) operando dentro de los 860 a 960 MHz. y ultra alta frecuencia (microondas) que opera a 2.45 GHz. (o por encima).

La frecuencia es un factor importante en la selección de una etiqueta RFID, porque decide la distancia de comunicación entre las etiquetas y los lectores.

- **Baja Frecuencia (BF)**

Las etiquetas de baja frecuencia (LF) utilizan la frecuencia de 120 a 140 KHz. y operan por acoplamiento inductivo para obtener energía de un lector. Las etiquetas LF tienen una bobina de inducción en lugar de una antena. Son adecuados para aplicaciones que requieren lectura de pequeñas cantidades de datos a baja velocidad. Las etiquetas pasivas LF pueden ser leídas desde una distancia inferior a 0,5 metros.

Las ondas de radio de baja frecuencia pueden penetrar con facilidad materiales como el agua, tejidos, madera y aluminio, entre otros. Por lo tanto, las etiquetas LF se pueden utilizar para etiquetar productos de metal o que contengan líquidos.

Las etiquetas LF son relativamente más costosas, ya que requieren bobinas de inducción con un diámetro más grande. Esto implica utilizar más metal de cobre, que habitualmente resulta más costoso.

Aplicaciones comunes de las etiquetas LF son la identificación de animales, aplicaciones de seguridad para automóviles como los llaveros electrónicos para el control de encendido y la vigilancia electrónica de artículos (EAS). [9] [10]

- **Alta Frecuencia (HF)**

Las etiquetas de alta frecuencia (HF) utilizan 13,56 MHz. y operan por acoplamiento inductivo. Las etiquetas HF tienen una bobina de inducción en lugar de una antena. Al igual que ocurre con las etiquetas LF, las de alta frecuencia son también adecuados para aplicaciones que requieren lectura de pequeñas cantidades de datos a baja velocidad, siendo leídos a cortas distancias. La distancia de lectura por lo general se encuentra por debajo de un metro.

Las ondas de radio de alta frecuencia pueden penetrar relativamente bien, materiales como el agua, tejidos, madera y aluminio. Por lo que las etiquetas HF, pueden utilizarse para el etiquetado de productos que contienen metales, líquidos, etc. Las etiquetas HF son relativamente menos costosas si se compara con las etiquetas LF, debido al menor diseño de su bobina de inducción. Una de las aplicaciones más comunes de las etiquetas de alta frecuencia se encuentra en tarjetas inteligentes y control de acceso de personas utilizando un lector de tarjetas de identificación. [9] [10]

- **Ultra Alta Frecuencia (UHF)**

Las etiquetas UHF funcionan en un rango de 860 a 960 MHz. de frecuencia. Las etiquetas pasivas UHF se acoplan con el campo del lector de forma capacitiva utilizando el campo eléctrico. En algunos casos las etiquetas pueden utilizar el campo magnético de inducción cuando están cerca del transmisor. Estos diseños de etiquetas poseen antenas en lugar de bobinas de inducción. Las etiquetas UHF tienen un rango de lectura de hasta 100 m.

Las ondas de radio UHF se curvan o refractan fácilmente en torno a materiales sólidos. Por lo tanto, las etiquetas UHF no necesitan una línea de visión para la comunicación con los lectores RFID.

Las ondas de radio UHF son absorbidas por el agua y se reflejan en los metales.

Por lo tanto, las etiquetas UHF pasivos no pueden utilizarse directamente para identificar productos líquidos o elementos metálicos. Actualmente existen diseños inteligentes de etiquetas e ingeniosas ideas se han generado para superar este problema, como la técnica de separar la antena de la superficie metálica, sintonizar específicamente la etiqueta para operar en estrecha proximidad con metales y crear un plano metálico dentro del diseño de la etiqueta. [11] Un ejemplo de estas etiquetas es la Metal Tag XCTF-8402-C03, la cual ha sido diseñada para uso sobre superficies de metal. [12]

Debido a los avances en diseño de los chips de las etiquetas UHF éstas resultan menos costosas. Las etiquetas UHF pasivos generalmente se utilizan para identificar cajas y pallets y realizar su seguimiento en la cadena de suministro. [9] [10]

- Microondas

Las etiquetas de microondas utilizan la frecuencia de 2.45 GHz y tienen un rango de lectura de hasta 10 m.

Las ondas de radio microondas al igual que las UHF no pueden penetrar agua ni metales. Las etiquetas microondas se usan para registrar vehículos en movimiento. [9]

En la figura 2.1 se muestra a dos tipos de acoplamiento antena-etiqueta (tag), las de LF/HF y UHF.

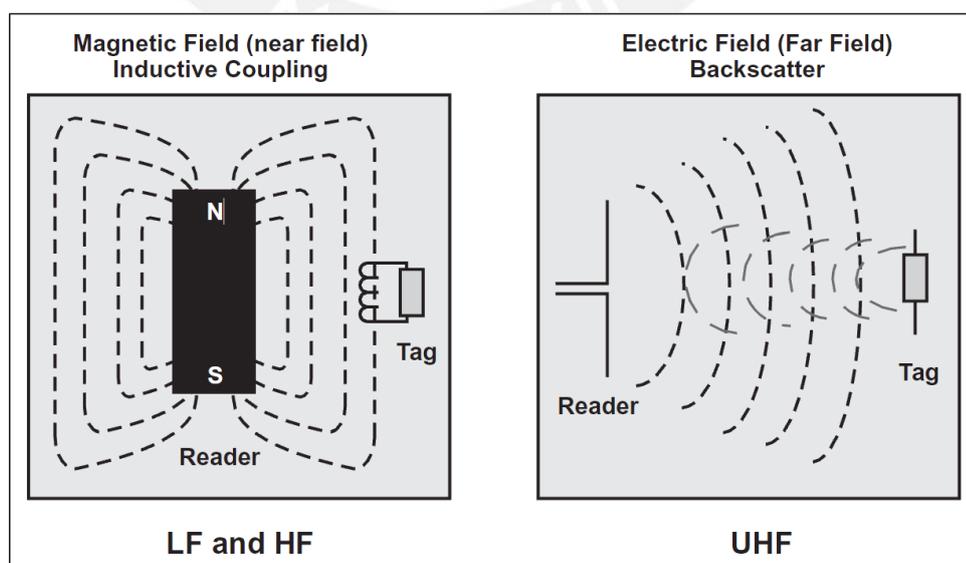


Figura 2.1 – Dos tipos de acoplamiento antena-etiqueta (tag). [8]

2.2.4. Memoria.

Las etiquetas vienen en variedad de formas con distintos tipos de capacidad en la memoria del chip. Las etiquetas pueden ser de solo lectura (el código ID es guardado permanentemente en la etiqueta), escritura/lectura (permite al usuario cambiar el ID y adicionar datos a la memoria de la etiqueta), o una combinación, con un ID permanente y con algo de espacio de almacenamiento para los datos de usuario. Las etiquetas pasivas típicamente tienen 64 bits a 1 KB de memoria no volátil. Las etiquetas activas tienden a tener memorias más grandes con un rango que está entre 16 bytes y 128 KB. [9]

2.2.5. Estándares.

El número y el uso de las normas dentro de la RFID y sus industrias asociadas son muy complejos, implica un número de órganos y se encuentra en un proceso de desarrollo. Estándares se han producido para cubrir cuatro áreas clave de aplicación de RFID y uso: Estándares de interfaz de aire (para la comunicación de datos base de etiqueta a lector), contenido de datos y codificación (esquemas de numeración), de conformidad (pruebas de los sistemas de RFID) y la interoperabilidad entre las aplicaciones y los sistemas de RFID.

Hay varios organismos de normalización que participan en el desarrollo y la definición de tecnologías RFID, incluyendo:

- Organización Internacional de Normalización (ISO)
- EPCglobal Inc.
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)

- **Normas de interface de aire (frecuencia)**

Las frecuencias de RFID se rigen por la norma ISO 18000- familia de normas de interface de aire RFID, las cuales son un conjunto completo de normas que fueron lanzadas en setiembre de 2004:

ISO 18000-1 - Parámetros genéricos para la interfaz de aire de frecuencias de aceptación global.

ISO 18000-2 - para frecuencias por debajo de 135 kHz

ISO 18000-3 – para 13,56 MHz
ISO 18000-4 - para 2,45 GHz
ISO 18000-6 - para 860 a 960 MHz
ISO 18000-7 - para 433 MHz

La situación de las frecuencias es algo confusa por la introducción, por EPC Global, de un estándar de interfaz de aire independiente para las frecuencias de UHF (cubiertos por la norma ISO 18000-6) para sus etiquetas clase 0 y clase 1. Estas etiquetas no son interoperables entre sí, ni son compatibles con las normas ISO de interfaz de aire. EPC Global ha desarrollado posteriormente una segunda generación de protocolos (Gen 2) que se funden la vieja clase 0 y clase 1 de etiquetas pasivas y debería estar más estrechamente alineada con la ISO, aunque los desacuerdos permanecen entre las dos organizaciones en el momento de la escritura. [9]

- **Los datos de contenido y codificación**

Como las cadenas de suministro implican movimiento de mercancías entre un gran número de organizaciones dispares y lugares, es un requisito para todas las partes involucradas utilizar un formulario normalizado para la identificación de los productos. El Auto-ID Center del MIT fue el responsable de gran parte del desarrollo de la reciente tecnología RFID y la práctica de la normativa, en particular alrededor de la gestión de la cadena de suministro. Parte de este trabajo ha sido transferido a la organización global EPC.

EPC Global ha definido normas para una amplia gama de características de los sistemas mundiales de RFID, incluyendo protocolos únicos de identificación del sistema (el Código Electrónico de Producto o EPC) para la comunicación entre etiqueta y lector. [9]

Código Electrónico de Producto (EPC)

Un componente crucial en el desarrollo de la tecnología RFID fue la introducción del EPC. En resumen, este es el número de código único que es incrustado en la memoria de la etiqueta RFID. Se trata de un esquema genérico y universal de numeración de los objetos físicos, de forma similar en su alcance al sistema de numeración de código de barras (UPC).

Sin embargo, hay una diferencia fundamental entre el EPC y la UPC: El EPC tiene la capacidad para identificar cada artículo, producto individual.

El sistema de numeración del Auto-ID Center proporciona un alcance mucho mayor para la identificación de códigos de barras, y se compone de un número de 96 bits, estructurado como sigue:

01. 0000A89. 00016F. 000247DC0

Cabecera	Administrador EPC	Clase de objeto	Número de serie
8 bits	28 bits	24 bits	36 bits

Los bits de cabecera definen cual de varios esquemas de codificación está en funcionamiento, los bits restantes proporcionan el código de producto real. El número de administrador identifica la empresa involucrada en la manufactura del producto (fabricante) y la clase de objeto define el producto en sí. El número de serie es único (dentro del alcance de los otros números) para una entidad de producto individual. El código de 96 bits por lo tanto puede proporcionar identificadores únicos a los 268 millones de empresas. Cada fabricante puede tener 16 millones clases de objetos y 68 millones números de serie en cada clase. [9]

2.2.6. Ejemplos de aplicaciones.

Si bien el RFID es altamente usado en la industria de la venta al detalle de ropa a grandes cantidades de clientes, la tecnología RFID también tiene una serie de usos en diferentes industrias y procesos de negocios. Un ejemplo de ello es su uso para dar visibilidad en las operaciones portuarias. GS1 Perú trabajó un piloto con la SUNAT-Aduanas para mejorar las operaciones portuarias, al que se le sumó uno de distribución entre LG y Saga Falabella, teniendo a Dinnet como operador logístico.

En este último caso, la tecnología RFID se usa para leer los paquetes con productos LG que son cargados en los camiones de Dinnet que irán a los almacenes de Saga Falabella. Cabe indicar que en los almacenes de la primera se graban las etiquetas RFID con información que permitirá la identificación del producto en una etapa posterior. Una vez que la unidad móvil llega a destino, se vuelve a leer el tag de los paquetes a nivel de la unidad de transporte. En este punto, esta lectura permite actualizar los documentos y confirmar la recepción de las series despachadas por el operador logístico (Dinnet). Posteriormente, una nueva lectura se realiza en el control de puertas de salida y en el camión de despacho cuando los paquetes con equipos LG salen del almacén de Saga Falabella para ser distribuidos

a sus diferentes tiendas. Una vez que el camión llega a cada tienda, nuevamente se lee el tag de los paquetes, habiendo una última lectura a nivel de la entrega unitaria al cliente final.

Scott Webb, profesor asistente de logística del College of Business Administration, Georgia Southern University, explicó que actualmente ya se han realizado pruebas del uso de la tecnología RFID en la administración de personas. Un ejemplo dado por el catedrático fue la investigación hecha por el Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), agencia militar de los Estados Unidos, respecto al uso de tags en los uniformes de los soldados para dar un apoyo y rescate más rápido en situaciones de asedio. En este caso se usó un tag activo de ocho centímetros en los uniformes que permitía la localización satelital del soldado sin la necesidad de usar sistemas de GPS.

Por su parte la Texas A&M University decidió usar la tecnología RFID para manejar el inventario de uniformes de su cuerpo de cadetes. Anteriormente, éste manejo se hacía manualmente y era difícil de hacer. En este caso, Scott contó que se cosieron etiquetas pasivas de lectura en 14,000 uniformes. En este caso se eligieron las etiquetas pasivas pues éstas podían ser introducidas en envoltorios plásticos y soportar temperaturas extremas así como el agua (lavado en seco). Cada etiqueta estuvo codificada con un número de ID (para cada cadete) de modo que se le asignaba sólo a un individuo.

Con el mismo procedimiento, un casino en Canadá, el Falls View Casino Resort, cosió etiquetas RFID en los uniformes de sus empleados de modo de poder monitorear cuando éstos eran lavados, el tiempo de lavado, y cuando estaban listos para ser usados. De esta manera, el casino logró mejorar su eficiencia en la provisión de uniformes a su personal, manejar la frecuencia de lavado y las necesidades de reemplazo. Cabe indicar que estos tags podían soportar cerca de 200 lavados o tres años en la mayoría de los uniformes.

Otro ámbito donde Scott mostró los potenciales de uso de la tecnología RFID fue en la seguridad. En ese sentido, el catedrático comentó que los pasaportes estadounidenses ya cuentan con una etiqueta RFID, así como las licencias de conducir en algunos estados. En este caso, su uso facilita la identificación y mejora el acceso por haber menos intervención humana.

Otra aplicación es el caso de Wal-Mart, en donde el uso de etiquetas RFID en las prendas de vestir sirve, entre otras cosas, para ver el nivel de stock en la tienda, así como para ubicar las prendas que los consumidores suelen dejar fuera de sus respectivos anaqueles. El gigante de la industria de venta al detalle inició su programa de etiquetado RFID en jeans, medias, ropa interior y polos masculinos desde setiembre del 2010. Este uso les permitió reducir los faltantes de stock, a la vez que redujo el robo de prendas.

Vinculado también a Wal-Mart pero con otro objetivo, Hewlett-Packard (HP) empezó a etiquetar todos los productos que despachaba a Wal-Mart. Esto le permitió tener una prueba positiva de cada despacho y recepción. Por su parte, el fabricante de productos alimenticios Daisy Brand, decidió voluntariamente poner tags en cada pallet que salía de sus almacenes con destino a Wal-Mart. Como resultado de este uso, la firma logró reducir a la mitad el tiempo de carga de sus camiones. A su turno, Campbells Soup decidió usar etiquetas RFID en sus relaciones con esta cadena de supermercados para recibir información de los pallets, envases y displays promocionales previamente etiquetados. La data recopilada le permitía a la empresa a determinar el momento en que las promociones se realizaban de modo que podía reponer rápidamente si es que las promociones excedían las expectativas. [13]

2.3. Gestión de almacenes.

2.3.1. Definición:

Proceso de la función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material-materias primas, semielaborados, terminados, así como tratamiento e información de los datos generados. [14]

2.3.2. Procesos:

- **Planificación y organización:**

Este proceso se encarga de las actividades de carácter estratégico y táctico, al tener que dar solución a las necesidades de recursos y ubicaciones en línea con las políticas y objetivos generales de la compañía. [14]

- **Recepción:**

La recepción es el proceso de planificación de las entradas de mercancías, descarga y verificación tal y como se solicitaron actualizando los registros de inventario. El objetivo que debe tener una empresa en su proceso de recepción de mercancías es la automatización tanto como sea posible para eliminar o minimizar burocracia e intervenciones humanas que no añaden valor al producto. [14]

- **Almacén**

Es el subproceso operativo concerniente a la guarda y conservación de los productos con los mínimos riesgos para el producto, personas y compañía y optimizando el espacio físico del almacén. [14]

- **Movimiento**

Es el subproceso del almacén de carácter operativo relativo al traslado de los materiales/productos de una zona a otra en un mismo almacén o desde la zona de recepción a la ubicación de almacenamiento. [14]

- **Información:**

A. Información para la Gestión:

Se incluyen documentos:

- Configuración de almacén.
- Datos relativos a los medios disponibles.
- Datos técnicos de las mercancías almacenadas.
- Informes de actividad para Dirección.
- Evolución de indicadores.
- Procedimientos e instrucciones de trabajo.
- Perfiles y requerimientos de los puestos.
- Registros de la actividad diaria.

[14]

B. Identificación de ubicaciones

Todas las zonas del almacén debe estar perfectamente identificables y conocidas por el personal habilitado a entrar en el almacén. Las prácticas más habituales son la delimitación de las zonas por colores o la presencia de carteles con la denominación de las zonas colgadas o posados en el suelo. [14]

C. Identificación y trazabilidad de mercancías

La totalidad de mercancías almacenadas deben ser codificadas asignando identificaciones únicas por artículo. Y aún más, esta codificación debe estar relacionada con la utilizada para identificar las ubicaciones y con el resto de procesos de la empresa. [14]

2.4. RFID en el control de activos.

La solución que se plantea es usar una etiqueta RFID adherida a cada material del almacén, de modo que cuando se acerca el material al lector, este pueda obtener el código de la memoria de la etiqueta RFID que lleva adherida a él.

Cuando un usuario solicite un préstamo en el Almacén de Electrónica, este simplemente se identificará con su carné o Tarjeta de Identificación(TI) y enumerará los materiales que requiere, el encargado del Almacén ingresará el código del usuario en la computadora, en Sistema de Administración del Almacén de Electrónica de la PUCP (SADAEP), después el encargado del Almacén deberá pasar los materiales por el área de detección del lector RFID, el lector enviará a la computadora los códigos RFID obtenidos para que el SADAEP registre los materiales que se darán en préstamo al usuario.

Ahora cuando se desee hacer la devolución de los préstamos, se seguirá un procedimiento similar, el usuario se identificará con su carné universitario o TI, el encargado del Almacén ingresará el código del usuario en el SADAEP, luego deberá pasar los materiales en el área de detección y el lector enviará los códigos obtenidos a la computadora para que el SADAEP los quite de la lista de materiales adeudados del usuario.

Además el SADAEP permitirá generar reportes de los préstamos y reportes de inventario para determinar en cualquier momento los materiales que estén dentro y fuera del Almacén; agregar, quitar o editar los materiales del Almacén; agregar,

quitar o editar los usuarios que tendrán acceso a los préstamos; y administrar las cuentas de acceso al SADAEP.

En la figura 2.2 se muestra un esquema del sistema propuesto.

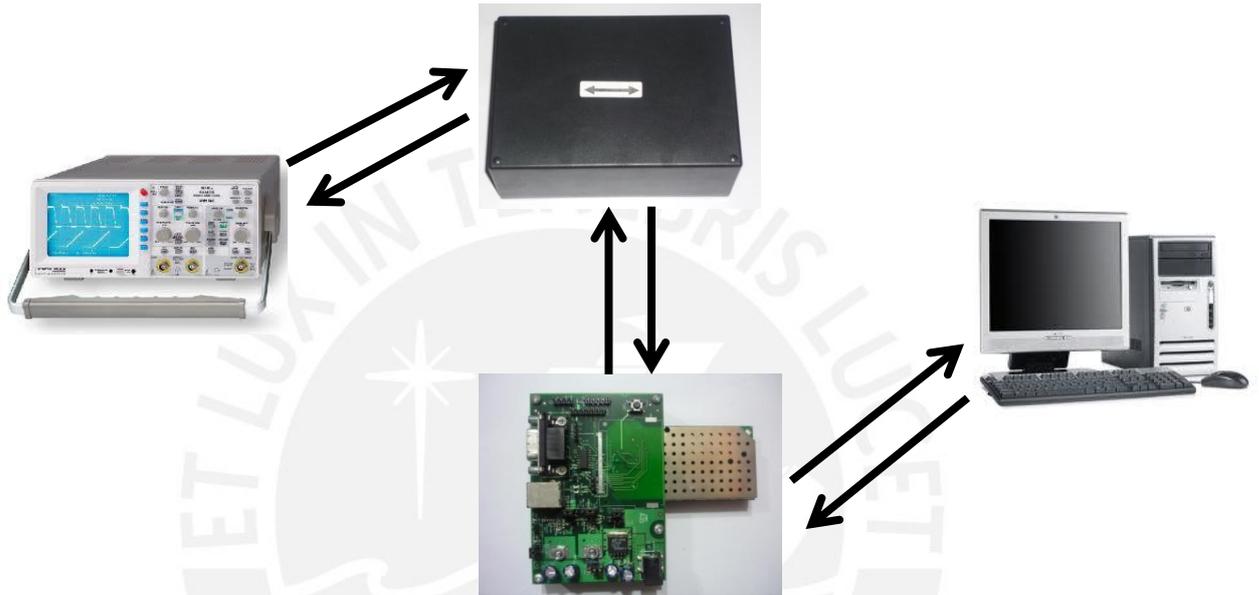


Figura 2.2 - Representación gráfica del sistema propuesto. [Elaboración propia]

CAPÍTULO 3:

DISEÑO DEL SISTEMA RFID

En el tercer capítulo se planteará los objetivos de la tesis con el fin de definir los requerimientos del sistema, además se planteará el diseño del sistema y se desarrollará el software de administración (SADAEP).

3.1. Objetivos.

3.1.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de control de activos para el Almacén de Electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú utilizando tecnología RFID que permita un control más sofisticado de los objetos que se prestan.

3.1.2. Objetivos específicos.

- 1) Investigar sobre RFID y sus aplicaciones.
- 2) Diseñar el sistema RFID.
- 3) Desarrollar el software para control de activos del Almacén de Electrónica.
- 4) Realizar las pruebas con el sistema integral y analizar los resultados obtenidos.

3.2. Requerimientos.

3.2.1. Requerimientos del sistema RFID.

El diseño del sistema tiene los siguientes requerimientos:

- La distancia de lectura debe ser mayor a 37cm.
- El área de lectura debe ser delimitada.
- La computadora debe estar cercana al lector RFID.

3.2.2. Requerimientos de software.

El software que se va desarrollar debe poder realizar lo siguiente:

- Autenticación al ingresar al sistema.

- Poseer una lista de usuarios habilitados para obtener préstamos.
- Agregar o editar objetos del inventario.
- Registrar préstamos y devoluciones por usuario.
- Generar reportes de préstamos.
- Generar reportes de inventario.
- Gestionar cuentas de acceso al sistema.

3.3. Diseño de Sistema Integral.

3.3.1. Diseño del sistema RFID.

3.3.1.1. Elección del lector RFID.

Uno de los criterios a utilizar para la elección del lector RFID, es el rango de lectura. En las bandas de frecuencias más bajas, los rangos de lectura de las etiquetas pasivas no son más que 60 cm., debido principalmente a la pobre ganancia de la antena; esto es debido a que las longitudes de onda electromagnéticas son muy grandes, del orden de varios kilómetros, y mucho más larga que las dimensiones de las antenas integradas en las etiquetas RFID. La ganancia de antena es directamente proporcional al tamaño de la antena relativo a la longitud de onda; por lo tanto, la ganancia de antena en estas frecuencias es muy baja. A frecuencias más altas, el rango de lectura típicamente aumenta, especialmente cuando se utilizan etiquetas activas. Sin embargo, debido a que las bandas de alta frecuencia plantean algunos problemas de salud a los seres humanos, la mayoría de los organismos reguladores, han posado límites de potencia en UHF y sistemas de microondas y esto ha reducido el rango de lectura de estos sistemas de alta frecuencia de 3 a 9 m. en promedio en el caso de las etiquetas pasivas. [8]

Otro criterio importante para la elección del lector RFID es el tipo de etiqueta con el que es compatible el lector. Por lo que tenemos disponibles etiquetas activas y pasivas, adicionalmente también se puede elegir entre etiquetas que trabajan en bajas o altas frecuencias. Esto afectará directamente en el costo de la etiquetas. Las etiquetas activas tienen precios más elevados que las pasivas, por otro lado las etiquetas que trabajan en baja frecuencia son más costosas que las que trabajan en altas frecuencias.

Se requiere de un lector RFID que sea capaz de hacer lecturas a una distancia de mínima aproximada de 37 cm, esto debido a que se vio conveniente usar una repisa que está debajo de la ventana del Almacén (donde se realizan los préstamos) para alojar la antena. Según los criterios de elección para la distancia que requerimos podríamos seleccionar un lector que trabaja en baja frecuencia, pero debido a que su rango de lectura es muy limitante y a que las etiquetas que trabajan en baja frecuencia son más costosas, se optó por lectores UHF. Por lo que se va a elegir entre lectores UHF compatibles con etiquetas pasivas.

En la Tabla 3.1 se puede ver las opciones que se tienen disponibles para elegir el lector RFID.



Tabla 3.1 - Características de los Kits de desarrollo RFID. [17] [18]

	 Kimaldi UHF	 Skyetek DKM7	 Skyetek DKM9	 Skyetek DKM10
Especificaciones				
Frecuencia (MHz)	902-928 / 865-868	862-955	862-955	862-955
Máxima potencia (mW)	-	250	500	1000
Protocolos	ISO18000-6B ISO18000-6C EPC GEN2	EPC C1G2; ISO 18000-6C	EPC C1G1, C1G2; ISO 18000-6C, 18000-6A&B	EPC C1G2; ISO 18000-6C
Dimensiones	280mm x 280mm x 70mm	53 x 36 x 9 mm.	66 x 36 x 5 mm.	70 x 42 x 9 mm.
Rango efectivo	Hasta 7 metros	Hasta 1.5 m.	Hasta 3 m.	Hasta 5 m.
Conectividad	WIFI , RJ45	TTL, I2C, SPI, USB	TTL, I2C, SPI, USB	TTL, I2C, SPI, USB
Antena externa		X	X	X
Antena interna	X			
Soporta MUX		X	X	X
Precios (\$)	2,278.66 [15]	1,194.29 [16]	1,377.36 [16]	1,499.03 [16]

Se puede notar que tienen características muy similares, por lo que podría elegirse cualquiera de los cuatro, pues todos satisfacen los requerimientos.

El lector Kimaldi UHF queda descartado debido a su alto costo, incluso cuando solo se trata de un lector y no como en los otros tres, que son kits de desarrollo. Se eligió el kit de desarrollo Skyetek M7 debido a que tiene un rango de lectura que cumple el requerimiento, cuenta con interfaz USB y además tiene un costo reducido frente a los demás.

Debido a que en el laboratorio de Proyectos que dirige el profesor Ángelo Velarde ya se contaba con un kit de desarrollo M10, se vio conveniente usar este kit solo para fines de desarrollo y pruebas en el presente trabajo. No se presenta ningún problema puesto que las etiquetas RFID que usan ambos son compatibles, las API's que se utilizan para el desarrollo del software de administración son las mismas para ambos lectores, las antenas que incluyen ambos kits de desarrollo son la mismas, pues son equipos de la misma marca y básicamente su única diferencia se reduce al rango de lectura que posee cada uno.

Se optó por un kit de desarrollo debido a la ventaja que ofrece de incluir todo lo necesario para poder desarrollar un proyecto, lo cual implica también un mayor costo de los equipos, pero para hacer la implementación definitiva se puede optar por adquirir solo el lector RFID SkyeModule M7, el cual tiene un precio de \$209.59, que es bastante menor a la de un kit.

3.3.1.2. Características del lector elegido.

El kit de desarrollo SkyeModule M7 incluye los siguientes componentes:

- 1 SkyeModule M7.
- 1 Host Interface Board.
- 1 Antena externa UHF.
- 1 Fuente de poder de 9V.
- 1 Cable RS-232.
- 1 Cable USB.
- Kit de etiquetas de muestra SkyeTek.
- SkyeWare 4 (Software para pruebas).
- SkyeAPI: C/.NET (APIS para desarrollar aplicaciones).

La única diferencia entre kit elegido con el kit disponible es el lector. El kit disponible posee un lector SkyeModule M10.

Las características completas están disponibles en el anexo 6.

3.3.1.3. Elección de las etiquetas RFID.

El lector elegido tiene una lista de etiquetas RFID que soportan el protocolo EPC C1G2 / ISO18000-6C. Los siguientes fabricantes de estas etiquetas han sido verificados por SkyeTek: Alien, Atmel, Avery Dennison, Hitachi, Impinj, NXP, Omron, TI. [19]. La lista completa de etiquetas soportadas se encuentra en el anexo 13.

El Kit de desarrollo M7 adquirido incluye un kit de etiquetas RFID de la marca Avery Dennison. Se tienen disponibles las siguientes etiquetas RFID: AD-805, AD-814, AD-826, AD-828, AD-824, AD-223 y AD-224.

Tabla 3.2 – Comparación de Etiquetas RFID UHF. [20]

Etiqueta RFID	Soporta ISO18000-6C	Dimensiones	Chip	Alcance máximo cm. (pruebas)
AD-805	Sí	16x16 mm.	Impinj Monza 3	51.3
AD-814	Sí	22x22 mm.	Impinj Monza 3	56.0
AD-824	Sí	30x50 mm.	Impinj Monza 3	400.3
AD-828	Sí	15x40 mm.	Impinj Monza 3	396.0
AD-826	Sí	30x50 mm.	NXP G2XM	185.0
AD-223	Sí	95x8.15 mm.	Impinj Monza 3	387.7
AD-224	Sí	95x8.15 mm	NXP G2XL	524.7

De la comparación que se muestra en la Tabla 3.2, se podría elegir cualquiera de las etiquetas disponibles que tengan un alcance mayor a 185 cm., las que tengan un menor alcance no, debido a que según el diseño de la ubicación de componentes, la antena y las etiquetas tendrán una distancia mínima de 37 cm., y además la señal deberá traspasar por la plataforma de madera en donde se apoyan los componentes en el área donde se realizan los préstamos de materiales del

almacén, esto hará que la potencia de la señal disminuya y por lo tanto la distancia máxima de alcance de las etiquetas disminuya, es por eso que para asegurar la correcta lectura de las etiquetas RFID se eligió la etiqueta AD-826. En la Figura 3.1 se muestra la etiqueta elegida.

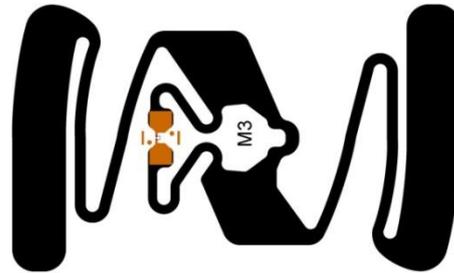


Figura 3.1 – Etiqueta RFID AD-826. [21]

3.3.2. Montaje del sistema.

El lector debe ubicarse en el espacio por donde se retiran y devuelven los materiales del almacén, es decir en la ventana que esta acondicionada para dicho fin. En la Figura 3.2 se puede apreciar una fotografía de la ventana del almacén antes mencionada, la cual cuenta con una plataforma de madera en la que se apoyan los objetos que se van a prestar o devolver.



Figura 3.2 – Fachada del Almacén de Electrónica.

Justo debajo de esa plataforma es donde se va ubicar el lector y la antena RFID. La antena estará a 37 cm. por debajo de la plataforma, esto debido a que se vio conveniente usar una repisa, que está debajo de la misma, para alojar la antena, por lo que una etiqueta RFID como mínimo estará a esta distancia de la antena, podría ser unos centímetros más dependiendo en que parte del material se coloque la etiqueta. En la figura 3.3 se muestra un esquema de ubicación de los componentes del sistema RFID.

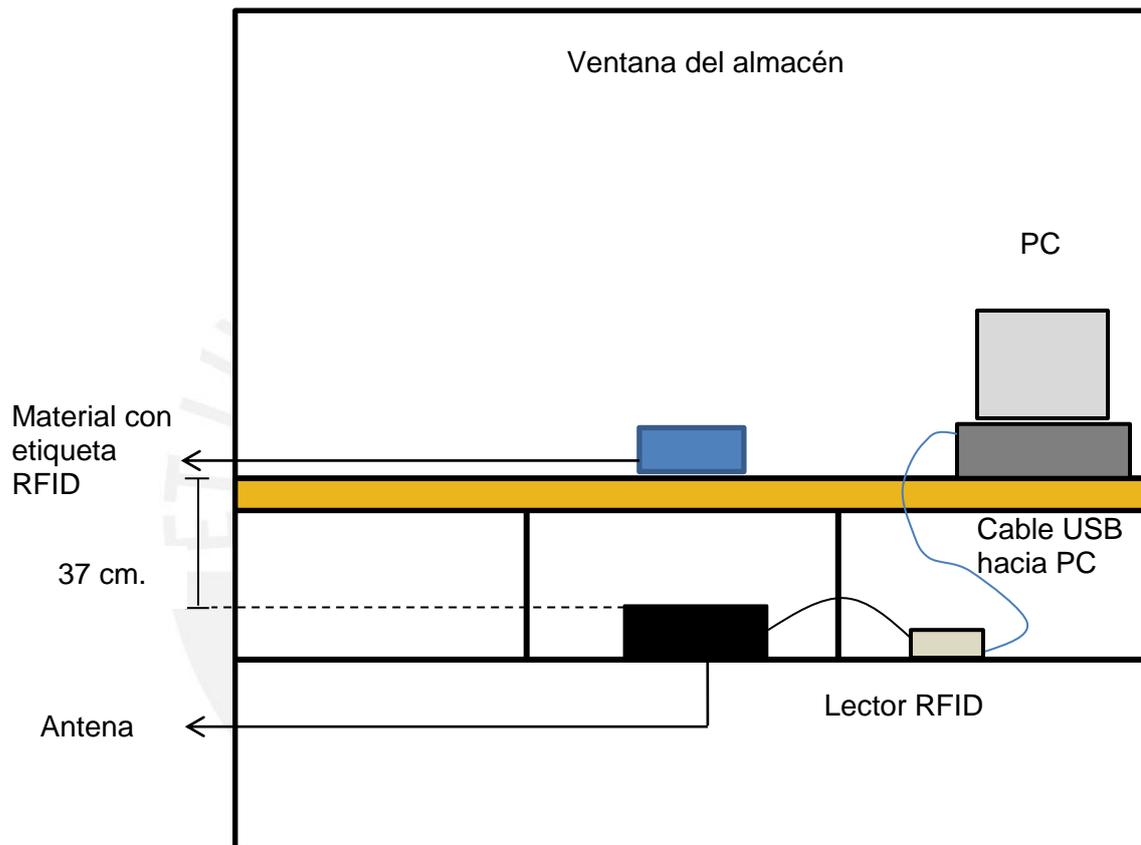


Figura 3.3 – Esquema de ubicación de componentes del Sistema RFID

[Elaboración propia]

Se acondicionará un módulo en el que va estar la computadora a la cual se va conectar el lector RFID y sobre la cual se ejecutará el software de administración. Este módulo debe estar próximo al área de préstamos para que el sistema pueda manejarse de forma cómoda y eficiente.

En la Figura 3.4 se muestra una fotografía donde se ve la ubicación de componentes del sistema. La imagen es sólo referencial.



Figura 3.4 – Ubicación de componentes del sistema (referencial).

Las etiquetas RFID deben colocarse en los objetos de modo que, en su posición de lectura, el plano de las etiquetas quede paralelo a la parte plana de la antena o lo más cercano a esto que se pueda, evitar colocarla de forma que el plano de la etiqueta quede perpendicular al plano de la antena.

Las antenas dipolo, tales como los utilizados en UHF y frecuencias de microondas, operan por señales de punto radiante del transmisor al receptor. Esto, además de las longitudes de onda relativamente cortas de alta frecuencia de UHF y señales de microondas, da lugar a pequeñas ondulaciones en la zona de lectura del lector UHF o microondas, de modo que la señal no será uniforme desde un extremo de una zona de lectura a la otra e incluso disminuye a cero en algunos puntos, creando "nulos", o espacios invisibles. Las etiquetas RFID colocadas en estos puntos nulos son pasadas efectivamente como invisibles para un interrogador de RF, lo que obviamente puede causar problemas en UHF y sistemas de microondas.

Los espacios nulos también pueden producirse a partir de la desintonización de etiquetas, que ocurre cuando dos etiquetas se colocan muy cerca el uno al otro o

en estrecha proximidad a los líquidos, metales y otros materiales con una permitividad dieléctrica elevada.

UHF y sistemas de microondas son más sensibles a las diferencias en la orientación de la antena como se muestra en la Figura 3.5. Las antenas dipolo tienen una ganancia directiva más alta y diferencias significativas en la intensidad de campo a una determinada distancia que existirá entre puntos delante y por encima del dipolo. [8]

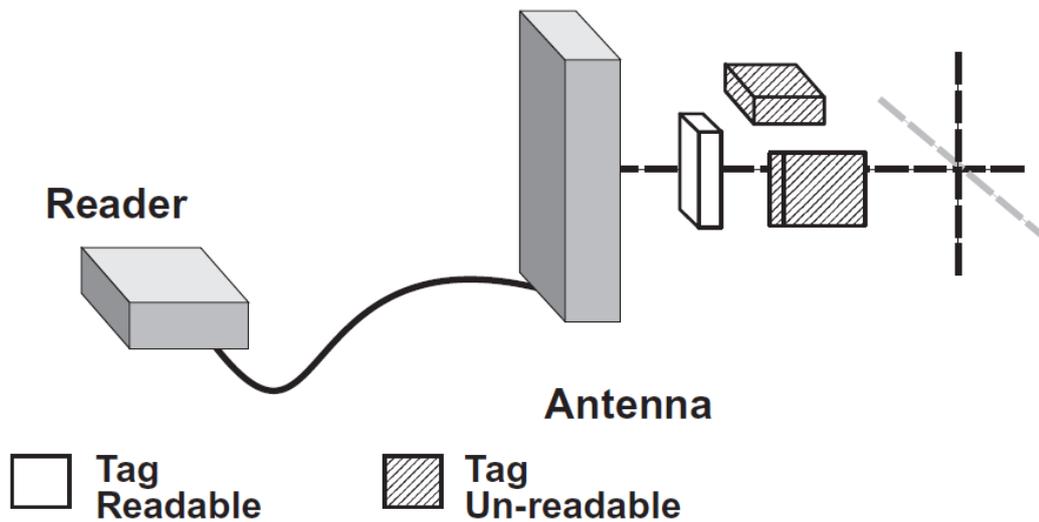


Figura 3.5 – Problemas de orientación de etiquetas. [8]

Se han hecho pruebas colocando etiquetas en distintas posiciones y no se han obtenidos lecturas cuando las etiquetas se posicionan como se muestran en la figura 3.5, en las demás posiciones, las lecturas son exitosas.

3.3.3. Diseño del Software de Administración.

Se requiere desarrollar una interfaz gráfica que permita gestionar el almacén, se debería tener la posibilidad de autenticarse al ingresar, agregar o editar elementos del inventario, agregar o editar las personas habilitadas para acceder a un préstamo, registrar los préstamos y devoluciones por usuario, mostrar reporte de préstamos y devoluciones, mostrar un registro del inventario y gestionar las cuentas de acceso al sistema.

El software de administración se desarrolló en lenguaje Visual C#.NET usando la interfaz de programación de aplicaciones Visual Studio 2008. Para poder capturar el código de las etiquetas se usó: The Skyetek .Net API, el cual es una sencilla interfaz orientada a objetos que permite utilizar la multiplataforma, independiente del lenguaje .Net Framework en una computadora. Esta API se incluía en el kit de desarrollo. [22]

La base de datos está desarrollada en Microsoft Access 2002-2003, debido a la facilidad de futuras modificaciones que se pueda hacer en ella, pues el encargado del Almacén conoce del manejo de base de datos en Microsoft Access.

3.3.3.1. Captura de códigos RFID.

Para explicar el procedimiento de captura de códigos RFID se usará un diagrama de flujo, el cual se muestra en la figura 3.6.

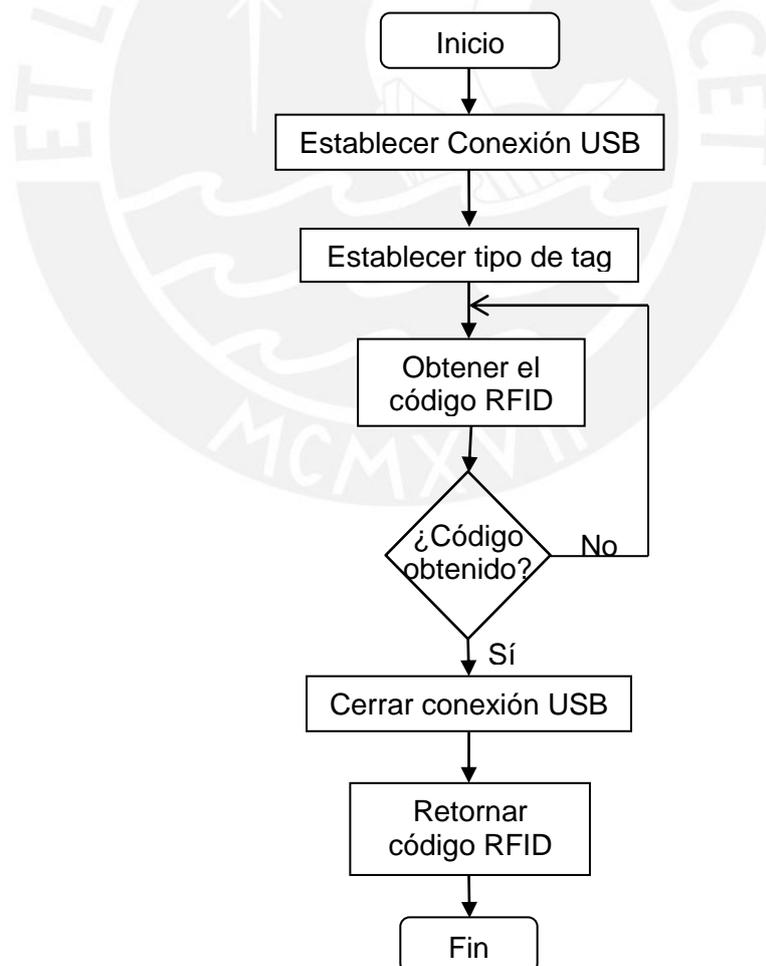


Figura 3.6 – Diagrama de flujo de la obtención del código RFID de una etiqueta.

3.3.3.2. Acceso al sistema.

Es la primera ventana que se muestra apenas se ingresa al sistema de administración de inventario. En esta parte el software solicita un usuario y contraseña para poder ingresar al sistema. Dependiendo del tipo de cuenta que se ingrese serán asignados los permisos sobre el sistema, existen dos tipos de cuenta, los de tipo administrador y los de tipo usuario. Las cuentas tipo administrador pueden tener acceso a todo el sistema, tienen permiso para: Agregar, quitar y/o modificar materiales de la base de datos; agregar, quitar y/o modificar la lista de personas, que están habilitadas para acceder a un préstamo, de la base de datos; y agregar, quitar y/o modificar las cuentas que tiene registrado el sistema. Las cuentas de tipo usuario son cuentas limitadas, solo tienen permiso para: Gestionar préstamos y devoluciones; acceder al reporte de préstamos y devoluciones; y acceder al reporte de materiales.

En la figura 3.7 se muestra la ventana en la que se solicita la autenticación del usuario para poder acceder al sistema.

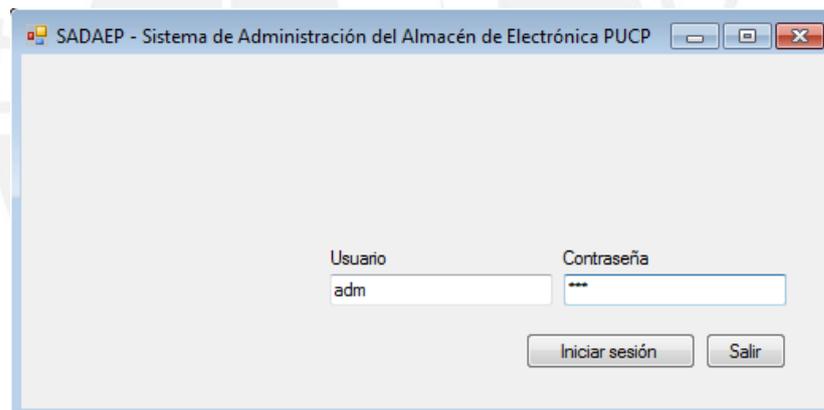


Figura 3.7 – Acceso al sistema.

3.3.3.3. Menú principal.

En esta ventana se muestra el menú principal, aquí se puede ver todas las opciones a la que tiene acceso un usuario con cuenta tipo administrador. En la figura 3.8 se muestra el menú principal.

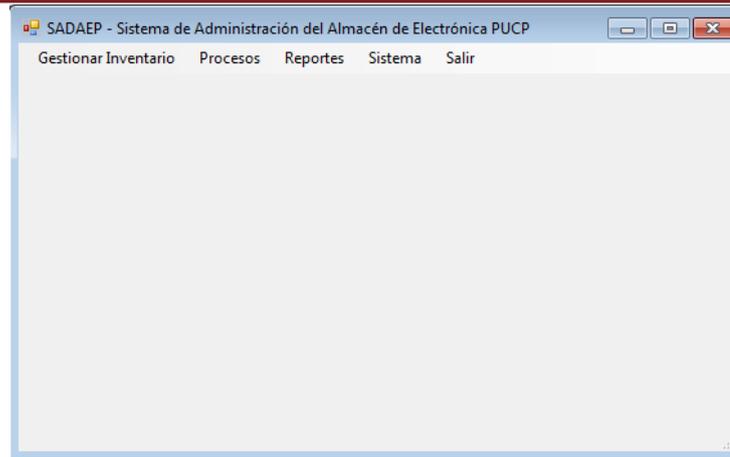


Figura 3.8 – Menú principal del SADAEP.

3.3.3.4. Registro de materiales.

Se encuentra dentro de la pestaña “Gestionar Inventario”, en esta ventana se puede agregar, quitar, modificar los materiales del almacén y lo más importante es aquí donde se le asigna un código RFID al material. Presenta los siguientes campos: Código, nombre o descripción, marca, modelo, serie, código RFID, estado actual y observación. El campo de estado actual tiene dos posible valores: Disponible y no disponible, esta opción puede usarse en caso el material esté averiado y no pueda ser asignado en préstamo. Para asignar un código RFID a un material basta con presionar el botón “Capturar” y pasar el material, que tiene la etiqueta adherida a él, por el área de lectura, en cuanto el lector obtenga el código, este campo será llenado en forma automática.

En la figura 3.9 se muestra el menú de registro de materiales.

Registro

Código: INSBIO000043 Nombre / Descripción: OSCILOSCOPIO DIGITAL 60 MHZ Marca: TEKTRONIK

Modelo: TDS1002 Serie: C071238

Código RFID: AD8915004CDC21851C000037

Estado actual: Observación:

Figura 3.9 – Registro de materiales.

Para poder editar un material ya creado se usa la opción “Buscar”, que posee dos filtros de búsqueda: Por nombre o descripción y por serie. En la figura 3.10 se muestra esta opción.

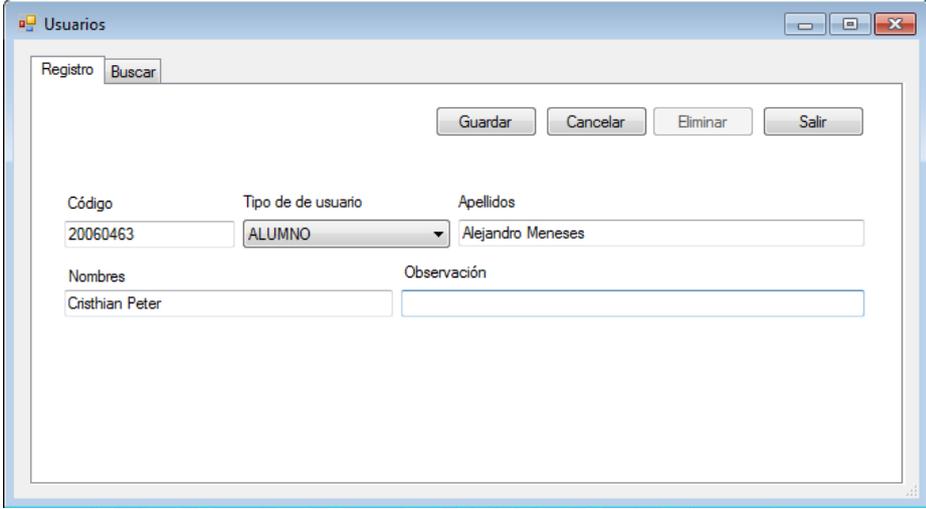
CODIGO	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	SERIE
INSEL0000370	ADAPTADOR DE MONT...	PRINZ	115-43	42832
INSEL0000417	AMPERIMETRO 0.6A A 6A	GANZ	HLA-2	99437
INSCO0000024	AMPLIFICADOR DE SER...	SERVO SYSTEMS	9608	30A20ACT
INSTL0000051	ANALIZADOR	TEKTRONIX	2712	B011428
INSTL0000042	ANALIZADOR DE ESPEC...	AGILENT	86140B	US40460960
INSEL0000386	ANALIZADOR DE REDES	CIRCUTOR	AR5	259903147
INSEL0000389	ANALIZADOR DE REDES...			259815249
INSEL0000384	ANALIZADOR DE REDES...	FLUKE	682	6870213
INSBIO0000033	ANALIZADOR DE SEGUR...	BIOTEK	601PRO	129433
INSBIO0000046	ANALIZADOR DE SEGUR...	FLUKE	ESA620	1539002
INSBIO0000047	ANALIZADOR DE SEGUR...	FLUKE	ESA620	1785038
INSET0000594	ANALIZADOR LOGICO	HEWLETT PACK...	1664A	US36500562
INSET0000110	BORRADOR DE EPROM	BYTEK	BUV-3A	6209
MATCO0000009	CABLE TYPE-XZ LENGT...	NATIONAL	763061-02	951027
INSCO0000031	CALIBRADOR DE PROCE...	FLUKE	725	74200019
INSEL0000387	CALIBRADOR DE PROCE...	FLUKE	725	7350004

Figura 3.10 – Búsqueda de materiales.

3.3.3.5. Registro de usuarios.

Este menú se encuentra en la pestaña “Gestionar Inventario”, en esta parte se puede agregar, editar y/o modificar los usuarios que pueden acceder aun préstamo en el almacén. Posee los siguientes campos: Código, tipo de usuario, apellidos, nombres y observación. En el campo “Tipo de usuario” existen dos posibles opciones: Alumno y profesor.

En la figura 3.11 se muestra el menú de registro de usuarios.



The screenshot shows a window titled "Usuarios" with two tabs: "Registro" (selected) and "Buscar". At the top right of the window are standard window controls (minimize, maximize, close). Below the tabs are four buttons: "Guardar", "Cancelar", "Eliminar", and "Salir". The form contains the following fields:

Código	Tipo de de usuario	Apellidos
20060463	ALUMNO	Alejandro Meneses
Nombres	Observación	
Cristhian Peter		

Figura 3.11 – Registro de usuarios

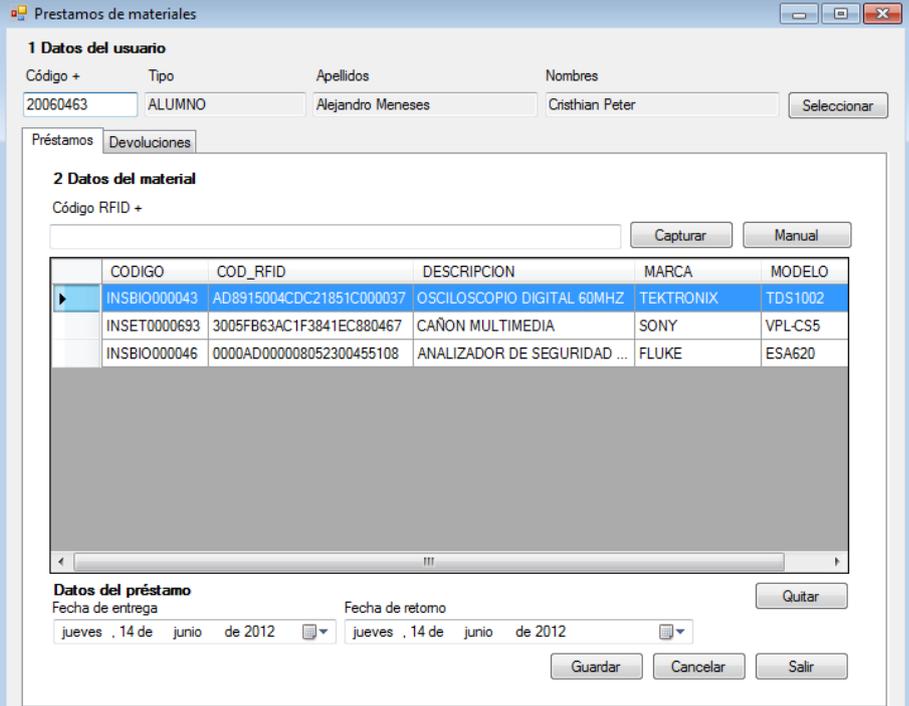
La opción “Buscar” permite realizar búsqueda de usuarios, en caso se desee editar se puede hacer haciendo doble clic sobre el usuario que se quiere editar. En la figura 3.12 se muestra este menú.



Figura 3.12 – Búsqueda de usuarios

3.3.3.6. Préstamos y devoluciones.

Este menú se encuentra en la pestaña “Procesos”, es aquí donde se gestionan los préstamos y las devoluciones. Se debe ingresar el código de un alumno registrado anteriormente o se puede seleccionar uno de lista usando el botón “Seleccionar”. Para agregar un material a lista de préstamos del usuario basta con presionar el botón “Capturar” y acercar el material al área de lectura, en cuanto el lector obtenga el código de la etiqueta, el material asociado a ese código se agregará a la lista de préstamos, se sigue el mismo proceso para agregar los materiales que se desee. Existe el modo de agregar un préstamo de forma manual, para esto se debe usar el botón “Manual” y seleccionar un material de la lista. En la figura 3.13 se muestra el menú de préstamos.



1 Datos del usuario

Código + Tipo Apellidos Nombres

20060463 ALUMNO Alejandro Meneses Cnsthian Peter Seleccionar

Préstamos Devoluciones

2 Datos del material

Código RFID + Capturar Manual

	CODIGO	COD_RFID	DESCRIPCION	MARCA	MODELO
▶	INSBIO00043	AD8915004CDC21851CD00037	OSCILOSCOPIO DIGITAL 60MHZ	TEKTRONIX	TDS1002
	INSET0000693	3005FB63AC1F3841EC880467	CAÑON MULTIMEDIA	SONY	VPL-CS5
	INSBIO00046	0000AD000008052300455108	ANALIZADOR DE SEGURIDAD ...	FLUKE	ESA620

Datos del préstamo

Fecha de entrega Fecha de retorno Quitar

jueves, 14 de junio de 2012 jueves, 14 de junio de 2012

Guardar Cancelar Salir

Figura 3.13 – Menú de préstamos.

Para realizar el proceso de devolución, antes se debe ingresar el código de usuario de la misma forma que para los préstamos, después se debe presionar el botón “Capturar” y acercar el material al área de lectura, en cuanto el lector obtenga el código de la etiqueta, el material asociado a ese código se quitará de la lista de préstamos del usuario, se sigue el mismo procedimiento para los demás materiales que se quiera devolver. Es posible realizar el proceso de devolución de forma manual, para esto se debe presionar el botón “Manual” y seleccionar de la lista el material a devolver. En la figura 3.14 se muestra el menú de devoluciones.

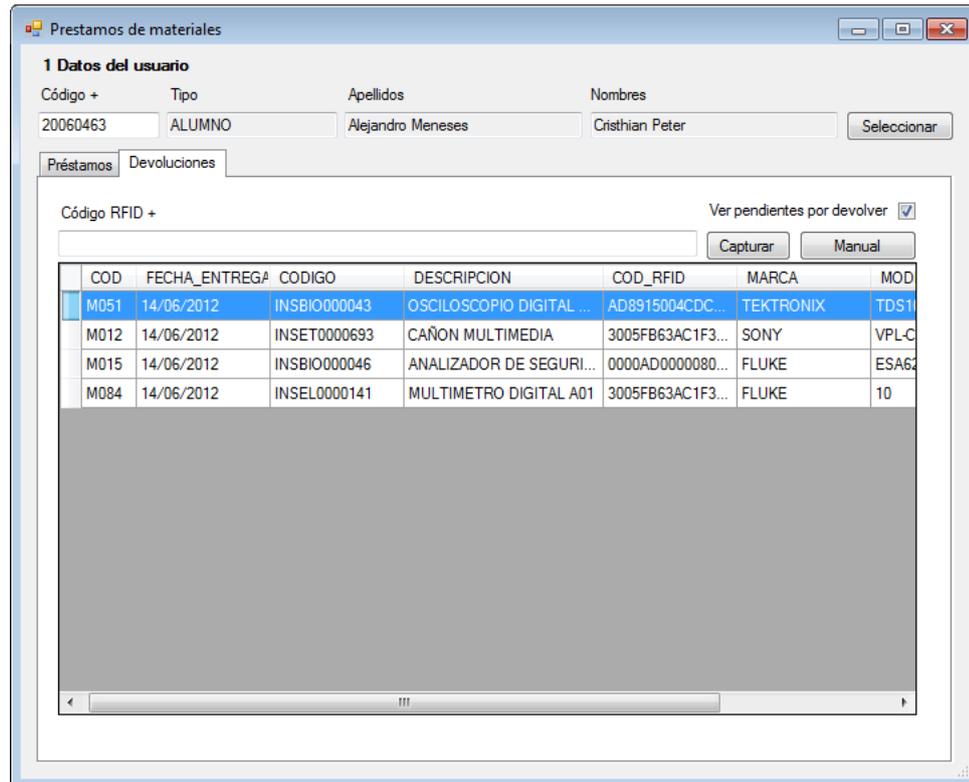
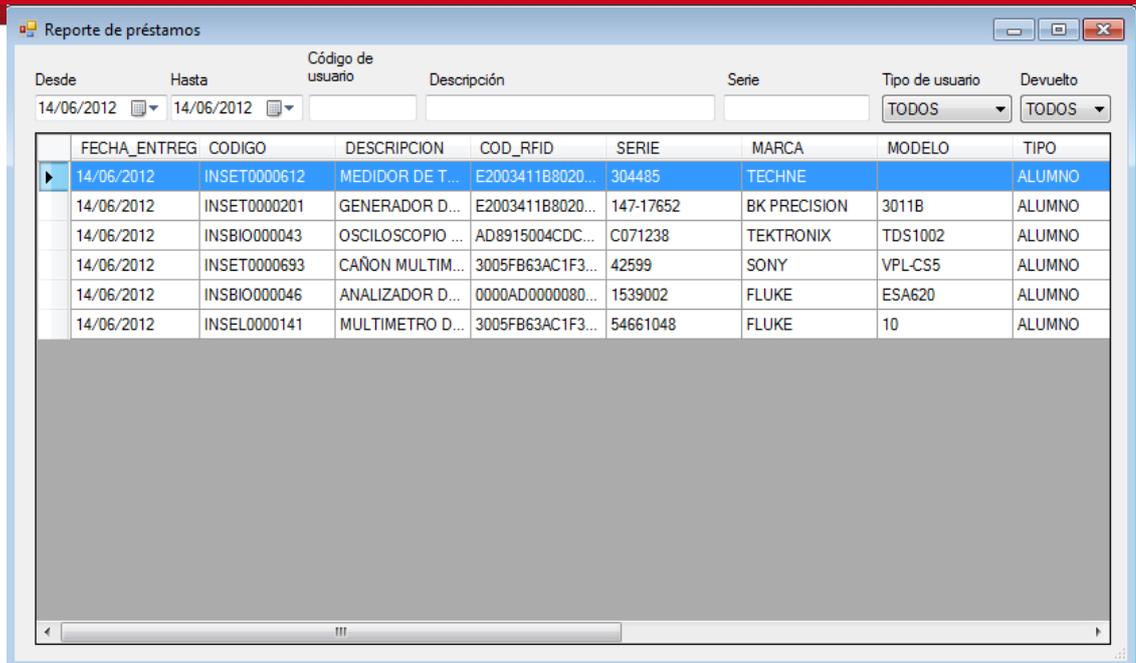


Figura 3.14 – Menú de devoluciones.

3.3.3.7. Reportes.

El software de administración permite realizar tres tipos de reporte: Reporte de préstamos, de devoluciones y de materiales.

El reporte de préstamos muestra la lista de materiales que se han prestado o que están pendientes de devolución, se puede filtrar por: Rango de fechas, código de usuario, descripción, serie, tipo de usuario (alumno o profesor) y por si el material ha sido devuelto o no. En la figura 3.15 se muestra la ventana de reporte de préstamos.



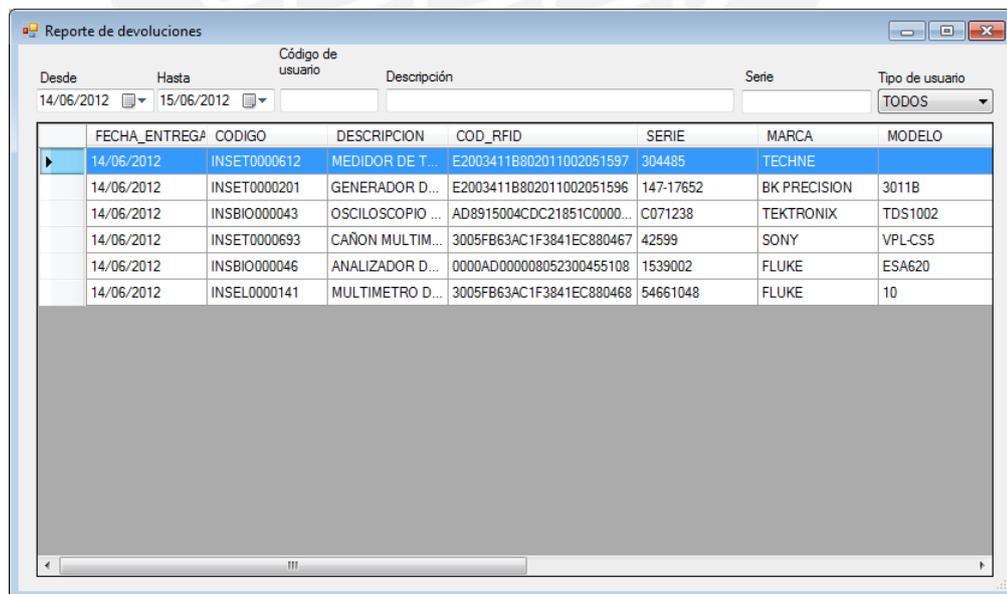
Reporte de préstamos

Desde: 14/06/2012 Hasta: 14/06/2012 Código de usuario: Descripción: Serie: Tipo de usuario: TODOS Devuelto: TODOS

FECHA_ENTREGA	CODIGO	DESCRIPCION	COD_RFID	SERIE	MARCA	MODELO	TIPO
14/06/2012	INSET0000612	MEDIDOR DE T...	E2003411B8020...	304485	TECHNE		ALUMNO
14/06/2012	INSET0000201	GENERADOR D...	E2003411B8020...	147-17652	BK PRECISION	3011B	ALUMNO
14/06/2012	INSBIO000043	OSCILOSCOPIO ...	AD8915004CDC...	C071238	TEKTRONIX	TDS1002	ALUMNO
14/06/2012	INSET0000693	CAÑON MULTIM...	3005FB63AC1F3...	42599	SONY	VPL-CS5	ALUMNO
14/06/2012	INSBIO000046	ANALIZADOR D...	0000AD0000080...	1539002	FLUKE	ESA620	ALUMNO
14/06/2012	INSEL0000141	MULTIMETRO D...	3005FB63AC1F3...	54661048	FLUKE	10	ALUMNO

Figura 3.15 – Reporte de préstamos.

El reporte de devoluciones muestra la lista de materiales que están pendientes de devolución, se puede filtrar por: Rango de fechas, código de usuario, descripción, serie y tipo de usuario (alumno o profesor). En la figura 3.16 se muestra la ventana de reporte de devoluciones.



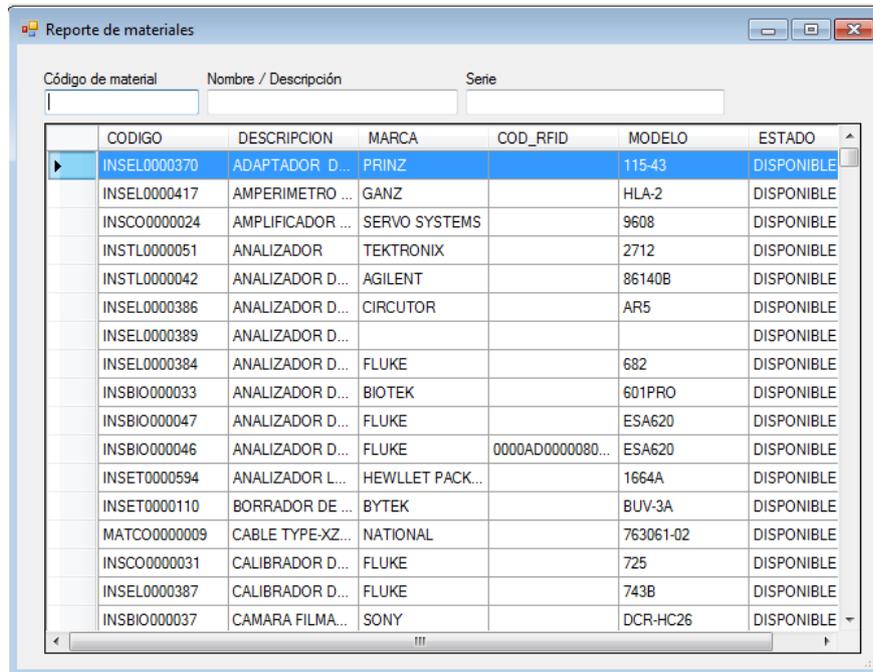
Reporte de devoluciones

Desde: 14/06/2012 Hasta: 15/06/2012 Código de usuario: Descripción: Serie: Tipo de usuario: TODOS

FECHA_ENTREGA	CODIGO	DESCRIPCION	COD_RFID	SERIE	MARCA	MODELO	TIPO
14/06/2012	INSET0000612	MEDIDOR DE T...	E2003411B802011002051597	304485	TECHNE		ALUMNO
14/06/2012	INSET0000201	GENERADOR D...	E2003411B802011002051596	147-17652	BK PRECISION	3011B	ALUMNO
14/06/2012	INSBIO000043	OSCILOSCOPIO ...	AD8915004CDC21851C0000...	C071238	TEKTRONIX	TDS1002	ALUMNO
14/06/2012	INSET0000693	CAÑON MULTIM...	3005FB63AC1F3841EC880467	42599	SONY	VPL-CS5	ALUMNO
14/06/2012	INSBIO000046	ANALIZADOR D...	0000AD000008052300455108	1539002	FLUKE	ESA620	ALUMNO
14/06/2012	INSEL0000141	MULTIMETRO D...	3005FB63AC1F3841EC880468	54661048	FLUKE	10	ALUMNO

Figura 3.16 – Reporte de devoluciones.

El reporte de materiales muestra la lista de materiales que existen en el almacén en el momento que se hace la consulta, estos pueden ser filtrados por: Código del material, nombre o descripción y serie. En la figura 3.17 se muestra la ventana de reporte de materiales.



Código de material	Nombre / Descripción	Serie			
CODIGO	DESCRIPCION	MARCA	COD_RFID	MODELO	ESTADO
INSEL0000370	ADAPTADOR D...	PRINZ		115-43	DISPONIBLE
INSEL0000417	AMPERIMETRO ...	GANZ		HLA-2	DISPONIBLE
INSCO0000024	AMPLIFICADOR ...	SERVO SYSTEMS		9608	DISPONIBLE
INSTL0000051	ANALIZADOR	TEKTRONIX		2712	DISPONIBLE
INSTL0000042	ANALIZADOR D...	AGILENT		86140B	DISPONIBLE
INSEL0000386	ANALIZADOR D...	CIRCUTOR		AR5	DISPONIBLE
INSEL0000389	ANALIZADOR D...				DISPONIBLE
INSEL0000384	ANALIZADOR D...	FLUKE		682	DISPONIBLE
INSBIO000033	ANALIZADOR D...	BIOTEK		601PRO	DISPONIBLE
INSBIO000047	ANALIZADOR D...	FLUKE		ESA620	DISPONIBLE
INSBIO000046	ANALIZADOR D...	FLUKE	0000AD0000080...	ESA620	DISPONIBLE
INSET0000594	ANALIZADOR L...	HEWLLET PACK...		1664A	DISPONIBLE
INSET0000110	BORRADOR DE ...	BYTEK		BUV-3A	DISPONIBLE
MATCO0000009	CABLE TYPE-XZ...	NATIONAL		763061-02	DISPONIBLE
INSCO0000031	CALIBRADOR D...	FLUKE		725	DISPONIBLE
INSEL0000387	CALIBRADOR D...	FLUKE		743B	DISPONIBLE
INSBIO000037	CAMARA FILMA...	SONY		DCR-HC26	DISPONIBLE

Figura 3.17 – Reporte de materiales.

3.3.3.8. Permisos de administración del sistema.

En esta ventana se crean, eliminan y/o editan las cuentas de administración del sistema, para tener acceso a este menú se debe haberse autenticado con una cuenta de administrador. Al momento de crear una cuenta se puede elegir entre dos tipos de cuenta: administrador y usuario, los permisos que tienen cada uno de ellos ya se explicaron antes. En la figura 3.18 se muestra el menú de permisos de administración.

Permisos de administración

Tipo de de usuario: ADMINISTRADOR
 Apellidos: Alejandro Meneses
 Nombres: Cristhian Peter
 Nombre de usuario: cristhian
 Contraseña: ***
 Repetir contraseña: ***

	TIPO	APELLIDOS	NOMBRES	USUARIO
▶	USUARIO	Alfaro	Javier	javier
	ADMINISTRADOR	Yupanqui	Carlos	carlos

Figura 3.18 – Permisos de administración del sistema.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS FINALES

En el presente capítulo se explicarán las pruebas que se realizaron y se analizarán los resultados obtenidos, se iniciará con unas pruebas del kit RFID para comprobar su correcto funcionamiento; después se realizarán pruebas del sistema integral, que incluyen pruebas de rango de alcance, área de lectura, tipos de materiales y posición de la etiqueta sobre los objetos; y finalmente se hará un presupuesto del proyecto.

4.1. Pruebas con el kit RFID

Estas pruebas se realizaron para comprobar el correcto funcionamiento del kit RFID que se dispone, para lo cual se usó lo siguiente:

- Lector RFID SkyeModule M10.
- Skyeware 4, software demostrativo que está incluido en el kit para fines de pruebas
- Etiquetas RFID Avery Dennison modelos: AD-805, AD-814, AD-826, AD-828, AD-824, AD-223, AD-224.
- Antena UHF.

Todas las etiquetas pudieron ser leídas usando el Skyeware 4. En la tabla 4.1 se muestra las etiquetas y sus respectivos códigos obtenidos.

Tabla 4.1 – Etiquetas y sus códigos RFID. [Elaboración propia]

Modelo de etiqueta	Código RFID
AD-805	0000AD000008052300455108
AD-814	AD8927004934CDFD25000095
AD-824	AD8915004CDC21851C000037
AD-828	AD8C09001545EF93180000F8
AD-826	3005FB63AC1F3841EC880467
AD-223	AD890B00B8827A00000000E3
AD-224	3005FB63AC1F3841EC880468

En la figura 4.1 se muestra la lectura de una etiqueta con el uso del software Skyeware 4.

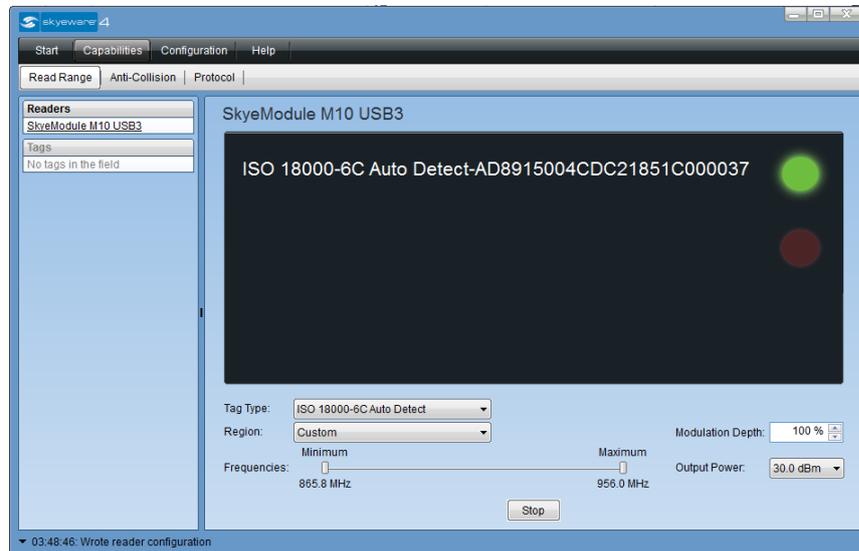


Figura 4.1 – Lectura de etiqueta RFID con Skyeware 4.

4.2. Pruebas del sistema integral RFID.

Estas pruebas se realizaron usando el kit de RFID disponible y el software de administración desarrollado en la presente tesis.

4.2.1. Rango de lectura.

Esta prueba consiste en medir la distancia máxima a la que se puede leer una etiqueta RFID. Estas pruebas se realizaron en los ambientes del Almacén de Electrónica, a fin de tener los resultados en el mismo lugar en donde está pensado el diseño. En la figura 4.2 se muestra el esquema de las pruebas realizadas.

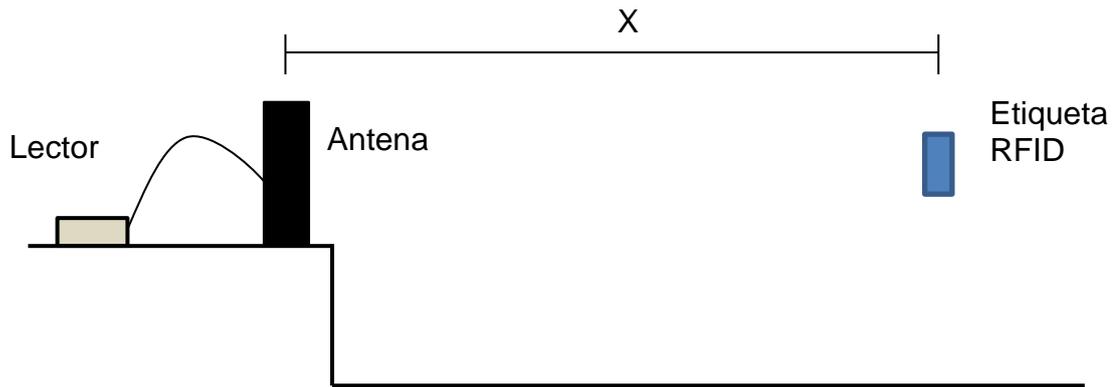


Figura 4.2 – Esquema de pruebas de rango de lectura. [Elaboración propia]

En la tabla 4.2 se muestran las distancias máximas de lectura para cada modelo de etiqueta.

Tabla 4.2 – Distancia máxima de lectura de etiquetas RFID. [Elaboración propia]

Modelo de etiqueta	Alcance máximo X (cm.)			
	1ra	2da	3ra	Promedio
AD-805	53	50	51	51.3
AD-814	58	56	54	56.0
AD-824	394	408	399	400.3
AD-828	391	400	397	396.0
AD-826	183	188	184	185.0
AD-223	388	385	390	387.7
AD-224	521	528	525	524.7

La diferencia entre los alcances máximos de las etiquetas, a pesar que se utiliza el mismo lector y en la misma configuración se debe a que cada etiqueta posee una antena diferente y cada antena posee una ganancia distinta, por lo que las etiquetas que pueden leerse a distancias mayores es porque tienen antenas de mayor ganancia. El lector RFID puede tener la potencia de hacer llegar la señal hasta la etiqueta, pero si ésta no posee la ganancia suficiente como para generar la potencia necesaria para enviar la información requerida al lector pues la lectura no es exitosa.

4.2.2. Área de lectura.

Esta prueba consiste en medir la máxima distancia horizontal X (cm) en que se puede realizar una lectura exitosa. Para las pruebas se utilizó un módulo digital con un tag pegado en la parte inferior de este. A continuación, en la figura 4.3 se muestra el esquema de las pruebas que se realizó.

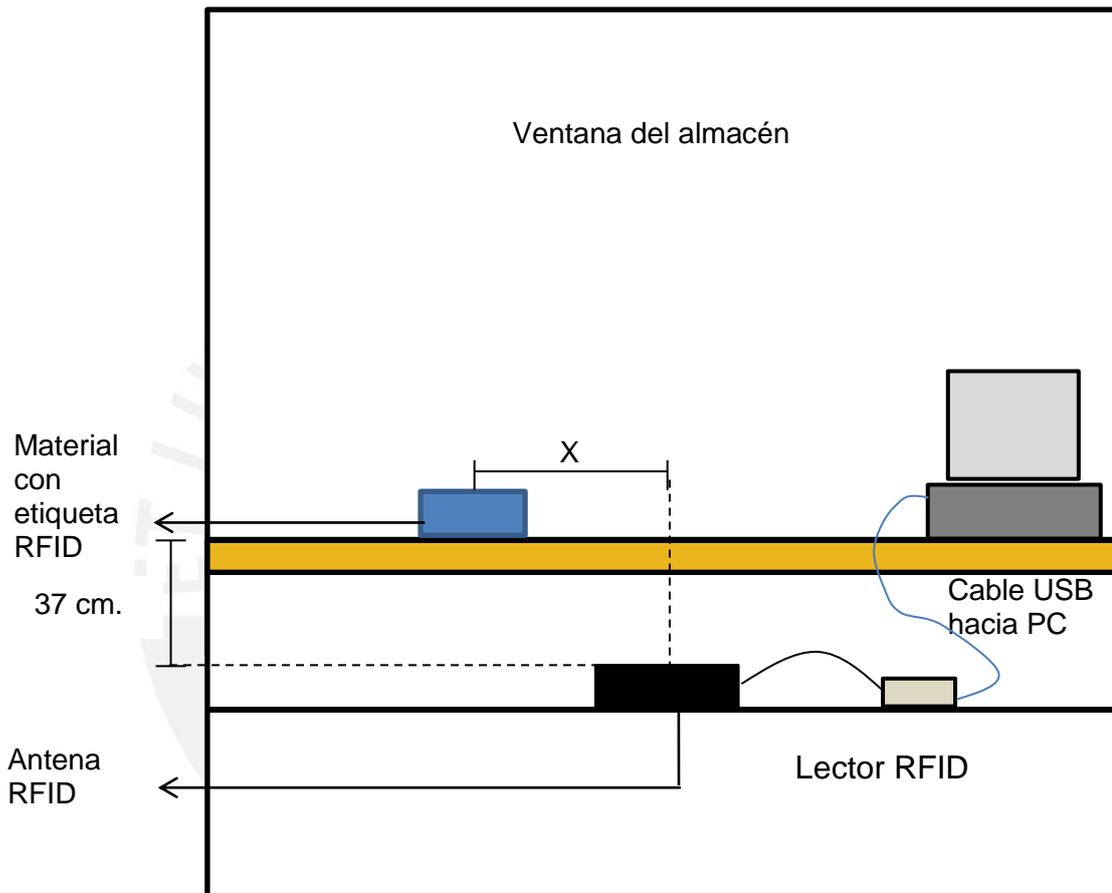


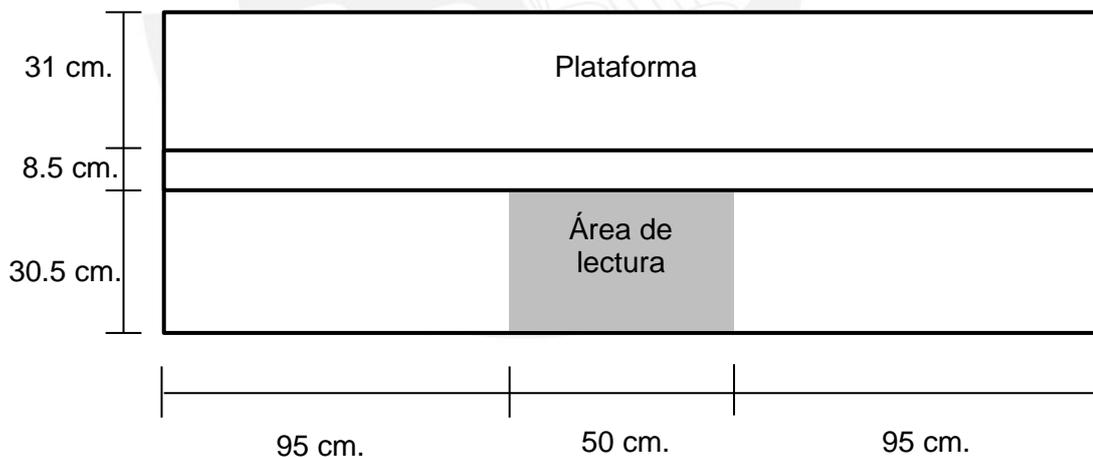
Figura 4.3 – Esquema de pruebas de rango de lectura horizontal. [Elaboración propia]

En la tabla 4.3 se muestran las distancias X medidas en las pruebas.

Tabla 4.3 – Distancia máxima horizontal de lectura. [Elaboración propia]

Modelo de etiqueta	Distancia X (cm.)			
	1ra	2da	3ra	Promedio
AD-805	12	11	13	12.0
AD-814	13	12	15	13.3
AD-824	33	30	35	32.7
AD-828	28	31	29	29.3
AD-826	28	23	24	25.0
AD-223	24	21	23	22.7
AD-224	28	32	30	30.0

Del resultado de las pruebas podemos determinar el área de lectura, dado que se ha decidido utilizar la etiqueta AD-826, el área de lectura tendría un ancho de 50 cm, el largo queda determinado por el borde de la plataforma (30.5 cm.). A continuación, en la figura 4.4 se muestra un diagrama que en el que se ve el área de lectura en la plataforma, donde se apoyan los objetos que se van a prestar.


Figura 4.4 – Área de lectura. [Elaboración propia]

4.2.3. Tipos de materiales.

Esta prueba consiste en probar las etiquetas pegadas a algunos de los materiales más usados en el almacén, las pruebas se hicieron con: Un osciloscopio, un multímetro y un módulo digital.

Las pruebas con el osciloscopio se efectuaron con éxito, se pudo efectuar la lectura sin problemas. En la figura 4.5 se muestra el resultado de la lectura en el software de administración.

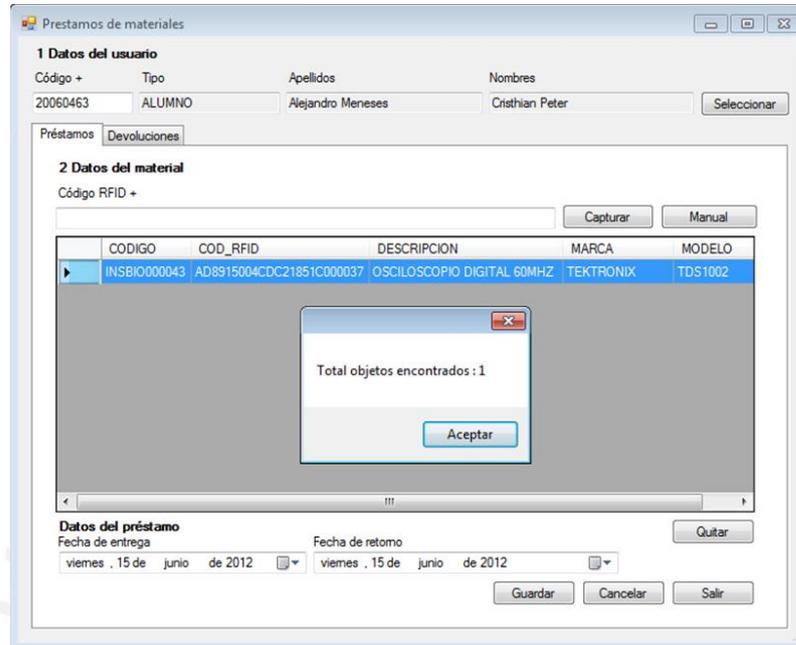


Figura 4.5 – Lectura de etiqueta RFID en osciloscopio.

En la figura 4.6 se muestra el osciloscopio usado, la etiqueta RFID se encuentra pegada debajo de este.



Figura 4.6 – Osciloscopio usado en las pruebas.

En cuanto a las pruebas con el multímetro las pruebas no fueron exitosas. En la figuras 4.7 se muestra el multímetro utilizado, la etiqueta RFID está pegada detrás de este.



Figura 4.7 – Multímetro usado en las pruebas.

Se sabe que estas etiquetas no funcionan adecuadamente cuando están sobre superficies de metal o cuando están muy próximas a estas. Entonces cuando se averiguó sobre el multímetro se notó que este tenía una platina de metal pegada a la carcasa y era por esta razón que no se podía efectuar con éxito la lectura. La solución a este problema es usar la etiqueta en forma de llavero y no pegada al multímetro sino colgada de este, para esto la etiqueta debe colocarse dentro de una mica o sobre una material plástico plano, que sirva a modo de llavero, y ser colgada mediante un cordón o hilo al multímetro. Esta es la solución que se debe aplicar para cualquier material de metal o que sea irregular y no pueda adherirse a este una etiqueta RFID.

Otra solución al problema es comprar tags RFID en forma de llaveros de modo que se puedan colgar de los equipos de metal y no estar adheridos a estos. Un tag de este tipo es la de la marca Sunbestfid. En la figura 4.8 se muestra el tag llavero de Sunbestfid.



Figura 4.8 – Tag llavero RFID. [23]

Además se pueden usar tags especialmente diseñados para trabajar sobre metales, como el tag Data Trak de Xerafy, esta solución es mucho más cara que las dos anteriores. En la figura 4.9 se muestra el mencionado tag.



Figura 4.9 – Tag para metal Data Trak de Xerafy. [24]

Las pruebas con el módulo digital que se hicieron también resultaron exitosas. En figura 4.8 se muestra el resultado de la lectura en el software de administración.

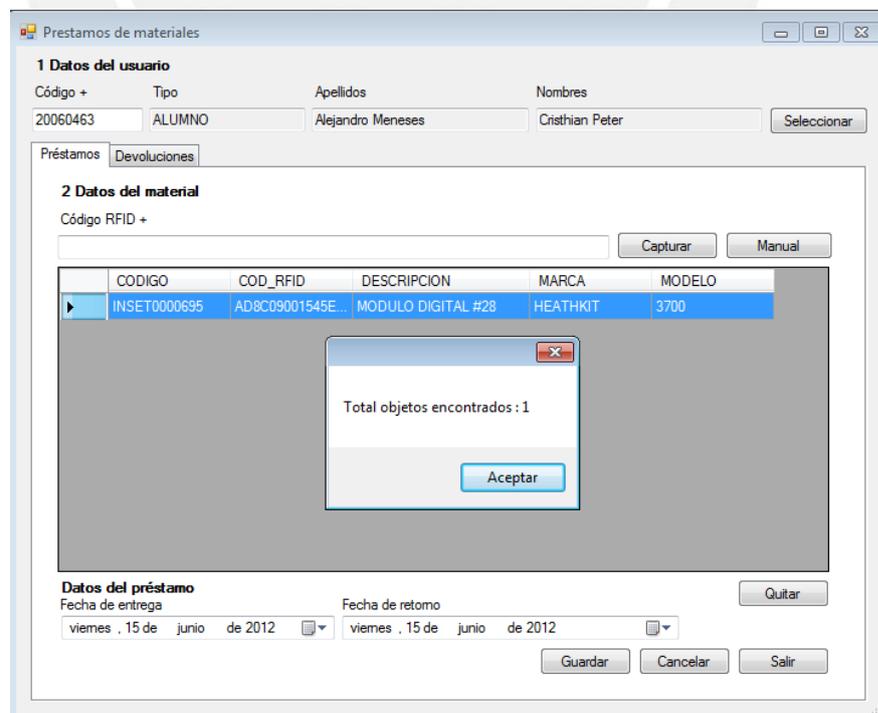


Figura 4.10 – Lectura de etiqueta RFID en el módulo digital.

En la figura 4.9 se muestra el módulo digital usado, la etiqueta RFID se encuentra pegada debajo de este.



Figura 4.11 – Módulo digital usado en las pruebas.

En general las lecturas se efectuarán con éxito siempre y cuando la superficie donde se pegue la etiqueta RFID no sea de metal, en otras superficies funciona normalmente. La solución para usar las etiquetas en este tipo de materiales es usar las etiquetas fuera de la superficie del material, como se explicó antes, a modo de llavero colgante. Por otro lado se recomienda pegar las etiquetas de modo que el plano de estas quede paralelo al plano de la antena, es decir en la base de los objetos.

4.2.4. Posición de etiquetas.

Estas pruebas consisten en poner las etiquetas en varias posiciones para determinar en que posiciones no se efectúa las lecturas. Una vez realizadas las pruebas se determinó que es posible leer el tag en cualquier posición que se encuentre, a menos que el plano de la etiqueta sea perpendicular al plano de la antena, solo en esa posición no ha sido posible efectuar la lectura. Esto comprueba lo mencionado en el capítulo 3, en la sección 3.3.2. Montaje de sistema, en la parte en la que se aborda los problemas de orientación de la etiqueta. A continuación en

la figura 4.10 se muestra la posición de la etiqueta en la que no se pudo hacer la lectura.



Figura 4.12 – Posición de etiqueta en lectura no exitosa.

En general, la mayoría de objetos en el almacén tienen forma de un paralelepípedo, como se muestra en la figura 4.11, por lo que sólo se tiene 2 posibles posiciones para colocar las etiquetas y que estas estén en condiciones de ser leídas. Si se coloca la etiqueta en las caras B, C o en sus caras opuestas, la lectura no se lleva a cabo, debido a los problemas antes explicados. Por otro lado se puede colocar la etiqueta en la cara A o en la cara opuesta (base del paralelepípedo), si se coloca la etiqueta en la cara A, existe la posibilidad de que no se efectúe la lectura, debido a que este objeto puede contener metal en su interior, por lo que la posición óptima para colocar una etiqueta es en la base de los objetos.

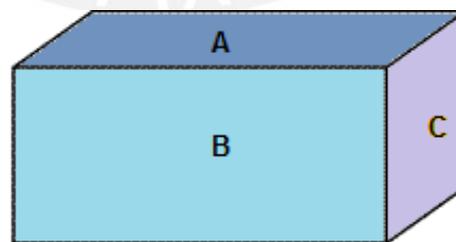


Figura 4.13 – Representación de un objeto del Almacén. [Elaboración propia]

4.3 Presupuesto.

Se ha elaborado un presupuesto en base a los precios obtenido de páginas web, a las averiguaciones que se hizo por correo a empresas que venden los productos y en base a criterio propio, para los precios de trabajos de diseño, desarrollo del software e implementación del sistema.

La cantidad de etiquetas requeridas para el Almacén es de 480 pero las etiquetas normalmente se venden por rollos, los cuales trae entre 4000 a 5000 etiquetas. Se contacto con un representante de la empresa Avery Dennison en Perú, el cual dio información sobre un stock de 1000 unidades, el precio que se contempla en el presupuesto es en base a ésta cotización.

A continuación en la tabla 4.4 se muestra el presupuesto realizado para el presente proyecto.

Tabla 4.4 – Presupuesto del proyecto. [Elaboración propia]

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
1	Lector RFID SkyeModule M7	1	565.89	565.89
2	PC	1	1,200.00	1,200.00
3	Etiquetas RFID	1000	0.80	800.00
4	Diseño del sistema RFID	1	1,000.00	1,000.00
5	Desarrollo del software	1	1,000.00	1,000.00
6	Implementación del sistema RFID	1	1,500.00	1,500.00
			TOTAL (S/.)	6,065.89

CONCLUSIONES

En base al presente trabajo de tesis se puede concluir lo siguiente:

- 1) Se diseñó de forma apropiada el sistema RFID ya que cumple con los requerimientos para su uso en el Almacén. Esto se respalda con las pruebas realizadas en el Almacén, las cuales están registradas en el presente documento.
- 2) Se determinó la posición correcta de las etiquetas RFID sobre los objetos del Almacén, además se planteó soluciones en caso de materiales de metal o que contengan metal, y se determinó el área de lectura, la cual es la zona en donde se deben colocar los objetos para ser leídos por el interrogador.
- 3) El software de administración desarrollado permite obtener los códigos RFID, agregar o modificar objetos del inventario, agregar o modificar nombres de usuario de la lista de usuarios habilitados para obtener un préstamo, registrar los préstamos por usuario, generar reportes de los préstamos, generar el inventario de todos los materiales del almacén y gestionar cuentas de acceso al sistema. Por lo tanto se cumplen con los requerimientos de software planteados.
- 4) El sistema diseñado puede mantener un mejor control de activos del Almacén, pues el software de administración almacena los registros de cada préstamo, además se tiene el inventario constantemente actualizado. Por otro lado, se mejora notablemente la gestión de préstamos debido a que se ha eliminado el uso de fichas de préstamos, lo cual agiliza el procedimiento de préstamos y devoluciones.
- 5) El diseño planteado es un sistema integral puesto que cubre, incluso, la necesidad de control de activos de materiales muy pequeños o aquellos a los cuales no se les puede colocar una etiqueta RFID, pues el SADAEP permite la gestión de préstamos manuales.

RECOMENDACIONES

- 1) Integrar la base de datos de los alumnos y profesores de la universidad al software de administración, de este modo se ahorraría el tiempo de ingresar manualmente los usuarios a la base de datos.
- 2) Extender el uso de lector como sistema de seguridad contra robos, aprovechando la capacidad que tiene el lector de integrar un multiplexor y poder conectar varias antenas al lector a la vez. Se podría colocar una antena en cada acceso al almacén (puertas y ventanas) y en caso de robo de algún material el software encienda una alarma y mande un correo electrónico o un aviso a una persona determinada.
- 3) Implementar un lector móvil usando el lector adquirido, de este modo se podría ubicar un material haciendo una búsqueda en todo el ambiente del almacén aprovechando la movilidad del lector.
- 4) Desarrollar un interfaz web similar al de la biblioteca de la universidad para que cada usuario pueda consultar la disponibilidad de materiales a través de Internet.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Yupanqui, Interviewee, [Entrevista]. 05 2011.
- [2] M. Roberti, «The History of RFID Technology,» [En línea]. Disponible: <http://www.rfidjournal.com/article/view/1338>. [Último acceso: 30 05 2011].
- [3] Prachi Patel, «RFID de nanotubos: ¿mejores códigos de barras?,» [En línea]. Disponible: http://www.technologyreview.es/read_article.aspx?id=36191. [Último acceso: 28 04 2011].
- [4] «RFID en Gestión de Almacenes,» [En línea]. Disponible: <http://www.aprendedynamics.com/rfid1.html>. [Último acceso: 26 04 2011].
- [5] K. Finkensteller, RFID Handbook. Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification., Segunda ed., Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- [6] S. I. Kifer, «Servicios Informáticos Kifer,» [En línea]. Disponible: <http://www.kifer.es/Recursos/Pdf/RFID.pdf>. [Último acceso: 23 04 2011].
- [7] «Dipole Soluciones de trazabilidad y RFID,» [En línea]. Disponible: <http://www.dipolerfid.es/Productos/Antenas-RFID/Default.aspx>. [Último acceso: 20 04 2012].
- [8] M. P. A. P. V. Daniel Hunt, RFID - A guide to radio frequency identification, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [9] R. v. K. Matt Ward, «RFID: Frequency, standards, adoption and innovation. JISC Technology and Standards Watch,» Inglaterra, 2006.
- [10] L. c. R. e. Latinoamérica, «Frecuencias de Operación RFID,» [En línea]. Disponible: <http://www.rfidpoint.com/preguntas-frecuentes/frecuencias-de-operacion-2/>. [Último acceso: 25 04 2012].
- [11] RFIDPoint, «RFIDPoint La comunidad de RFID en Latinoamerica,» [En línea]. Disponible: <http://www.rfidpoint.com/consulte-al-experto/%C2%BFque-es-un-montaje-de-metal-de-etiqueta/>. [Último acceso: 21 07 2012].
- [12] DipoleRFID, «DipoleRFID,» [En línea]. Disponible: http://www.dipolerfid.com/products/RFID_tags/datasheets/Tag_Metales_RFID_UHF_Invengo_DS_XCTF-8402-C03_090416.pdf. [Último acceso: 21 07 2012].
- [13] GS1 Perú, «Centro de Documentación para la Innovación de la Cadena de Suministro,» 14 11 2011. [En línea]. Disponible: <http://innovasupplychain.pe/articulos/877-rfid-solucion-inteligente-para-procesos-confiables>. [Último acceso: 15 04 2012].
- [14] Aragon Empresa - Programa de mejora competitiva, «Manual de almacenes,» [En línea]. Disponible: [http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/\\$FILE/almacen1y2.pdf](http://www.programaempresa.com/empresa/empresa.nsf/0/e88d210e51f9371ac125705b002c66c9/$FILE/almacen1y2.pdf). [Último acceso: 04 23 2011].
- [15] Kimaldi, «Catálogo Kimaldi,» [En línea]. Disponible: http://issuu.com/calatayud/docs/lp_general_pvp_110317_kimaldi. [Último acceso: 10 04 2012].

- [16] Mouser, [En línea]. Disponible:
<http://pe.mouser.com/Search/Refine.aspx?Keyword=RFID+Skyetek>. [Último acceso: 10 04 2012].
- [17] «Skyetek Developer Kits,» [En línea]. Disponible:
<http://www.skyetek.com/ProductsServices/DeveloperKits/DeveloperKitsOverview/tabid/323/Default.aspx>. [Último acceso: 12 04 2012].
- [18] Kimaldi, «Lector de integración UHF de medio alcance,» [En línea]. Disponible:
http://www.kimaldi.com/productos/sistemas_rfid/lectores_rfid_y_tags_uhf/lectores_rfid_uhf/lectores_rfid_uhf_para_aplicaciones_industriales/lector_de_integracion_uhf_de_medio_alcance. [Último acceso: 10 04 2012].
- [19] Skyetek, «SkyeModuleM7 Tag Support List,» [En línea]. Disponible:
<http://support.skyetek.com/ics/support/default.asp?deptID=5312>. [Último acceso: 12 04 2012].
- [20] RFID Avery Dennison, «UHF RFID Inlays,» [En línea]. Disponible:
http://rfid.averydennison.com/product_cat/uhf-rfid-inlays/. [Último acceso: 12 04 2012].
- [21] Avery Dennison, «UHF RFID Inlays AD-824,» [En línea]. Disponible:
<http://rfid.averydennison.com/products/ad-824/>. [Último acceso: 12 04 2012].
- [22] Skyetek, «SkyeTekAPI Developers Guide,» 2008. [En línea]. Disponible:
<http://support.skyetek.com/ics/support/default.asp?deptID=5312>. [Último acceso: 25 04 2012].
- [23] SUNBESTRFID TECHNOLOGY CO., LTD, [En línea]. Disponible:
http://spanish.rfid-smartcard.com/china-abs_material_lf_hf_uhf_rfid_key_fob_smart_tag_handheld_reader_with_meta_l_ring-347570.html. [Último acceso: 20 07 2012].
- [24] Xerafy, «Versatile On and Off Metal Tags,» [En línea]. Disponible:
<http://www.xerafy.com/catalogue/product/data-trak/14>. [Último acceso: 20 07 2012].

ANEXOS

1. Código del programa.
2. Ejemplo del sistema de parámetros.
3. Fotos de las pruebas realizadas.
4. Guía de Desarrolladores SkyeTekAPI.
5. Guía de la Tarjeta de Interfaz de Conexión.
6. Guía de Referencia SkyeModule M7.
7. Guía de Referencia SkyeModule M10.
8. Guía de Usuario del Kit de Desarrollo SkyeTek.
9. Hoja de datos de la Antena UHF SkyeTek.
10. Hoja de datos de Etiqueta UHF RFID AD-826.
11. Hoja de datos del SkyeModule M7.
12. Hoja de datos del SkyeModule M10.
13. Lista de Etiquetas Soportadas - SkyeModule M7.
14. SADAEP.

